

北海道における針葉樹林の堆積腐植に関する研究

内 田 丈 夫⁽¹⁾

目 次

緒 言	54
第 I 章 北海道における針葉樹林の堆積腐植の分類および命名	55
第 1 節 堆積腐植の層位の分類および定義	55
第 2 節 堆積腐植の基本型の分類, 命名および定義	58
第 3 節 堆積腐植の細分型の分類, 命名および定義	62
第 4 節 調査例	67
第 1 項 調査方法および調査地の記載	67
第 2 項 堆積腐植各形態の厚さ	86
第 5 節 堆積腐植の形態と植生群	90
第 1 項 諸外国における堆積腐植の形態と植生に関する関係	90
第 2 項 本道における堆積腐植の形態と針葉樹の植生基群叢	92
第 3 項 本道における堆積腐植の形態と針葉樹林林床に優占する林床植物	99
第 4 項 結 論	103
第 II 章 堆積腐植の化学的性質	105
第 1 節 堆積腐植の pH および石灰	105
第 1 項 堆積腐植の pH および石灰に対する考察	105
第 2 項 堆積腐植の pH および置換性石灰	109
第 3 項 堆積腐植の塩基置換容量および塩基不飽和度	119
第 4 項 堆積腐植の形態と置換性石灰との関係	128
第 5 項 結 論	129
第 2 節 堆積腐植の有機物質	131
第 1 項 有機物定量法についての考察および実験方法	131
第 2 項 堆積腐植の有機物	133
第 3 項 堆積腐植の有機組成分	138
第 4 項 堆積腐植を構成する有機物の変質過程に関する考察	147
第 5 項 実験方法および堆積腐植各層位の有機物の変質状態	150
第 6 項 堆積腐植各層位の腐植酸の諸性質	156
第 7 項 結 論	171
第 III 章 堆積腐植の性状と針葉樹の更新との関係	174
第 1 節 堆積腐植の形態と針葉樹の天然更新	174
第 2 節 堆積腐植の化学的性質と針葉樹の更新	178
結 論	183
文 献	191
Résumé	199
図 版 説 明	205
Plate	(1~2)

(1) 北海道支場造林部長

緒 言

林木の成長の良否は林木の品種に支配される面も多いが、その種子が林床に到達し、発芽し、成長を開始した場合、または苗木が林地に植栽された場合、その環境に大きく支配されることはいまさら言をまたない。しかしこの環境条件のうち土壌の占める位置はけつして少なくない。さらに林木の成長のみならず、いわゆる天然更新の第一段階にある種子の発芽は林床の状態がこれに対して不相当であれば当然期待される結果は生じない。かように林床の状態とともに土壌の性質は森林形成、保続などの上に大きな意義を有する。

森林に足を入れるとき、林地特有の林床状態を呈し、落葉などの植物遺体堆積物が厚薄いずれにせよ鉍質土壌表面をおおうことを認めることができる。この有機物の消長は林木に対する栄養源として、またここに生ずる諸種の有機酸その他の有機物はその下に横たわる鉍質土壌の理化学的性状の上に諸種の影響を及ぼし、直接、間接林木の成長に対し重要な因子となるであろう。また森林治水の立場からもこの有機堆積物は大きな役割を演ずるとされている。

しかるに従来これに関する研究は諸外国においては行われているが、わが国において系統的に調査、研究の行われたものはなく、ために本邦に適用される分類もなく、諸外国のそれを引用している現状である。

本道は比較的寒冷な気象条件を有し、有機物分解に対しても温暖な地域に比し、不適当な条件にあると考えられるとともに、さらに諸外国においては見られないササ類が多くを林地をおおっており、ためにこれによつて直接的に、また間接的に有機物分解は支配される点がある。ために本道においては、独自の立場においてこの堆積物の考究が必要であろう。

著者は本道の針葉樹原生林を主として対象にし、これらの林床に横たわる有機物の堆積層を外観から分類し、各形態のものの化学的性質を主として検討し、各形態とこれらの諸性質との関連性を求め、森林施業に対する参考資料を得るために研究を行つてきた。ここにその結果を報告するもので、何らかの参考ともなれば望外の幸いである。

なお本研究に対して北海道大学名誉教授三宅康次博士、同大学教授石塚喜明博士、同大学教授今田敬一博士、同大学教授佐々木西二博士ならびに同大学教授館脇操博士には御懇篤な御指導を賜わり、また東京大学教授大改正隆博士ならびに林業試験場長齋藤美鶯博士には多大の御配慮を賜わり、さらに本研究に関する調査に際しては本道営林局長、経営部長をはじめ局員各位ならびに営林署長はじめ署員各位、道有林課長はじめ旭川林務署長および署員各位の絶大な御便宜と御配慮を辱うし、調査、実験については林業試験場土壌調査部長宮崎紳博士をはじめ各位、元林業試験場北海道支場長、現林業指導所長柳下鋼造氏、北海道支場長石川健康技官ならびに同支場造林部土壌調査室長蔵本正義技官をはじめ各室員ならびに同部造林研究室中野実技官および小島博昭技官に多くの御芳助を賜わり、とくに塩崎正雄技官および竹道芳子氏の御援助に負うところが多い。ここに記して満腔の謝意を表する次第である。

第 I 章 北海道における針葉樹林の堆積腐植の分類および命名

第 1 節 堆積腐植の層位の分類および定義

森林において発達し、林床をおおう落葉やその他の植物遺体の堆積物は林木の更新や生育に直接、間接関係を有するとともに、森林治水の上に大きな役割を演じ、森林土壌の立場から重要視され、従来諸外国では多くの研究が行われている。しかして多数の研究が行われるとともに、この有機物層に対する名称は外観の差、研究者の考え方などによつて諸種の名称が付けられているが、従来ドイツでは Humusauf-lage⁵⁸⁾ などが多く用いられており、スウェーデンにおいては HESSELMAN³⁴⁾ は Humusdecke を用い、米国においては ALWAYS などによれば 1917 年 Committee on Terminology of the Society of American Foresters and of the Canadian Society of Forest Engineers において Forest Floor なる名称が提案されているが、その後 Forest Humus Layer なる言葉が用いられている³²⁾。これらのほか、Rohhumus (raw humus), Trockentorf⁵⁴⁾¹⁴⁶⁾ などが用いられているようである。しかしこれと同時に、同一の名称もある場合には林床上に横たわる有機物層を総称し、またある場合にはその有機物層のある形態のものを指している場合があり、現在は非常に混乱しているように見受けられる。

ふり返つてわが国におけるこの有機物層に関する名称を求むれば、いままでこれに関する十分な研究が行われておらないため、一般的にしてかつ確定的なものはなく、普通には粗腐植という言葉がきわめて概念的に用いられているようである。しかし粗腐植という言葉はこの有機物層を分類する場合、関⁹⁶⁾は精腐植ならびに陸泥炭(粗腐植)と呼び、多量に未腐熟な植物遺体を含有する密に結着する腐植質を陸泥炭または粗腐植と呼び、基本型のうちの一つとして取り扱つており、また概念的にばく然と関の提案したものを指している場合もあるようである。すなわち、BORNEBUSCH⁶⁾ などが Duff の使用について混乱を認めたと同様のことが粗腐植にも起つている。この粗腐植の概念的な使用のほか、わが国では大杉⁷⁷⁾は腐植被と、芝本⁹⁷⁾は堆積層と命名している。この有機物層の主な給源である植物遺体は分解、腐朽または腐植化などの変質過程を経て、その外観、内容を変化するが、この最表層には最も新しい植物遺体が堆積する。すなわち主として葉落などが堆積している。この落葉堆積物について普通落葉 (Streu, Litter) と呼んでいるが、この落葉の解釈について LANG⁵⁹⁾ は工業的な立場からいわゆる Streu はまだ生活力を有する植物や植物遺体ならびに堆積腐植の腐植などを含んでいるが、林業の立場からはまだ腐植に移らない植物遺体を指すものであるとし、HESSELMAN の Förna を選ぶことが適当であるとしている。しかもこの落葉は落葉直後のものを除けば、外観的にまだその形態を失わないにしても、時の経過とともに内容的には諸種の変質作用をこうむつていであろうと考えられ、著者はこの落葉を含めて植物遺体の堆積する有機物層を従来堆積腐植なる名称で呼んできた¹³⁷⁾¹³⁸⁾。

このいわゆる堆積腐植は外観的に種々の形態を示している。すなわち動植物の遺体が地表面に達し、堆積した場合、これらを構成する有機物や無機物はいつまでも原体のままその場所に堆積することは特殊の場合以外はなく、供給された遺体の形態、構成成分、堆積の状態、気象条件、林床付近の微気象、鉱質土壌の性質、さらに以前から存在する堆積腐植の理化学的性質や生物学的状態などが相互に関連し、種々の変化をこうむる。かくして外観的にも、内容的にも種々ことなつた有機物の層、堆積腐植が出現してくる。地表面上に生ずる諸種の変化とともに、土壌中に生息する小動物の食料となつて、さらに形態的变化

は助長され、しだいに鈳質土壤と混合する場合もあり、また植物根の腐朽、腐植化または分解などの変質作用によつてこれらの分布する鈳質土壤に腐植の集積、これによる鈳質土壤の理化学的変化が考えられ、また地表上の有機物のうち、移動の容易になつたものは環境条件のいかに伴いしだいに鈳質土壤に深く侵入するものが生じ、かくして堆積腐植の形態は複雑さを加えてくる。

地表面に供給された有機物の集積は落葉などの植物遺体の落下量と分解速度との平衡によるのみならず、分解や腐植化などの変質過程の相違が種々の堆積腐植の形態を形づくとされている⁸⁷⁾。一つの堆積腐植についてみると、年間の落葉などの植物遺体が直ちに分解、消失するとすれば、鈳質土壤表面は新しい落葉が被覆するにすぎないであろうが、落下量に対して分解、消失の量が少ない場合には新しい落葉と古いものの堆積した層との存在が考えられる。すなわち変質作用をうけることの少ない新しい有機物層とこれよりも多く変質作用をこうむつた古い有機物層との存在が考えられ、これらはおのずからことなつた外観や性質を有することが明らかである。しかして普通土壤学においては堆積腐植についてこれらの層位を区分することなく、ただ A_0 として総称している場合が多いが、これらの層位はおのおの変質作用の過程や種類とともにその外観、性質をことにし、堆積腐植の形態のみならず、その理化学的性状をことにし、ひいては林業経営上重要な位置を占むものと考えられる。HESSELMAN³⁴⁾ はこれらの層位につき Förmultningsskiktet (Vermoderungsschicht) ならびに Humusämneskiktet (Humusstoffschicht) とに分け、前者を F、後者を H で示した。しかして同氏に従えば F 層は分解をこうむつた植物遺体によつて大部分が占められ、H 層は完成した無定形の腐植から大部分が成り立つておりとしている。しかして F 層の上に存在する新鮮な落葉を Förna とした。KRAUSS および GROSSKOPF⁵³⁾ などをはじめ VATER が用いた Streu, Auflagemoder および Auflagetorf などの名称を用いたが、その後 HESSELMAN が提案したものに準じ、Streuschicht, Vermoderungsschicht および Humusstoffschicht などとして区別した。

ALWAYS³⁾ らは Committee on Terminology of the Society of American Foresters and of the Canadian Society of Forest Engineers に従つて Forest Floor を次のとおりに分けている。

1) Litter : この層は堆積腐植の最上部にあつてごくわずかに分解した部分。 2) Duff : Litter の直下にあつて多少分解した有機物からなる中間層。 3) Leafmold または Humus : 落葉の分解が進ちよくし、その原体を識別することのできない層とし、この層位に対し Humus よりも Leafmold を推奨している。

LINDQUIST⁶¹⁾ は MÖENS KLINT のブナノキ林の堆積腐植につき、Förna, Rohhumus ならびに Mull なる言葉を用い、Förnasschicht は肉眼によつてその植物遺体を認めることができ、これをさらに Lose Förna と Pilzige Förna とに分け、後者は菌糸により縫合され、強靱な大型の植物遺体片からなり、前者は膨軟にして固結しておらないものを指し、HESSELMAN の F 層に類似の層を意味しているように見受けられる。また Rohhumusschicht は無定形にして、わずかに鈳質物と混合し全く植物組織を有しない層を指し、HESSELMAN の H 層に類似するものごとく、Humusschicht は多くの鈳質物を混合し、米国の諸学者が述べている A_1 層に類似するものごとく、MÖENS KLINT においてはこの層は明らかに粒状構造を呈することを述べている。

HEIBERG および CHANDLER³²⁾ らは F 層は多少分解した落葉などから構成されており、いまだその原

形を認めることができ、膨軟であることもあり、縫合された形で存在することもあり、さらに繊維状を呈し、多くが菌糸により固く縫合されていることもあるとし、H層についてはほとんど植物原体の認められない有機物からなり、大小各種の粒状構造を呈している場合、根系によつて貫通、交錯されているもの、また多くの菌糸によつて結び付けられていることもあり、湿潤なときは油状を呈する無定形の状態を有することもあるとしている。しかしてこれらの有機物が鉱質土壌と混合すると、この層はA₁層となり、H層としては考えられないと述べている。この点に関し、LUTZ および CHANDLER⁶⁶⁾も Mull 型に H 層を分類、命名することを避け、A₁層としてこれを取り扱うとしている。

HELSEMAN の提案した F ならびに H の記号を用いて堆積腐植の層位を区別している学者が多いが、これと同時に A₀ を基本的な記号として各層位を区別している学者もある。たとえば STICKEL¹¹⁰⁾ は Litterzone (A₀¹)、Duffzone (A₀²) および Humuszone (A₀³) に分け、A₀¹ は変化していない動植物の遺体からなり、風化以外の他の分解はこの層では認められず、A₀² は Litterzone と Humuszone との中間層であり、まだ遺体の構造が認められる分解過程にある有機物からなり、A₀³ は土壌の一部となり、変質過程をうけた動植物遺体からなり、植物遺体はもはや区別できないと述べている。説明の内容から A₀¹ は HELSEMAN などの Förna, Streuschicht などにあたり、A₀² は同氏の F 層、A₀³ は H 層か、または HEIBERG, CHANDLER などの A₁ 層に相当するものようである。その他本邦においてもいろいろの記号を用いてこれらの層位を区別している。これに関して大政⁷⁵⁾ は F ならびに H 層などは形態とともに化学的、微生物的に著しく性質をことにしているが、これらの層を一見してことなつた層として明らかにしうるような表示方法をとることが適切であり、F ならびに H などの記号を用いることが国際上の従来の普及程度からも妥当であろうと述べている。

本道の堆積腐植について見ると、H 層を欠く形態を示す場合もあり、また F 層が外観的にことなつた数種の層からなる場合もあり、これらの層はその外観からもその性状をことにするものであろうことが想像され、これを区分する必要にせまられる場合がある。かかる場合 A₀ を基本的な記号として用いたとすれば、STICKEL の提案したように A₀¹、A₀² ならびに A₀³ などが層位の特性を示すものとして用いる場合、数字の間が切れることがあり、また F 層を細分する必要がある場合には複雑な記号を用いる煩雑を生ずるのであろう。さらに STICKEL の提案したものとことなり、外観的にことなつた層位を表層から順列的に呼ぶとすれば、同一記号をもつて示すものも、実際的な層位の性状はその堆積腐植によつてことなり、F 層ならびに H 層などのように層位の概念を直ちに連想することは困難であらう。

しかも堆積腐植のごとく地域的にことなる状態をとりやすいと考えられるものにおいては、相互の理解を容易ならしむるにはできる限り、共通的な概念と記号とを要すると考えられるところで、F または H なる記号の使用に現在特に不都合を生ずることもないため、著者もまた国際的に普及され、記号によつて大略の概念を想起しうるこれらの記号を用いることが適当であると考へ、本研究においてはこれらの記号を用いた。

以上のように諸学者の研究結果について見ると、一つの堆積腐植を表層から下層に分ける場合外観から落葉を含めておおよそ 3 種類の層位に区別される。しかして、これらの各層位について従来述べられている特徴を見ると、落葉は LANG の Bodenstreu を意味し、新しく落下、堆積し、いまだ変質過程が十分に進行しておらない有機物層からなることに一致している。F 層については HEIBERG および CHANDLER などは各種の性状のものについて述べているが、落葉の直下にある有機物層で、破碎され、分解されて植物

遺体の原形を失うにいたっているが、いまだなお肉眼で大体の構造を識別することができるものからなり、H層の場合については Mor の場合には大体一致した見解にあることを認めることができ、粒状構造や粉状を呈し、また湿潤な場合には油状などを呈する無定形有機物からなるとされている。しかしその存在について Mull の場合にはやや見解をこととし、HESSELMAN は Mull にも H 層の存在を認めているが、LUTZ および CHANDLER⁶⁶⁾ などの米国の諸学者は Mull に H 層を認めることを避け、HESSELMAN が Mull の H 層について述べたような鉍質土壌と腐植が混合したものはこれを A₁ 層として命名している。また LINDQUIST はこの間の区別を明らかにし、H 層に相当するものを Rohhumusschicht と呼び、A₁ 層に相当し、多量の鉍質物を混合する Humusschicht を Mullschicht と呼んでいる。著者は H 層と A₁ 層との識別について H 層は HESSELMAN がこれについて述べているように、植物遺体の原形はもちろん、植物組織を肉眼では認められない黒紫色ないし暗黒褐色を呈する無定形の有機物が層状に堆積するものを指し、この無定形有機物が多量の鉍質物と混合し、一見して鉍質土壌の一層位と考えられる形態をとり、鉍質土壌表層に位置するものを A₁ 層として区分した。

第2節 堆積腐植の基本型の分類、命名および定義

かように種々の層位が鉍質土壌表面ないし、表層に存在し、諸種の形態をとるにいたるが、この堆積腐植の層断面の相違から、MÜLLER は2つの型に分類し、Mull および Mor と呼んだ。同氏は Mull の代表的なものとしてミミズによつて生成された、すなわち Earthwormmull をあげ、これは多孔質にして膨軟、団粒状構造を有する脆弱な物質から構成されており、鉍質土壌と腐植はよく混合したものである。Mor は有機物に富み、一般に圧縮された堆積腐植からなり、毛布のごとく鉍質土壌の表面をおおうものであり、この種堆積腐植は破碎されにくい、緊密であるか、または両方の性質を帯びると述べている。

HESSELMAN³⁴⁾ は SWEDEN の針葉樹林の堆積腐植の研究において3種類の型、すなわち Rohhumus, Mor (Mår) および Mull に分類した。しかし Rohhumus は Pilzhyphen, Myzelfäden または高等植物の根系などによつて縫合されて毛布状を呈し、これは鉍質土壌と明らかに区別される層を形成するとし、この堆積腐植の F 層はしばしば厚く、かつ毛布状であり、H 層はただわずかに鉍質土壌と混合するにすぎないと述べている。しかし同氏の分類は MÜLLER の2種類のほかに Mor を Mull と Rohhumus との中間に加え、この形態のものは膨軟にして、Pilzhyphen により弱く縫合されている。F 層は薄く、しばしば膨軟な構造を有し、H 層も一般に薄く、わずかに鉍質土壌と混合しているにすぎぬと。Mull は明らかに団粒状構造を示し、F 層は主として薄く、つねに膨軟にして、ときに団粒状構造を呈し、H 層は種々の厚さを示し、団粒状構造をなし、多少鉍質土壌と混合すると述べている。

ROMELL および HEIBERG³⁵⁾ らは Mull についてこれらは多孔質にして、多少細粉、層状または粒状構造を有する堆積腐植で、有機物と鉍質土壌とが混合し、両者の推移状態は不明りようであるが、ときにはわずかに毛布状を呈することもあるとしている。Duff は鉍質土壌と混合しない有機物からなる堆積腐植にして、一般に毛布状を呈するか、ち密な形態をとり、ときには両者を兼ねるとし、鉍質土壌は有機物の洗じようによつて黒色化されておらなければ、有機物層と明らかに区別することができる、と述べている。BORNEBUSCH および HEIBERG³⁾, HEIBERG および CHANDLER³²⁾, LUTZ および CHANDLER⁶⁶⁾ などの米国の学者も同様の見解をとつている。

これに対し KÜHN⁶⁴⁾ は堆積腐植の状態を HESSELMAN と同様に 3 種類の型に分け、Mull, Moder ならびに Trockentorf とし、これらについて次のように述べている。Mull は分解が速やかであるため、植物残査を認めることができず、完全に土壌と混合し、膨軟である。ミミズの活動は盛んにして、表層はしだいに F 層に移行し、鉍質土壌はよく耕うんされた畑地土壌のように膨軟にして歩むごとに足跡を残す。Moder は古く、前年の落葉のみでないものから由来する植物残査よりなる。植物組織は顕微鏡下で認めることができ、鉍質土壌との混合は不完全であるが、菌糸により肉眼的な縫合は認められない。これはしだいに下層に移行し、鉍質土壌は適当な膨軟性を示す。

Trockentorf は落葉からなる種々の年代の植物残査が鉍質土壌表面に著しく堆積する。植物の組織は明らかにして、鉍質土壌との混合は認められない。厚い堆積状態を示し、菌糸や根系により縫合され、表層は下層から多少明りように区別され、鉍質土壌は緊密にして足跡を残さない。

MAI WALD⁶⁷⁾ は林地土壌に毎年加えられる有機物の量は開放地に比べて多く、土壌との混合の可能性は少ないので、落葉と土壌中の土壌腐植 (Bodenumus) の間に理化学的性質について明らかにことなつた Auflagehumus の多種類の層が出現し、これは生成条件によつて相互に区別される 3 種類の基本型のうち一つが出現するとし、ALBERT の提案を次のように説明している。

Streu (Waldstreu) は新しく落下した葉、枝、皮などからなり、腐植化の初期の状態を有する。Auflagehumus は 3 種類、すなわち Moder, Rohhumus および Auflagetorf に区別され、Moder は外見的には単一で、無構造、膨軟にして、黒色を呈し、土壌のような状態をとり、急速な腐植化によつて生ずる。Rohhumus は不円滑な腐植化の結果、植物遺体はなお認められ、膨軟にして繊維状構造を有する。Aufлагetorf は粘性にしてち密 (Verfestigung) であるため、泥炭状の性質を有し、小片に破碎できる。しかしてこれらの層の下に土壌腐植があり、これは腐植化した根系や動物、水などによつて鉍質土壌中に深く運ばれた堆積腐植の残査、微生物の遺体などからできているとし、肥沃にして良好な森林土壌では落葉および土壌腐植のみからできており、開放地の状態に近いと述べている。

WILDE¹⁴⁷⁾ も HESSELMAN, KÜHN などと同様に 3 基本型に分け、Earthmull は大部分無定形の有機物と鉍質土壌の完全な混合を示し、Duffmull は破碎されやすくなつた有機物遺体が A₁ 層にしだいに移行する状態を示し、Mor または Rohhumus と名づけられるものは有機物遺体そのまま固い層に圧縮され、その有機物層は洗じようされた鉍質土壌の上をおおうと述べ、Duffmull は RAMANN の Moder, HESSELMAN の Mår および ROMELL ならびに HEIBERG らの Twin mull に相当するとし、KÜHN や OELKERS らの Moder に類似することが考えられる。

WITTICH¹⁵¹⁾ は堆積腐植の分類について、腐植形態 (Humusform) の立場から次の 3 型に分類している。

1) Mull: これは多少 Milde Humusform からなり、真正腐植質の強い生成と、はげしい鉍物化 (Mineralisierung) がともない、わずかに植物性物質を含む。腐植は大部分土壌動物、とくにミミズの腸を通過し、鉍質物と混合する。すべての分散した腐植は Ton-Humus-複合体の形で存在するというのではなく、むしろ腐植の大部分は腐植酸石灰として土壌粒子間に横たわる。

2) Moder: 中庸の酸度を示す腐植からなり、土壌生物の能力が落葉などの完全な破壊に到達できず、そのため堆積腐植が生成される。この腐植形態の H 層には比較的多量の動物糞が認められる。

3) Rohhumus: 強度の酸性を呈する腐植形態にして、Moder に比して小動物糞はわずかに認めら

れるにすぎない。堆積腐植は厚く、かつ分解植物遺体の多量を有する。

AALTONEN¹⁾ は 1929 年 Vereinigung Nordischer Landwirts-Forscher において決定された Humusform ならびに Humustypus の定義にしたがい、堆積腐植に関して Mull, Mor ならびに Rohhumus をあげ、Mull は膨軟な組織を有するはなはだしく腐朽した有機物よりなり、その中に植物細胞組織は認められない。Mor はゆるく、膨軟な腐植形態を示し、多少分解した植物遺体から構成され、これは Torf または Rohhumus と Mull との中間形態を示すものであるとし、Rohhumus は菌糸や高等植物によつて絨氈状に縫合された腐植の集積物からなり、鉍質土壤から明らかに分離されるとしている。

HARTMANN³⁰⁾ は堆積腐植の成因について AALTONEN, LINDQUIST らと同様に土壤小動物による影響をあげ、これらの種類によつて諸種の外観を呈する腐植形態を認め、また一方水分状態に支配される腐植形態を分類し、基本型として、Waldmull, Waldmoder, Waldtrockentorf, anaerobe Waldnasstorf などに分類している。

LANG⁶⁰⁾ は腐植構造 (Humusstruktur) による腐植形態を分類し、さらに風化生成状態から腐植型 (Humustypus) を分類し、これら両者の組合せから堆積腐植を整理し、腐植型として酸性腐植 (Sauerhumus), 石灰性腐植 (Kalkhumus), ソーダ性腐植 (Sodahumus) などとし、このおのおのについて腐植構造から多種類に細分している。

以上のように堆積腐植の形態の分類については種々の立場からこれを分類しているが、各基本型、すなわち Mull ならびに Mor などに関する説明を見ると、Mull ならびに Mor についてはほぼ一致した見解にあることが認められるが、HESSELMAN, KÜHN その他西欧や北欧の学者は両者の間に別の一つの基本型を求め、ROMELL, HEIBERG その他米国内において研究された分類型のうちの亜型として示された Twinmull にあたるものを基本型としている。

ROMELL, HEIBERG その他米国内の学者は堆積腐植の形態分類に鉍質土壤と有機物との混合状態による MÜLLER の根本的概念を踏襲している。また WITTICH は腐植型から分類している。いずれにしてもこれらの基本的形態の間には連続的な変化があり、中間的なものの存在が認められることは当然であり、HESSELMAN, WILDE などのように Mull および Mor, Rohhumus または Trockentorf などの中間にその生成条件にともなつて生ずる中間的な形態を示すものの存在が考えられる。

以上のように堆積腐植を形態から基本型の区分を行うとき、その形態の特徴からほぼ3種類の分類が行われている。しかしこの場合、各地域において共通的な形態を示すものが存在する反面、これを欠き、むしろ他地域においては細分型として考えられる形態のものを基本型として分類した学者もある。いま各学者の形態的分類から次表のように整理できるようである。

著者名 Author-name	HESSELMAN (1926)	AALTONEN (1948)	KÜHN (1929)	ALBERT (DENGLER : MAIWALD)	ROMELL (1931)	HEIBERG (1941)	WILDE (1946)	HART- MANN (1951)
基本型	Mull Mår (Mor) Rohhumus	Mull Mor Rohhumus	Mull Moder Trockentorf	Moder Rohhumus Trockentorf (Auflagetorf)	Mull Duff	Mull Mor	Earth- mull Duff- mull Raw- humus	Mull Moder Torf

ムルは各学者ともほぼ等しい形態により分類しているが、モダーならびにモルまたは粗腐植 (Rohhumus) などについては種々ことなる分類を行い、モダーとして示されるものも他の学者はこれを粗腐植またはモルの細分型としているものを示している。また ROMELL, BORNEBUSCH などはモダーに属するものを Twin mull として細分型のうちに入れている。

本道森林の大部分を占める国有林、道有林その他の各地方の森林につき多年その土壌を広く調査する機会を得た著者はその間本道では調査の行われていない堆積腐植の問題をとりあげ、とくに針葉樹林を対象とし、森林施業上の観点から外観的特徴を基にし、これらの分類、整理を試みてきた。しかし従来堆積腐植の分類基準として多く用いられている鉍質土壌と有機物との混合状態を基として分類すると、一応一連の基本的形態に整理することができた。ただ本道ではこの基準に立ち ROMELL その他の学者が用いた 2 基本型に整理すると、同氏らの Twin mull に相当する中間的形態のものうちに他の基本型と同様に多様の形態のものを包括する必要が生じた。そのため本道では森林土壌の研究上、また森林施業上この形態のものを HESSELMAN, WILDE らの学者と同様に 3 基本型、すなわちムル、モダーならびにモルに区分することが便利であると考え、この区分にしたがってきた。

これら 3 基本型の形態を略述すれば次のとおりである。

I ムル (Mull) 落葉の下に横たわる F 層は一般に薄く、クマイザサなどの落葉は鱗片状を呈するか、やや扁平な形をとり、菌糸により部分的に縫合され、レンズ状を呈するものもあり、林床に優占する林床植物の種類によつて形態に差が認められる。ときにこの F 層を層としては認められず、落葉の下にすぐつぎの鉍質土壌が現われるところもある。この下には無定形の有機物を含み、黒紫色ないし黒褐色の団粒状構造 (Crumb structure) または暗色に富む粒状構造 (Granular structure) を有する鉍質土壌が横たわる。ときにこの部分を欠き、淡黒褐色ないし淡黒紫色を呈する鉍質土壌が現われることもある。ROMELL その他の学者はこの層位を構成する土粒の大小によつてムルを細分し、また HARTMANN は作用する動物の種類によりムルの区分を行つているが、本道の場合には比較的大型のものからなり、また土壌小動物による影響は見られない。

II モダー (Moder) この形態に属する堆積腐植はムルとモルとの特徴をかねた中間的形態を示し、腐植の移動状態はムルに近く、上層から下層に漸次移行し、さらに鉍質土壌に侵入し、各層位間の区分は不明りようである。しかし F 層や H 層はムルよりもやや厚く、A₁ 層はムルにおいて述べたような構造を示すものもある。この形態に属するものは ROMELL, HEIBERG, BORNEBUSCH らはただ Twin mull としたが、HESSELMAN, KÜHN, ALBERT, WILDE らは基本型としてあげている。著者は本道においてこの種形態の堆積腐植が数種の形態をとることから、基本型としてあげた。

III モル (Mor) この形態に属する堆積腐植は落葉の下ないしは蘚類などの繁茂する層の下に他の形態よりも比較的厚い有機物の堆積する層からなる。この層と鉍質土壌との間には明りような区分を行うことができる。この形態に属するものは有機物の変質過程が比較的緩慢なため、F 層が発達し、無定形の有機物からなる H 層の発達は少ないことが多い。F 層は細屑状を呈し、膨軟な外観を呈する場合や植物遺体は比較的原形に近く、これを菌糸が固く縫合し、前者は MAIWALD の Rohhumus, AALTONEN の Mor に、後者は MAIWALD の Trockentorf, AALTONEN の Rohhumus に近い傾向を示している。

第3節 堆積腐植の細分型の分類、命名および定義

堆積腐植の生成に対して各種の生成条件に伴つて外観のことなる諸種の形態が出現する。ゆえに従来述べられているようにただ2, 3の基本型のみによつて分類を行うと、同一の基本型のうちでもはなはだしく性質をことにするものが含まれる結果になる。そのために各種の堆積腐植の示す特性を十分に説明することが困難になり、分類の利用的価値は減少するであろう。ゆえに形態的に共通なものをさらに細分し、その特性を知ることが必要であろう。

細分型の分類に関する研究は ROMELL および HEIBERG⁸⁶⁾ 以前に行われた事実は寡聞にして知らない。しかして同氏などは Mull ならびに Duff を次のように細分している。

Mull: Crumb mull; Grain mull; Twin mull; Detritus mull.

Duff: Root duff; Greasy duff; Fibrous duff.

さらに Root duff と密接な関係にある Leaf duff を認め、また HESSELMAN の Mossylla または Mår は以上のいずれにも相当しないため、これに Spongy duff なる名称を与えている。同氏などはこれらの細分型の性状を次のように説明している。

1. **Crumb mull:** 粗粒の Mull にして大型のミミズが多数生息している。これは Mull 型の古い時代の基準型である。有機物含量は10~20%, またはそれ以下で、まれに30%以上の場合もある。粗雑な落葉が認められることもあり、また欠除していることもある。
2. **Grain mull:** 粒子構造は細かく、大型のミミズが生息しないことによつて前者から区別される。
3. **Twin mull:** 堆積腐植の複雑な形態で、上層は Matted detritus mull または Root duff の特徴を有し、下層は Grain または Crumb mull からなる。
4. **Detritus mull:** 細粒の Mull で有機物に富み、一般に50%以上を含む。しかして鋸屑状を呈する。
5. **Root duff:** F層は弱い発達を示し、一般には存在しない。H層の腐植は細粒にして、Detritus mull に類似している。乾燥すれば、それは稠密な根系からやや完全に分けられる。
6. **Leaf duff:** Mat 状の落葉からなり、薄いF層が発達し、H層は Root duff のそれに似ている。
7. **Greasy duff:** F層は一般に比較的薄くしばしば多少繊維状である。H層は厚く、かつち密であるが硬くない。部分的に完全に黒色であつて堆肥状を呈し、湿潤なときは油状を呈し、乾燥した場合には強く収縮する。
8. **Fibrous duff:** F層はよく発達している。この層はすべて繊維状で多少強靱であるが、一般にち密でなく、乾燥によつてわずかに収縮する。

BORNEBUSCH および HEIBERG⁸⁷⁾ らは ROMELL の Duff を Mor にかえ、Mor に 1. Granular mor, 2. Greasy mor および 3. Fibrous mor を設け、Mull を 1. Coarse mull, 2. Fine mull および 3. Firm mull に分け、ROMELL らの分類よりも少なく、6種類に細分した。Mull に関しては Grain mull ならびに Twin mull を除き、Firm mull を加え、Duff からは Root duff ならびに Leaf duff などを除き、Granular mor を加えた。これらの特徴につき次のように述べている。

1. **Coarse mull** : 粗粒からなり、有機物は鉍質土壌と明らかに混合している。一般に5~20%の有機物を含み、特殊の場合にはさらに高い含量を示している。
2. **Fine mull** : 微粒状よりなり、有機物含量は高く、一般に50%以上を示している。
3. **Firm mull** : 稠密な構造を有し、一般に有機物含量は低く、しばしば5%以下である。
4. **Granular mor** : H層は明らかに発達し、微粒状である。F層はやや稠密にして、乾燥時には容易に細粉になる。
5. **Fibrous mor** : F層はよく発達し、FおよびH層ともに繊維状である、稠密でない。多くの植物遺体はH層においても識別できる。

さらに HEIBERG ならびに CHANDLER³²⁾ らは10種類に細分した。これらの説明を見ると次のとおりである。

1. **Coarse mull** : 粗粒状からなり、多くの粒子は直径1/8 *in* またはそれ以上である。有機物は全く鉍質土壌と混合している。一般に5~20%の有機物を含み、特殊の場合には高い含量を示している。
2. **Medium mull** : 細粒状からなり、大部分は直径約1/16 *in*、またはわずかに小である。
3. **Fine mull** : 粒状構造を呈するが、しばしば細かい黒色の鋸屑状を呈することがある。有機物に富み、一般に50%以上であり、またときに30%以下のこともある。
4. **Firm mull** : 稠密にして一般に無構造である。この型は山頂や太陽、風にさらされるところに多く、不生産的である。
5. **Twin mull** : 複雑な形態で、表層は Fine mull または Matted mor の表層に類似し、下層は Medium または Coarse mull の特性を示している。
6. **Matted mor** : F層は薄く、ある場合には存在しない。H層の有機物は細粒状を呈し、Granular mull のうちに認められるようなものか、または Fine mull に似ている。乾燥時にはち密に分布する根系から振り落とすることができる。
7. **Laminated mor** : Matted leaves の厚い薄片状の F層からなる。H層は Matted mor のものようである。
8. **Granular mor** : H層は明らかに発達し、細粒状構造を有し、下の方はやや緊密である。乾燥時には手で砕くと容易に破砕される。よく発達した Root mat を具備するや否やによつて Matted mor から区別される。
9. **Greasy mor** : F層は普通わずかに発達し、一般に多小繊維状である。H層は厚く、多くの場合6 *in* 以上である。緊密にして、明らかに油状を感じさせる。乾燥時には固く、かつ破砕されやすい。この型はつねに極端な酸性土壌において認められる。
10. **Fibrous mor** : F層はよく発達している。FおよびH層ともに繊維状で、多少強じんであり、絨氈状である。しかし緊密ではない。多くの植物遺体はH層において識別できる。

以上のように米国においては堆積腐植を細分して、そのおのおのの特徴が述べられているが、これらの間の関係について HEIBERG および CHANDLER³²⁾ は次表のように整理した。

この整理された表ならびに前述のおのおの説明から、Mull の A₁ 層の土壌粒子直径の大小、ミミズの生息状態などによつて1, 2, 3は区別され、Firm mull は ROMELL らはあげておらないが、その外観は前3者とは全くことなっており、他の Mull を特徴づけている A₁ 層の状態とことなつた鉍質土壌表層

	ROMELL and HEIBERG	BORNEBUSCH and HEIBERG	HEIBERG and CHANDLER
1	Crumb mull	Coarse mull	Coarse mull
2	Grain mull		Medium mull
3	Detritus mull	Fine mull	Fine mull
4		Firm mull	Firm mull
5	Twin mull		Twin mull
6	Root duff		Matted mor
7	Leaf duff		Laminated mor
8		Granular mor	Granular mor
9	Greasy duff	Greasy mor	Greasy mor
10	Fibrous duff	Fibrous mor	Fibrous mor

を示し、有機物含量ははなはだしく低いことがうかがわれる。これは WILDE の Lean mull に似たものではないかと考えられる。ROMELL, HEIBERG ならびに CHANDLER らの Twin mull は Mull および Mor の中間的形態として考えられ、WILDE¹⁴⁷⁾ はこの型を Duff mull と称し、RAMANN の Moder, HESSELMAN の Mår に相当するとしている。しかるに BORNEBUSCH および HEIBERG などはこれを認めておらない。さらに同氏らは ROMELL, HEIBERG および CHANDLER などが認めた Root duff, Leaf duff, Matted duff ならびに Laminated duff を認めておらない。Granular mor については BORNEBUSCH ならびに HEIBERG ら、ならびに HEIBERG および CHANDLER らはこれを認めているが、ROMELL らはこれをあげておらない。この種の Mor は Matted mor に類似するが、ただ H 層に多量の根系が分布するか否かによつて区別されている。Greasy mor ならびに Fibrous mor については各氏ともこれを認めている。

米国の北東部森林地帯における堆積腐植の各形態については以上のように ROMELL らの研究にはじまり、各種のものが詳細にされた。また WILDE は前述のように Mull, Duff mull ならびに Mor または Rohhumus の 3 基本型をあげ、これらを次のように細分している。すなわち、A₁ 層の構造によつて Earth mull を Crumb mull, Grain mull および Sandy mull とし、有機物遺体の分解が速やかで、落葉はほとんど存在せず、鉅質土壌の表層はわずかな有機物含量を示すにすぎぬようなものについては Lean mull と称している。Mor についても H 層の組織によつて Matted mor, Fibrous mor, Laminated mor, Infiltrated mor などに細分されるとしている。

HARTMANN³⁰⁾ は堆積腐植生成型の立場において主として作用する土壤小動物の種類から Waldmull を Arthropodenmull, Lumbricidenmull, Zoogener Zwingsmull に、Waldmoder を Arthropodenmoder (Insektenmoder), Eumycetischer Moder (Pilzmoder) などに分類し、また一方 LANG と同様に酸度の立場から Mull を Kalkreicher Mull, Salzreicher Mull, Milder Mull ならびに Saurer Waldmull などに、Waldtrockentorf を Saurer Waldtrockentorf, Basischer beeinflussten Waldtrockentorf などに分類している。

本道の針葉樹林の堆積腐植について見ると、第 2 節ですでに述べたように本道の各地方の森林、ことに針葉樹林の堆積腐植を鉅質土壌と有機物との混合状態を基準として分類した結果、本道では ムル、モダ ーならびにモルの 3 基本型に分類することが妥当であると考えた。しかしこの基本型は一応以上の基準にもとづいて分類するにすぎないので、この基本型にはこの基準以外の多種多様の形態のものが包括されることになるので、これらの基本型による分類とともにさらに次のような考慮のもとに共通的特徴をとらえ

て細分類を行つてきた。

堆積腐植の形態を決定する最も重要な因子として気象条件と植物とがあげられているが、本道は諸外国とは気象条件はもとより、樹種などもことなりさらにこれら諸外国では見いだされないササ類が広く本道の林野に分布しているので、これによる影響を見のがすことはできない。また従来の著者の多くの調査結果から、諸外国であげられているような土壌小動物の影響を本道の針葉樹林では認めることができず、これにかわりむしろササ類の地下部による影響が考慮された。これらの結果本道の針葉樹林の堆積腐植の意義を本道森林施業の上に反映するためには本道に分布するものをおのおのの共通的特徴から分類することが有意義であると考え、一応次のような分類の基準を設けて従来本道の針葉樹林の堆積腐植の細分を試みてきた。

ムルを3種類に分け、粒状ムル、盤状ムルならびに根網ムルとした。本道の針葉樹林の堆積腐植を見ると、WITTICH, LINDQUIST, HARTMANN らが認めたような土壌小動物の影響は少なく、また ROMELL らの粒径による特徴も認められない。

1. 粒状ムル (**Crumb mull**) F層はその地点に優占する林床植物の種類によつて外観をことにするが、これを構成する有機物は鱗片状ないし小薄片を呈し、部分的に菌糸によつて縫合され、レンズ状に剥離されるものもあり、またときに菌糸で縫合され板状を呈するものもあるが、一般に破碎された植物遺体が鱗片状のまま堆積している。さらにこの鱗片状のものが細かく破碎されて黒褐色の小片となつて堆積する場合もある。一般にF層は薄く、ときに層状を呈しないこともある。

F層の下部には黒褐ないし黒紫色を呈する無定形の有機物が薄層、または部分的に存在することもあるが、一般には欠くことが多い。この下には無定形の有機物と鉱質土壌とが混合し、黒褐ないし黒紫色の団粒状ないし粒状構造を有する土粒が数 *cm* の厚さに堆積し、膨軟である。F層からの移行状態は色彩的には比較的明りようであることが多い。

2. 盤状ムル (**Firm mull**) BORNEBUSCH, HEIBERG および CHANDLER らの Firm mull, WILDE の Lean mull に相当すると考えられる形態を示し、落葉の下に植物遺体の細片からなるF層が薄く堆積する。

この形態の堆積腐植は他の一般のムルとやや趣きをことにし、A₁層は発達せず、無定形の黒褐ないし黒紫色の腐植がF層の下部に部分的にポケット状に存在するか、F層の下部を走る植物根の周辺にわずかに集積するにすぎない。ゆえにF層の下には直ちに淡黒褐色のA層があらわれる。この層は一般に堅果状構造を有し、比較的堅硬である。HEIBERG および CHANDLER らによればこの形態の堆積腐植は山頂や風衝地などに出現し、地位級の低いところにあられると述べているが、本道では必ずしもかかる環境のみにおいて出現するとは限らないようである。

3. 根網ムル (**Root mull**) F層は植物根が網状に交錯、分布し、膨軟な状態を呈し、厚い。粒状ムルのA₁層と同様に黒褐ないし黒紫色を呈し、団粒状構造を有するA₁層が発達し、F層と同様に細根が網状に分布する。粒状ムルにおいてはF層とA₁層との色彩的区分は比較的明りようであるが、この形態においては植物根のかく乱のためやや不明りようである。

モダーに属するものについては3種類に分類した。この基本型はムルとモルとの中間的形態を有するため、あるものはムルに、またあるものはモルに近い特徴を示すものがある。

4. 粒状モダー (**Grain moder**) 外観的に粒状ムルに類似し、F層ならびにH層ともに薄い

が、明らかに層状を呈し、F層はムルの場合と同様にその地点の林床に優占する林床植物の遺体によつてその形態をことにするが、H層は黒紫色ないし黒褐色の無定形有機物からなり、多少鉍質物を含み、団粒状構造を呈する土粒が多く認められる。この層はムルのA₁層と同様に膨軟で、多くの植物根が認められる。この層はしだいに鉍質土壤(A₁層)に移行し、鉍質土壤も団粒状ないし、粒状構造を有するため、色彩的にも構造上からも区分が不明りようなことが多い。

5. 糊状モダー (Pasty moder) F層は粒状ムルなどと同様に薄い、H層は明らかに発達し、黒色ないし黒紫色を一般に呈する。湿潤なときは光沢のある色調を有し、糊状を呈する無定形の腐植から多く占められている。乾燥すれば、亀裂を生じ、破碎すれば容易に黒褐色の粉末になる。この有機物層は腐植によつて汚染された黒色ないし黒紫色の鉍質土壤にしだいに移行するため、両層位間の推移状態は不明りようであることが多い。

6. 粉状モダー (Powdery moder) この形態に属するものはモルに近い形態を示すものと、粒状モダーなどに近いような外観を呈するものがある。前者に属するもののF層は一般に厚く細屑状の植物遺体が茶褐色を呈して、粗雑な堆積状態を示す。H層も他のモダーのH層とやや趣をことにし、褐色の強い黒褐色の微粉状を呈する比較的膨軟にして湿潤な有機物層からなり、しだいに下方にも密になり、湿潤時には糊状モダーのH層のような形態をとり、A₁層に移行する。後者に属するもののF層ならびにH層はやや薄く、H層は微粉状を呈するもやや暗色に富む黒褐色よりなり、湿潤時には光沢のある有機物よりなる。鉍質土壤への移行状態は他のモダーと同様に不明りようである。

モルはつぎの4種類に分けた。

7. 毛布状モル (Matted mor) F層およびH層の厚さは種々ことなるが、一般にムルやモダーなどよりも厚い。H層を明らかに示し、モダーとことなり、鉍質土壤表面と明りように区別される。鉍質土壤表面層はH層に比べて一般に色調は淡く、一定の構造を示さない。

モルのうちH層を明らかに示すものはこの形態のみで、他の形態のモルにおいてはF層が発達し、H層はこれに比較して少なく、全く欠くものもある。

8. 細屑状モル (Detritus mor) 有機物層はほとんどF層からなり、厚く、表面に近い部分は植物遺体の細屑物からなり、茶褐色ないし灰褐色を呈し、絨氈状を呈し、多孔質、膨軟である場合が多いが、時にややち密な場合もある。F層の下位に横たわる部分は茶褐色ないし暗茶褐色を呈して上層よりも暗色を増す。上層よりも微細な植物片からなり、ときにはなはだしく微細であるため、H層に近い外観を呈することもあるが、注意すればなお植物組織を残すものが多量に含まれている。比較的湿潤であることが多い。菌糸による縫合は少ないが、ときに上層で認めることができる。

9. 海綿状モル (Spongy mor) この形態に属するものもまたほとんどF層のみからなり、前者と同様に一般に厚く、湿潤である。上位の部分はこれを構成する植物遺体の種類によつて灰褐色ないし茶褐色を呈し、植物原形を明らかに残す植物遺体細片からなる。前者よりもさらに多孔質、膨軟で、海綿状を呈し、湿潤なときこれを圧縮すると、海綿と同様に水分がしたたることがある。下位に属する部分は上位の部分よりも暗色に富む茶褐色の植物遺体の細片からなる。これもなお植物組織を肉眼で容易に識別することができ、上層と同様に多孔質、膨軟である。鉍質土壤とは明りように区分することができる。

以上の2種類のモルは菌糸などによる縫合は弱く、膨軟で、ALBERT, DENGLER, MAIWALDらのRohhumusに近い形態であろうと想像される。

10. テツクス状モル (Tex mor) 本形態はF層のみからなり、上層の部分は針葉樹の落葉が原形に近い状態で菌糸により固く縫合されている。下部に属する部分は上部のものに比べてやや原形を失うも、なお原形を容易に識別することが可能で、これもまた菌糸により固く縫合され、有機物層の周辺を切断、はく離すると、鈹質土壌表面からソフトテツクスを思わせるような板状で容易に分離せしめることができる。ALBERT, DENGLER, MAIWALD の Trockentorf, HARTMANN の Waldtrockentorf に近いものであろうと想像される。

本道針葉樹林の堆積腐植はもちろん多種多様ではあるが、それらの示す形態の特徴から以上のように10種類の形態に細分した。なおこれらの当否については次節に本道の針葉樹原生林の代表的林地における調査例を示し、論じたい。

第4節 調 査 例

第1項 調査方法および調査地の記載

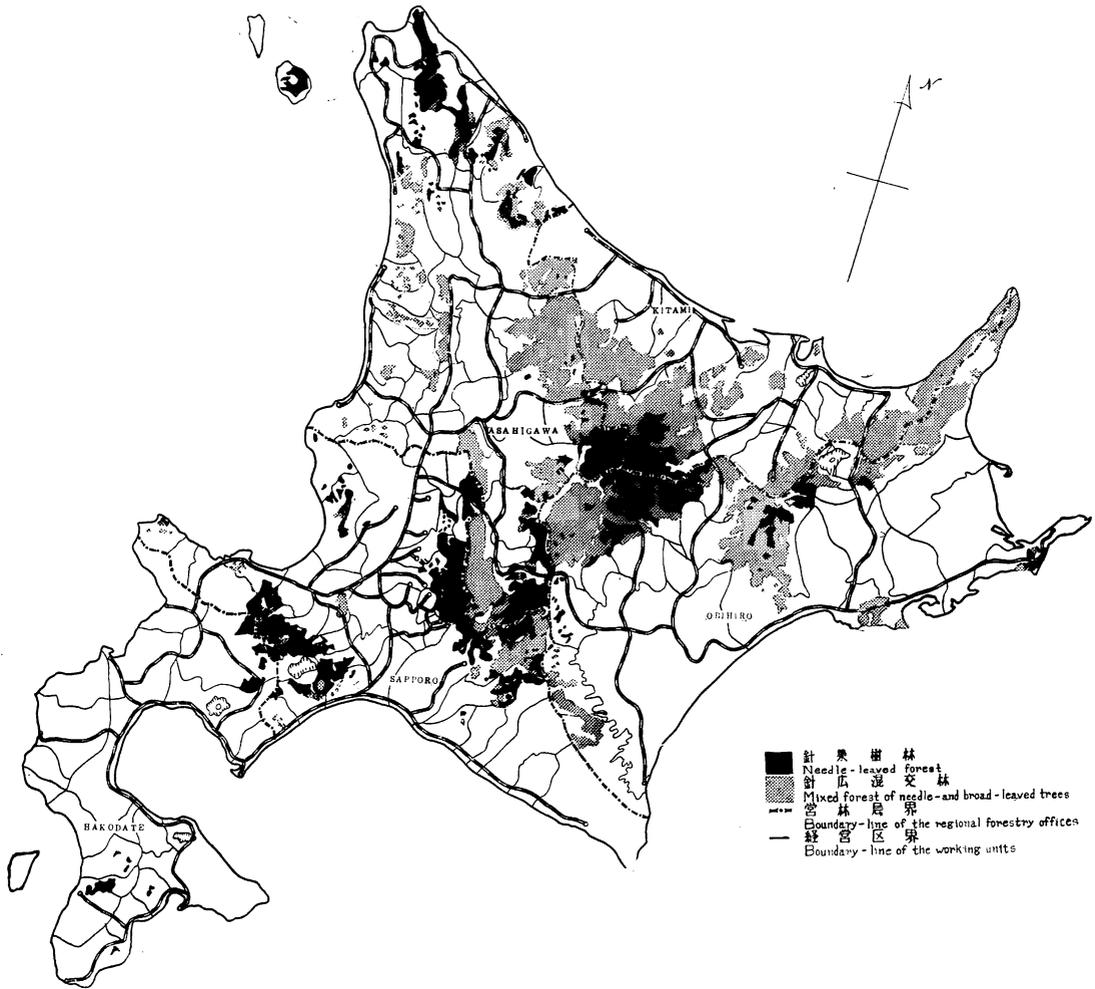
本道の天然林における針葉樹としては、トドマツ、エゾマツおよびアカエゾマツがそのほとんどを占め、ゴヨウマツは日高および渡島地方の一部に分布し¹³⁴⁾¹³⁵⁾、ヒノキアスナロは渡島の一部に存在するにすぎない¹⁴⁰⁾。オンコの分布は本道各地にあるが、群落的なものは館脇¹³¹⁾¹³²⁾、古畑¹⁹⁾らにより釧路地方が報告されているにすぎない。これらのものの全蓄積はトドマツ、エゾマツなどのそれに比すべくもない。

本道において代表的な針葉樹のうち、トドマツは渡島小鴨津川および知内付近まで、エゾマツは渡島半島女那川上流および厚沢部川流域まで¹⁴⁰⁾、アカエゾマツは八雲営林署管内長万部経営区ポンワルイ川付近まで分布することが報ぜられているが¹³³⁾、そのうち大部分は札幌、旭川、北見および帯広の4営林局管内、またはこれに近い地域に分布している。分布の概略を本道5営林局の管内図より再録すれば、第1図のごとく、これによつて本道におけるこれら針葉樹の分布地域をうかがうことができるだろう。かように本道の針葉樹林は札幌以北の山岳地帯に多く分布し、また本道の針葉樹林は戦時中、戦後を通じて、便利な地域から多量の林木が伐採されたため、原生林として残されたものは本道のいわゆる中央高地と称せられる山岳地帯付近にすぎない。その結果針葉樹原生林を対照とする場合、札幌以北ないしは以東の山岳地帯に多く限られる。

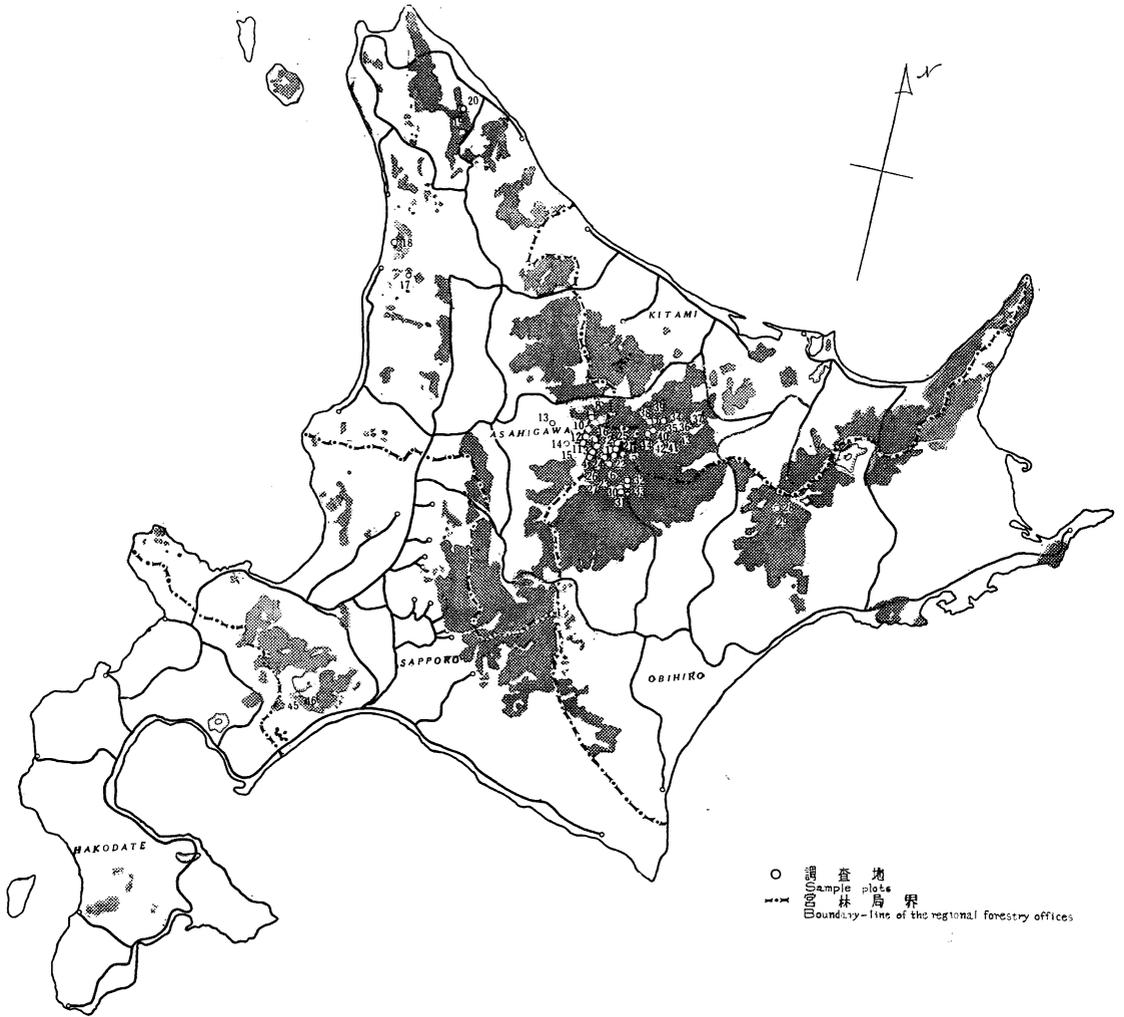
本研究の対照としてもかかる地帯が選ばれ、中央高地の針葉樹原生林のうち、比較的原始状態を保持すると考えられる地区につき、中央部の地域においては旭川営林局管内層雲峡経営区を、西部地域として同営林局管内上川経営区ならびに旭川林務署管内安足間および愛山溪事業区を、南部地域として帯広営林局管内音更経営区を、北部地域として北見営林局管内南湧別経営区を選んだ。そのほか阿寒岳を中心とする地域については帯広営林局管内足寄経営区を、道北地域については旭川営林局管内頓別経営区を、日本海に面する地区について羽幌および築別経営区を、また植物生態学上特異性を示すといわれている¹³⁸⁾樽前山麓地区については札幌営林局管内支笏経営区を選んだ。

これらの経営区について、人為的操作が全く行われていないか、または過去において行われたとするも、その後長年月植生の自然的推移にまかせられ、一応植生的に安定していると考えられる地点につき、林型を基準として調査地を選定した。調査箇所的位置を概略示せば、第2図のとおりである。

各調査個所のうち、さらに林相においても、林床植物においても、ほぼ調査箇所全域を代表すると考え



第1図 北海道国有林における針葉樹の分布図
Distribution map of the conifers in the national forest,
Hokkaido



第2図 調査地の位置

Position of the sample plots

られる地点につき、区劃を設けた。この区劃面積は林相および林床植物の分布状態によつてことなるが、 $200\sim 300\text{ m}^2$ を選んだ。この区劃内において BRAUN-BLANQUET⁶⁾の提案した方法にしたがい、林床植物の被度を求めた。すなわち後に述べる堆積腐植を調査すべき地点を中心とし、 1 m^2 中の林床植物の被度を求め、その算術平均から平均被度を求めた。

堆積腐植の調査には調査地点の面積に応じて、 $3\sim 5\text{ m}$ の間隔に試掘を行い、堆積腐植の各層位の形態、厚さなどを観察、測定し、調査区の堆積腐植について予察的観察を行つた。かくして作製した予察図から、調査区内の堆積腐植の普遍的形態を求め、この形態を具備する試穴のおのおのについて、さらに詳細な観察を行い、各層位の形態、厚さなどを整理した。かかる方法により調査区の堆積腐植の形態を求めるとともに、必要な試料の採取にはここに選ばれた試穴から各層位別にはほぼ同表面積を占める部分の試料を採取し、植物根などを除き、各層位別に混合した。なお試掘の際、針葉樹の樹幹に近い地点は避けた。すなわち本道の針葉樹の大径木の幹基部付近には明らかに植生をことにし、蘚類などが林床に優占しているところを認めることができ、その堆積腐植の形態、性状などもしばしばことなるところがある。KRAUSS および GROSSKOPF⁷⁾らも針葉樹の樹幹基部に近い地点は他の地点とはことなる性質を示すと述べている。

各層位別に採取、混合した試料から、いまだ生活力を有する根系などではできなかりその場においてとり除いた。その後風乾し、さらに微細な根系などをとり除き、F 層などは全試料が 0.5 mm の篩を通過するまで粉砕器にかけ、H 層以下のものについては 2.0 mm の篩を用いて礫などを除いた。かくして調製した試料は密栓瓶に貯蔵した。

調査した地点の堆積腐植の形態ならびにその場所の林床状態を示せば次のとおりである。

【1】*1 旭川営林局上川営林署層雲峡経営区 76 林班、海拔高 760 m 、NNW に面する約 40° の傾斜地。

トマツを主とし、ダケカンバ、ミズナラなどを高木階とし、その下にイチイ、ナナカマドなどが認められた。

林床植物としてクマイザサ(4)*2、ゴンゲンスグ(4)を優占種とし、これにオシダ(1)、マイズルソウ(1)、シラネワラビ(1)、コミヤマカタバミ(1)、ツルアジサイ(1)などが認められた。これにわずかにオオハナウド(+)、ヒメイチゲ(+)、グルマムグラ(+)、ホソバトウゲシバ(+)、ズダヤクシユ(+)、ツルツグ(+)、ミヤマハンシヨウズル(+)、ルイヨウシヨウマ(+)、エゾアザミ(+)、ハクモウイノデ(+)、ゴゼンタチバナ(+))などが認められた。

堆積腐植の状態は次のとおりである。

F 層 $0\sim 2.5\text{ cm}$ のクマイザサ、ゴンゲンスグなどのいまだ植物組織が容易に認められる鱗片状の細片からなり、これをゴンゲンスグなどの根系が軟らかく縫合し、膨軟である。

A₁層 $0\sim 3.0\text{ cm}$ 腐植と鈣質土壌とが混合して、黒紫色を呈し、団粒状構造を示す膨軟な層よりなり、やや明りように A₂層と区別することができる。ゴンゲンスグの細根やクマイザサの地下茎など多く分布する。

以上の形態からこの堆積腐植を粒状ムルに分類した。

【2】旭川営林局上川営林署層雲峡経営区 76 林班、海拔高 760 m 、平坦地。

〔1〕に近い平坦地にして林相も〔1〕にはほぼ等しいが、ただ林床にはクマイザサ(5)が優占種として地表をおおい、これにわずかにゴンゲンスグ(1)が散在しているにすぎなかつた。他の林床植物も〔1〕と同

*1 【 】および本文中の〔 〕は調査地を示す。 *2 ()は被度を示す。

様に散見される程度であつた。

F 層 0~2.5 cm 落葉の下に、クマイザサやその他の植物遺体細片がりん片状を呈して、やや板状に堆積した。

A₁層 0~1.5 cm [1]の A₁層と同様に膨軟にして黒紫色を呈し、団粒状構造を示している。[1]の A₁層に比して一般に薄かつた。

以上の形態からこの堆積腐植も粒状ムルに分類した。

【3】 旭川営林局上川営林署層雲峡経営区 76 林班, 海拔高 960 m, NW に面する約 25° の傾斜地。

アカエゾマツの大径木が散在する下にトドマツの小・中径木が混交し、これにダケカンバ、イチイ、ナカマドなどが下層木としてわずかに存在した。

林床植物として藓類(5)が林床表面をおおい、ムラサキヤシオツツジ(1)、シロバナシヤクナゲ(+), コヨウラクツツジ(+)などの *Ericaceae* に属する植物およびオガラバナ(3), オオカメノキ(+)などが認められ、シノブカグマ(+), ホソバトウゲシバ(+), ゴゼンタチバナ(2), ミツバオウレン(+), チゴユリ(+), ツルシキミ(+), ツルアジサイ(+), ツルツゲ(+), シラネワラビ(+), ミヤマスミレ(+), ツルリンドウ(+), スダヤクシユ(+), ヒロハノツリバナ(+), マイズルソウ(+), ツバメオモト(+), コミヤマカタバミ(+)などが認められた。

本地点の堆積腐植は明らかにモルに属し、その厚さは約 11 cm に達した。

F₁層 0~9.3 cm 膨軟にして毛布状を呈する茶褐色の植物原体を明らかに示す細片からなり、やや湿潤にして多孔質な層。

F₂層 9.3~11.3 cm 暗色を帯びた茶褐色の微細な植物遺体の細屑物よりなり、やや湿潤である。この細屑物はいまだ植物組織を残すが、指頭で圧すれば容易に破壊され、指頭を茶褐色に汚染し、糊状の微粉末を残す。下部は大型の岩石間に侵入し、鉍質土壌と混合している。

以上の外観から細屑状モルとして分類した。

【4】 旭川営林局上川営林署層雲峡経営区 76 林班, 海拔高 1,200 m, N に面する約 25° の傾斜地。

[3]と同様にアカエゾマツの大径木の散在する下にトドマツの小径木がわずかに認められる疎林。

この地点も [3]と同様に鉍質土壌は大型の岩石の間げきにはさまつて存在する程度で、この岩石の上に厚く堆積腐植が横たわる。

林床植物として藓類(5)が林床上をおおい、これにシロバナシヤクナゲ(3), オオパスノキ(+), ウスノキ(+)などの *Ericaceae* に属する植物とともに、クマイザサ(1), オガラバナ(+)などが認められ、これらの下にヒカゲノカズラ(2), マンネンズギ(1)などとともマイズルソウ(3), コミヤマカタバミ(+), シシガシラ(+), イチヨウラン(+), ゴゼンタチバナ(+), ゴンゲンズゲ(+)などが認められた。

堆積腐植は約 9 cm の厚さに達し、[3]と等しくモルに属した。

F₁層 0~8.0 cm 茶褐色を呈し、いまだ藓類の原形を明らかに示す細片よりなり、多孔質、膨軟にして毛布状を呈し、やや湿潤である。

F₂層 8.0~9.0 cm 前者より暗色を呈する茶褐色の有機物よりなり、湿潤である。細片は F₁層のそれよりもさらに細かく、粉状を呈するため、植物組織は認めがたい。指頭でこの有機物層の 1 片を圧すれば、容易に糊状になり、指頭を汚染する。

細屑状モルとして分類した。

【5】 旭川営林局上川営林署層雲峡経営区7林班, 海拔高880 m, 平坦地。

エマゾツの老令大径木を主とし, トドマツ, アカエゾマツをともなう老令単層林である。

林床にはクマイザサ(5)が優占種としてあらわれ, 全面をおおい, 少量のゴンゲンスグ(+), ミヤマタニタデ(+), コミヤマカタバミ(+))などが認められた。

堆積腐植は粒状ムルに属する薄いものからなる。

F層 測定が困難なほど薄く, クマイザサや針葉樹などの落葉が鱗片状の細片になつて堆積する。

A₁層 0~5.0 cm 黒褐色を呈する団粒よりなり, 膨軟である。クマイザサの地下茎は多くこの層に分布する。

【6】 旭川営林局上川営林署層雲峡経営区135林班, 海拔高900 m, NWに面する約30°の傾斜地。

アカエゾマツの老令大径木を主とし, これにわずかにエゾマツを混交する高木階の下にトドマツの小・中径木を主とし, エゾマツの小径木を混交する林分からなる。これにオガラバナ(+), コヨウラクツツジ(+))をわずかに認めることができた。

林床にはゴンゲンスグ(5)が優占し, これに蘚類がともない, さらにマイズルソウ(1), コミヤマカタバミ(1), ミツバオウレン(+), シノブカグマ(+), スギカズラ(+))などが存在した。

堆積腐植は毛布状モルと認められる外観を呈した。

F層 0~4.0 cm ゴンゲンスグ, 蘚類の枯死物が細屑物となり, 膨軟な有機物層を形成し, これにゴンゲンスグなどの根系が網状に分布する。

H層 4.0~9.0 cm 黒褐色を呈するやや湿潤にして, 粉状を呈する有機物に富む層からなる。F層と同様に多くの林床植物の根系が分布し, やや膨軟な層を形成する。

A層 0~3.0 cm 灰褐色を呈する火山灰よりなり, 軽鬆である。根系の分布は少なく, H層との境界は明りようである。

【7】 旭川営林局上川営林署上川経営区55林班, 海拔高980 m, Wに面する約30°の傾斜地。

アカエゾマツの老令大径木を主とし, これが散在する下にトドマツの中径木が点在する疎林。

林床植物として高さ平均1 mのクマイザサ(5)が優占種として地表をおおい, これにツルシキミ(3), 蘚類(1), オオバスノキ(+), ウスノキ(+), オオカメノキ(+), シラネワラビ(+), ツルツグ(+), ツルアジサイ(+), ヒカゲノカズラ(+), マンネンスギ(+), ホソバトウゲシバ(+))などが少量に存在した。

F層 0~1.0 cm クマイザサ, 針葉樹などの落葉細片からなり, 板状を呈する扁平な層からなる。

A₁層 0~2.0 cm 腐植と鈹質土壤が混合し, 黒紫色の団粒を形成する。クマイザサの地下茎はこの層に多く分布する。

この堆積腐植は粒状ムルとして分類した。

【8】 旭川営林局上川営林署上川経営区55林班, 海拔高1,000 m, SWに面する約30°の傾斜地。

アカエゾマツの老令大径木を主とし, 胸高直径5.0 cm内外のトドマツの小径木が散在する疎林にして, この下にオオバスノキ(3), エゾシヤクナゲ(1), オガラバナ(1), ナナカマド(+))などが認められ, さらにコヨウラクツツジ(3), クロウスゴ(2), ハナヒリノキ(+), イワツツジ(+))などのEricaceaeに属する植物が多く出現し, 地表に近くツルツグ(2), ゴゼンタチバナ(+), マイズルソウ(+), ヒカゲノカズラ(+), ホソバトウゲシバ(+), マンネンスギ(+), コケモモ(+))などが認められ, 蘚類(5)が地表をおおう。

F₁層 0~2.5 cm 茶褐色を呈し、いまだ植物遺体の形態を明りように示す細屑物よりなる。粗雑な堆積状態を示して、膨軟である。

F₂層 2.5~14.0 cm F₁層に比べて暗色を帯びた茶褐色を呈する。F₁層より細かいパン粉状を呈する植物細片よりなり、多孔、膨軟にして、かつやや湿潤である。鉍質土壌表面との境界は明りようである。

この形態の堆積腐植は細屑状モルとして分類した。

【9】 旭川管林局上川管林署上川経営区 55 林班, 海拔高 920 m, SE に面する約 28° の傾斜地。

アカエゾマツの大径木からなるやや疎開した純林で、小高木階にはオガラバナ(5), ミネカエデ(+), オオカメノキ(+)などが認められた。これらの下にオオバスノキ(3), ハナヒリノキ(2), クロウスゴ(1)などの *Ericaceae* に属する植物とともに低いナナカマド(2)が認められた。さらにこれら下の地表には、ツルシキミ(2), 蘚類(2), ツルツグ(1), ミツバオウレン(1), ゴゼンタチバナ(1), ヒカゲノカズラ(+), ハイイヌツグ(+)などが認められた。

F 層 0~3.5 cm 諸種の灌木、針葉樹などの落葉が細片となつてやや密に堆積し、暗茶褐色を呈する。

H 層 3.5~10.0 cm F 層よりしだいに暗黒褐色となり、植物組織を肉眼では認めることのできない湿潤な微粉状を呈し、粘着性を有する有機物よりなる。これを指頭で軽く圧すれば、容易にその微粉状の形態を失い、指頭を黒褐色に汚染する。F₂層の場合にもかかる状態を呈するものもあるが、この場合にはなお指頭に微細な固形物を残すことが多いが、H 層の場合には糊状となり、指頭を染める。

この層は漸次鉍質土壌に移行し、鉍質土壌は腐植により黒色ないし黒紫色に着色され、H 層の下部と鉍質土壌表層との境は不明りようである。鉍質土壌は大型岩石の累積する間げきを充てんするか、わずかに岩石上をおおうにすぎない。

この堆積腐植は粉状モダーとして分類した。

【10】 旭川管林局上川管林署上川経営区 70 林班, 海拔高 770 m, W に面する約 20° の傾斜地。

トドマツの小・中径木を主とする中庸の疎開度を有する林地にして、これにオオカメノキ(+), オガラバナ(+), ナナカマド(+)などが認められた。

林床には高さ平均 60 cm のクマイザサ(4)が大部分を占め、これにゴンゲンズグ(2), ツルシキミ(+), コミヤマカタバミ(+), マイズルソウ(+), ツルツグ(+)などが認められた。

F 層 0~2.0 cm トドマツなどの落葉が細片になつて堆積する茶褐色の有機物層からなり、やや膨軟、ぜい弱である。

H 層 2.0~4.5 cm 黒色に富む黒紫色の団粒状を呈し、圧すれば容易にこの構造を失い指頭に糊状の無定形有機物を残す。やや多くの鉍質物が混合されている。この層はしだいに鉍質土壌に移行し、A₁層を形成する

A 層 0~10.0 cm 上部は多くの腐植が混合して黒紫色を呈し、やや膨軟な層を形成するが、下層においては腐植少なく、淡黒褐色を呈し、粘性に富み、かつやや堅硬である。

この堆積腐植は粒状モダーとして分類した。

【11】 旭川管林局上川管林署上川経営区 68 林班, 海拔高 1,100 m, 平坦地。

森林限界に近いと考えられるハイマツ, タケカンバの林に遠からぬ地点にして、アカエゾマツおよびエ

ゾマツの大径木にダケカンバが混交し、その下にトドマツの小・中径木が点在する疎林よりなる。

樹冠直下以外はオクヤマザサ(5)が密生し地表をおおい、これ以外にはほとんど群落として見るべきものではなく、わずかにコミヤマカタバミ(+), ツルアジサイ(+), シラネフアラビ(+), ホソバトウグシバ(1), ツルツゲ(+), ツバメオモト(+))などが散在するにすぎなかつた。

F 層 0~2.0 cm ほとんどオクヤマザサの落葉からなり、これが落葉の下にりん片状となつて堆積し、板状を呈し、容易にレンズ状を呈する小板状に剝離される。

H 層 2.0~6.0 cm 黒褐色団粒状を呈する構造を有し、鉍質土壤が多少混合している。

膨軟にしてオクヤマザサの地下茎が多く分布する。

A 層 0~20.0 cm 上層には黒褐色ないし黒紫色を呈し、H層から漸次移行し、粒状構造を呈する薄いA₁層が存在する。この層はしだいに淡黒褐色を呈し、緊密にして堅硬な層に移る。オクヤマザサの地下茎はH層とこの層の表層に多く認められる。

この種の堆積腐植は粒状モダールとして分類した。

【12】 旭川営林局上川営林署上川経営区 68 林班, 海拔高 880 m, 平坦地。

エゾマツ, アカエゾマツの大径木を主とし、これにダケカンバを混交する下にトドマツの小・中径木が散在する。これらの上にナナカマド(1), オオカメノキ(1), オガラバナ(1)などが散在する。

林床には高さ平均 1.0 m に達するクマイザサ(5)が優占種として地表をおおい、これにホソバトウグシバ(1), ツルアジサイ(+), マイズルソウ(+), ツルツゲ(+), ゴゼンタチバナ(+))などが認められた。

F 層 0~1.0 cm クマイザサおよび針葉樹などの落葉が細片になつてうすく堆積し、板状を形成する。

H 層 1.0~3.0 cm 植物組織を全く認め得ない、無定形の黒紫色を呈する有機物が鉍質物と混合し、粒状ないし、団粒状構造を形成し、これを指頭で圧すれば容易に原形を失い、指頭を暗黒褐色に汚染する。

A 層 0~20.0 cm 上層にはH層につづき、粒状構造を形成し、黒褐色を呈する 3 cm に達するA₁層が存在し、これはしだいにやや緊密にして堅硬な淡黒褐色の層に移る。クマイザサの地下茎はH層およびA₁層に多く分布する。

前と同様にこの堆積腐植は粒状モダールとして分類した。

【13】 旭川林務署安足問事業区 3 林班, 海拔高 550 m, NW に面する緩傾斜地。

トドマツの小・中径木よりなる疎林で、これに低いエゾモミジイタヤ, ハリギリ, エゾホサキナナカマド, オヒヨウ, ハルニレなどが生じている。

林床植物はクマイザサ(5)を優占種とし、イワガラミ(1), ミヤママタタビ(+), ツルアジサイ(+))などの蔓茎類が認められ、またオオカメノキ(+))が散在し、ツルシキミ(+), シラネフアラビ(+), オシダ(+), ルイヨウシヨウマ(+), エゾシヨウマ(+), マイズルソウ(+))などが認められた。

F 層 0~1.0 cm クマイザサの落葉がりん片状となり、これに針葉樹や広葉樹その他蔓茎類の落葉が細片となつて混合する。このF層の下には黒紫色を呈する無定形の有機物が鉍質土表面の小凹部や植物根付近にわずかに認められるにすぎず、F層の直下に鉍質土壤が淡黒褐色を呈して存在する。鉍質土壤は堅果状構造を有する堅硬なA層を形成する。

この種の堆積腐植は HEIBERG³⁴⁾ ならびに BORNEBUSCH⁴⁾ などの Firm mull, WILDE¹⁴⁷⁾ の Lean

mull に属する形態を有し、これを盤状ムルとして分類した。

[14] 旭川林務署安足間事業区 25 林班, 海拔高 1,050 m, 平坦地。

アカエゾマツを主とし、ダケカンバおよびトドマツが混交し、散在する疎開した林分よりなる。これらの下にオガラバナ(1), オオバスノキ(+), オオカメノキ(+)などが存在し、林床にはシラネウラボシ(3)が優占種として現われ、ホソバトウゲシバ(1), シシガシラ(1), チゴユリ(+), ツバメオモト(+), ツルアジサイ(+), シノブカグマ(+), コミヤマカタバミ(+), ツルリンドウ(+), ヨツバムグラ(+), クサソテツ(+), マイズルソウ(+), マンネンスギ(+), オオアマドコロ(+)などが認められた。

F₁層 0~5.0 cm 茶褐色を呈する林床植物の残査細片からなり、シラネウラボシその他の植物の根系によつて縫合された柔軟にして膨軟な有機物よりなる。

F₂層 5.0~6.0 cm F₁層から漸次この層に移る。濃黒褐色を呈し、粉状の微細片となつた植物遺体によつて構成された膨軟な有機物層からなる。湿潤なこの微細片をとつて指頭で圧すれば、容易にその形態を失い、大部分は糊状になり、少部分は微粉状を呈して指頭に残る。下の鉾質土壤表面から容易に区別され、植物根の分布は F₁ 層と同様に多い。鉾質土壤は幾層もの火山灰よりなる。

この形態の堆積腐植は細屑状モルとして分類した。

[15] 旭川林務署愛別事業区 24 林班, 海拔高 1,000 m, S に面する平坦に近い緩傾斜地。

アカエゾマツの大径木を主とし、これにダケカンバを混ざる林分よりなる。

林床植物としてオクヤマザサ(5)が地表をおおい、これにオオバスノキ(1), オガラバナ(+), ノリノキ(+), コヨウラクツツジ(+), ナナカマド(+)などがわずかに認められた。草本階にはシラネウラボシ(2), ホソバトウゲシバ(1), マイズルソウ(1), ゴゼンタチバナ1, コミヤマカタバミ(+), エンレイソウ(+), エゾヨツバムグラ(+), ツルアジサイ(+), ツルリンドウ(+), ヒメイチゲ(+)などが認められた。

F 層 0~2.0 cm オクヤマザサなどの落葉が扁平に堆積する下にオクヤマザサ, ダケカンバ, その他針葉樹の落葉がりん片状の細片となつて堆積する。

H 層 2.0~4.0 cm 黒褐色を呈する微粒状をなし、有機物と鉾質物と混合する層よりなる。この粒状物は指頭で圧すれば、容易に破砕され、黒褐色の糊状のものを指頭に残す。この層は漸次下の鉾質土壤に移行した。

A 層 0~27.0 cm 上層には黒紫色を呈し、H 層下部と混合する粒状構造の 2 cm に達する A₁層が存在し、両層位にオクヤマザサの地下茎が多く分布する。これより下層に色彩はしだいに淡く、粘性を有し、かべ状を呈する。

この形態の堆積腐植は粒状モダーとして分類した。

[16] 旭川営林局上川営林署層雲峡経営区 76 林班, 海拔高 660 m, 平坦地。

トドマツの中径木によつて構成された中庸の疎開をする純林で、草本階には主としてシラネウラボシ(4), オシダ(2)などのシダが林床の表面をおおい、これにゴンゲンスゲ(1), マイズルソウ(+)などが混在する単純な群落を形成する。

F 層 — はなはだしくうすく、シダに属する植物や、ゴンゲンスゲの落葉などの植物遺体が細片となり、堆積する。

H 層 0~2.7 cm 黒紫色を呈する腐植から多くなり、粘性に富む微粉状の有機物層にして、林床植物の根系が多く網状に分布する。この層の下部は漸次鉾質土壤に移行する。

A層 0~30.0 cm 黒紫色の小粒状からなり、膨軟にしてやや湿潤な 3.0 cm の A₁層が存在する。下層は黒紫色を呈するが、上層よりも淡く、特別の構造を示さない。火山灰よりなる。

この種堆積腐植は外観的に〔9〕のそれと趣をこにし、その厚さはうすく、H層の色彩も相違が認められるが、H層はともにやや湿潤にして微粉状を呈し、植物組織を認めうるものは少なく、かつこれより A₁層への移行状態ははなはだしく類似する。このためこの種堆積腐植もまた粉状モダールとして分類した。

【17】 旭川管林局羽幌管林署築別経営区 76 林班、海拔高 70 m、SW に面する緩傾斜地。

ミズナラを主林木とし、これにハリギリなどをわずかに混じ、トドマツの中径木が多数混交する中庸の疎開をなす林分にして、灌木階にはノリノキ(+), エゾイヌガヤ(+), オオカメノキ(+), メイグツカエデ(+)などが認められた。

本報は針葉樹林を研究対象にとつたものであり、本調査地は主林木が広葉樹からなり、対象外にあるように考えられるが、比較的トドマツの中径木が多く混交するため、一応トドマツ林としてとりあげた。

林床には高さ平均 1.6 m のクマイザサ(5)が優占種としてあらわれ、わずかにヤマブドウ(+), ツルシキミ(+), ゴドウズル(+)などが散見された。

F層 0~1.0 cm クマイザサ、広葉樹、針葉樹の落葉の下に、これらがりん片状の細片になつてうすい有機物層を形成する。

A層 0~19.0 cm 淡黒褐色を呈し、堅果状構造を明らかに示す、堅硬な土壌からなる。クマイザサなどの根系はこの層の表面に近く分布する。

この堆積腐植は〔13〕と同様の形態を示し、盤状ムルとして分類した。

【18】 旭川管林局羽幌管林署初山別経営区 125 林班、海拔高 60 m、SW に面する緩傾斜地。

トドマツの中径木を主林木とし、これにアブラコ、イタヤなどをわずかに混じ、中庸の疎開をする林分で、灌木としてオオカメノキが散見された。

林床植物として〔17〕と同様に高さ平均 1.6 m のクマイザサ(5)が優占種としてあらわれ、これにわずかにツルシキミ(+)が認められた。

F層 0~1.0 cm 〔17〕の F層と同様にうすく、クマイザサの落葉が灰白色のりん片状になつてトドマツ落葉細片と混合堆積する。ときに菌糸で縫合されている部分が認められる。

A層 0~30.0 cm やや暗色を帯びた黒褐色を呈し、明らかに堅果状構造を有する。林床植物、ことにクマイザサの地下茎は F層の直下、鉍質土壌表層に多く分布する。この堆積腐植も〔13〕ならびに〔17〕のそれと同じく盤状ムルとして分類した。

【19】 旭川管林局中頓別管林署頓別経営区 47 林班、海拔高 60 m、峯沿いの平坦地。

トドマツの純林で、小・中径木よりなり、広葉樹としてきわめてわずかにダケカンバが混交する中庸の疎開を示す林分である。

林床植物としてはイワガラミ(+), ツルシキミ(+)などが散在するにすぎなかつた。本地域一帯は調査時の数年前、クマイザサが期を同じくして枯死したといわれ、調査時にはこれらの枯死物が地表面をおおい、多量の稈茎が破碎されながらも、なお原形を残して堆積していた。

F層 0~2.0 cm クマイザサの稈茎の切断、破碎されたものがトドマツの落葉細片と混合堆積し、やや粗雑な外観を示した。

H層 2.0~4.5 cm 黒紫色の粉状を呈し、植物原形は全く認められず、無定形の有機物からなる。

膨軟にして植物根は多くここに分布し、網状を呈する。鉍質土壤表面とは明確な区別を示し、鉍質土壤表面から容易に分離することができた。

A 層 0~5.0 cm 淡黒褐色を呈し、堅果状構造を明らかに示した。

この堆積腐植はH層までは粉状モダーの外観に類似するが、H層より鉍質土壤への移行の状態は全くこととなり、モルの特性を明らかに示している。このために毛布状モルとして分類した。

[20] 旭川管林局中岨別管林署岨別経営区 9 林班, 海拔高 60 m, SEE に面する約 6° の緩傾斜地。

トドマツの中径木を主林木とし、これにイタヤ、コシアブラ、マカンバなどがわずかに混交する疎林でトドマツの小径木も散在している。

林床には現在はずかにクマイザサ(1)の矮小なものが認められるにすぎず、これにヤマイチヤクソウ(2)、ツタウルシ(+), ツルシキミ(+)などが認められた。しかし従来はクマイザサが前調査地と同様にある程度の被度をもつて地表を被覆したといわれている。

F 層 0~1.5 cm クマイザサの突発的な枯死が本地域では述べられているが、現在は前調査地のF層とやや趣をことにし、トドマツの落葉細片が菌糸により縫合され、乾燥した板状を呈する。

H 層 1.5~5.0 cm 黒紫色を呈する粉状の植物組織を肉眼では全く認められない膨軟な有機物からなる。根系の分布多く、網状を呈する。鉍質土壤表面との境界は明りようで、両層の区分は容易である。

A 層 0~16.0 cm この層はA₁層およびA₂層に分けられ、A₁層は0~7.0 cmに達し、ムルのA₁層とはことなり、淡黒紫色を呈する小堅果状構造よりなり、A₂層は灰白色を呈し、堅果状構造を示す、堅硬な層からなる。

この堆積腐植も前調査地のそれと類似し毛布状モルとして分類した。

[21] 旭川管林局上川管林署層雲峡経営区 42 林班, 海拔高 850 m, SSW に面する約 35° の傾斜地。

アカエゾマツ、エゾマツの大径木が散在し、その下にトドマツの小・中径木がやや多く成立する疎開中庸の林地で、灌木としてヒロハツリバナ(+), コヨウラクツツジ(+), シロバナシヤクナゲ(+)などが散在している。

林床植物としてゴンゲンスグ(5)が優占種として地表をおおい、ゴゼンタチバナ(2), マイズルソウ(1), オシダ(+), コミヤマカタバミ(+)などが認められた。

F 層 0~3.0 cm 針葉樹落葉、ゴンゲンスグなどの遺体細片をゴンゲンスグの根系が縫合し、膨軟な有機物層を形成する。

A₁層 0~6.0 cm 黒褐色を呈し、団粒状構造を有する膨軟な層よりなり、ゴンゲンスグの根系分布はF層よりも少ない。

この堆積腐植は根網ムルとして分類した。

[22] 旭川管林局上川管林署層雲峡経営区 43 林班, 海拔高 860 m, WNW に面する約 35° の傾斜地。

エゾマツの大径木が散在する下に、トドマツの中径木がわずかに混交する疎開した林地で、灌木階にはオガラバナ(+), コヨウラクツツジ(+)などが認められた。

林床にはオクヤマシダ(4)を優占種とし、これにゴンゲンスグ(2), ゴゼンタチバナ(1), コキンバイ(+), 蕨類(2)などが認められた。

F 層 0~5.5 cm ゴンゲンスグ、針葉樹落葉の細片が混合堆積し、灰褐色を呈する。オクヤマシ

ダ、ゴンゲンスグなどの根系がこの中を網状に分布し、膨軟な層を作る。

A₁層 0~2.0 cm 黒褐色の多孔質にして、膨軟な団粒状構造を呈し、林床植物の根系がF層より少ないが、多く分布する。

この堆積腐植は根網ムルとして分類した。

【23】 旭川営林局上川営林署層雲峡経営区 136 林班、海拔高 900 m、NW に面する約 30° の傾斜地。

アカエゾマツの大径木を主とし、エゾマツをともない、これらの下にトドマツの小・中径木が存在する中庸の疎開した林地である。

林床にはクマイザサ(5)を優占種とし、その下にわずかにゴンゲンスグ(+)が認められるにすぎなかった。

F層 0~2.0 cm クマイザサの落葉がりん片状となり、これに針葉樹落葉の細片が混合し、灰褐色を呈し、粗雑な堆積状態を示す。

H層 2.0~6.5 cm 黒紫色を呈し、微粉状にして粘性を有し、軟らかく、指頭で圧すれば、指頭を黒褐色に汚染し、糊状のものを残す。湿潤なときは表面は光沢を有する。根系の分布はこの層に多く、この層の下部は鉱質土壌表層と混合する。

A₁層 0~3.0 cm 黒褐色を呈し、やや粘性を有し、脆弱である。とくに構造は認められない。火山灰よりなる。根系の分布はH層に比して少ない。

この堆積腐植のH層は粉状モダのそれのごとく、粉状を呈することなく、比較的粘性を有し、湿潤なときは一種の光沢を有し、変質作用がすすみ、黒褐色の無定形有機物に富む泥炭を思わせる。このH層の外観から糊状モダとしてこの堆積腐植を分類した。

【24】 旭川営林局上川営林署層雲峡経営区 95 林班、海拔高 920 m、S に面する約 18° の傾斜地。

アカエゾマツの大径木を主林木とし、これにエゾマツの中径木をともない、その下にエゾマツならびにトドマツの小径木が散在する疎開した林地である。

林床は蘚類(5)がその全面をおおい、これにゴンゲンスグ(+), シラネワラビ(+), スギカズラ(+), アスヒカズラ(+), イワノガリヤス(+), およびコミヤマカタバミ(+), などが散在するにすぎなかった。

F₁層 0~4.0 cm 蘚類の遺体細片からなる灰褐色の膨軟な有機物層からなり、林木の根系分布は少なく、白色菌糸がわずかに認められる。

F₂層 4.0~11.0 cm F₁層よりもやや暗色を呈する茶褐色の膨軟な有機物層よりなる。指頭で圧すれば容易にその原形を失い、やや粘性を有する微粉状になる。根系の分布はこの層に最も多く、F₁層と同様にわずかに白色の菌糸が認められる。この層の下の部分にポケット状に黒紫色を呈し、粘性を有し、H層の有機物に似た無定形の有機物が見いだされる。下に横たわる火山灰とは明りように区別できる。

A層 0~5.0 cm 茶褐色を呈する軽鬆な火山灰からなり、一部に白色のポケット状の火山砂を有する。林木の根系はこの層にはほとんど認められない。この層の下は大型の岩石が累積する。

この堆積腐植のF層は多孔質、膨軟で海綿状を呈しており、海綿状モルとして分類した。

【25】 旭川営林局上川営林署層雲峡経営区 42 林班、海拔高 1,020 m、SSW に面する約 30° の傾斜地。

アカエゾマツの大径木が単木的に点在し、トドマツの中径木が散在する下にトドマツの小径木が群生する林地である。

林床には針葉樹、とくにトドマツの落葉が堆積し、これにミヤマアキノキリンソウ(+), ゴンゲンスグ

(+), ヤマイチヤクソウ(+), ミツバオウレン(+), ハイイヌツグ(+))などが散在する。この地点では林冠が破れ、陽光が部分的に射入すると考えられる小地点にはゴンゲンスグが集落を形成するのを認めた。

F₁層 0~3.0 cm 灰褐色を呈し、菌糸が針葉樹落葉のほとんど原形に近いものを固く縫合し、緊密な板を形成する。

F₂層 3.0~6.0 cm 褐色を呈し、F₁層に比して落葉はやや細片になつているが、なお針葉樹落葉の原形を明らかに示しており、これも菌糸により固く縫合され、緊密な板状を形成する。この層と鈹質土壌との境付近に多くの根系が分布する。

A₁層 0~5.0 cm 黒褐色を呈し、粒状構造を示す。やや膨軟である。この下には黒褐色を呈し、膨軟な約30 cmに達する土壌が存在し、粒状構造が見られる。

F₂層とA₁層との境は色彩的にも、構造の上からも明らかに区別され、F層の形態は従来のモルと全くことなり、1枚の板を思わせる。この堆積腐植はそのF層の外観からテツクス状モルとして分類した。

[26] 旭川営林局上川営林署層雲峡経営区95林班、海拔高920 m, SSEに面する約23°の傾斜地。

エゾマツ、アカエゾマツの大・中径木が点在し、その下にトドマツの小・中径木が散在する疎林にして、灌木としては主としてコヨウラクツツジ(+)が認められた。

林床にはゴンゲンスグ(5)が優占種として認められ、これにコミヤマカタバミ(1)、ゴゼンタチバナ(2)、ズダヤクシユ(+), ヨツバムグラ(+), ホソバトウグシバ(+), 蘚類(+)などが認められた。

F層 0~4.0 cm ゴンゲンスグ、針葉樹落葉などが細屑状を呈して堆積する中をゴンゲンスグなどの林床植物の根系が網状に分布する膨軟な層。

H層 4.0~6.0 cm 黒紫色の団粒状構造を呈し、膨軟にして粒子は軟らかく、指頭で容易に糊状になる。針葉樹の根系は多くここに分布する。

A₁層 0~2.0 cm H層と接し、黒茶褐色を呈する小粒状構造を示し、H層下部とこの層の上部とは混合し、両者の境は不明りようである。この下には5.0 cmに達する灰白色の火山灰のA₂層が横たわる。

この堆積腐植は粒状モダーとして分類した。

[27] 旭川営林局上川営林署層雲峡経営区95林班、海拔高920 m, SSEに面する約17°の傾斜地。

エゾマツの大径木を主林木とし、トドマツの小・中径木が混交するやや密な林地で、灌木としては主としてコヨウラクツツジ(+)が認められた。

林床植物としてオクヤマシダ(4)、ゴゼンタチバナ(3)、コミヤマカタバミ(+), マイズルソウ(+), ゴンゲンスグ(+)などが認められた。

F層 0~2.0 cm 茶褐色を呈するトドマツその他の落葉などが細屑になり、これをオクヤマシダの根系が縫合してマツト状の層を形成する膨軟な層。

H層 2.0~5.0 cm 黒褐色を呈する粉状にして、ときに黒紫色の団粒状構造を有する。針葉樹の根系が多く分布する。やや湿潤である。

A層 0~5.0 cm 火山灰よりなり、H層と接する面は淡黒褐色を呈するが、両者の判別は容易である。

この堆積腐植のH層は粒状モダーのH層に類するが、H層とA層との区別は明らかにして、モルの特性を示しており、毛布状モルとして分類した。

【28】 帯広営林局足寄営林署足寄経営区76林班，海拔高 780 m，平坦地。

アカエゾマツの大・中径木が主林木として点在し，きわめてわずかにトドマツの中径木が生立して上層を形成し，その下に胸高直径平均 4.0 cm のトドマツが群生していた。

林床植物は〔25〕と同様にほとんど群落的なものは認められず，枯枝などの上に蘚類が認められるにすぎず，ジンヨウイチヤクソウ(+)，ゴゼンタチバナ(+)などがきわめてわずかに認められた。

F₁層 0~5.0 cm 針葉樹の落葉がほとんど原形のまま堆積し，これを菌糸が固く縫合し，板状を呈する。

F₂層 5.0~7.0 cm F₁層に比べてやや細片となり，暗色を増した針葉樹落葉よりなる。F₁層と同様に菌糸によつて固く縫合されている。

両者とも菌糸によつて固く縫合され，あたかもソフトテツクスのような外観を呈し，鉍質土壤から容易に剥離することができる。F₂層の下にはこれと明確に区分される鉍質土壤が横たわる。この鉍質土壤は火山礫を含む火山灰よりなり，緊密にして，腐植によつて着色されておらない。

〔25〕の堆積腐植の下にあるA層とこの堆積腐植下のA層とは外観をことにするが，F層の形態は全く等しく，この堆積腐植もテツクス状モルとして分類した。

【29】 帯広営林局足寄営林署足寄経営区76林班，海拔高 780 m，平坦地。

アカエゾマツの中径木のみよりなる密な単層林で，樹冠交錯している。

林床にはトドマツの稚樹(樹高平均 30 cm)が群生し，さらにその下に蘚類(5)が林床を被う。〔28〕のごとき植生状態に関し，館脇⁽³⁶⁾はときに蘚類—トドマツ群落から移行した状態であるとしているが，この地点の植生は〔28〕への移行の先駆的存在として考えられよう。

林床植物としては蘚類(5)のほか，これにヤマイチヤクソウ(+)，ツルリンドウ(+)，ジンヨウイチヤクソウ(+)，ゴゼンタチバナ(+)，オオバスノキ(+)などが認められた。

F₁層 0~5.0 cm アカエゾマツの落葉と蘚類とが交錯する下に，淡茶褐色を呈する蘚類の遺体，アカエゾマツ，トドマツなどの落葉細屑物が蘚類や針葉樹その他の根系などに縫合されている。多孔質，膨軟で海綿状を呈する。

F₂層 5.0~7.4 cm 暗茶褐色を呈する多孔質，柔軟で海綿状を呈する。なお十分にその細屑物は肉眼で植物組織が識別される。植物根系が多く分布する。

A層 0~5.0 cm 火山灰よりなり，灰白色を呈し，輕鬆である。F₂層との区別は容易である。植物根系はこの層にはわずかに分布するにすぎない。

この堆積腐植は海綿状モルとして分類した。

【30】 帯広営林局上土幌営林署音更経営区101林班，海拔高 660 m，Sに面する約 30° の傾斜地。

アカエゾマツの大径木が高木階に優占し，その下にトドマツの小径木(胸高直径平均 12 cm)が群生する林分で，〔28〕と同様の状態を呈するが，トドマツの径級大きく，前者の状態がさらにすすんだものであろうと考えられるものである。なお本地点では傾斜の上位から下位にトドマツの本数が減少し，林床植物の状態もしだいに変化することが認められた。

傾斜の上位に位する部分では，トドマツの本数が多く，林床植物はほとんど認められないが，下位に位する部分では種々の林床植物が分布し，かつ堆積腐植の形態もあきらかにことなる。ゆえにこの地点を2箇所に分けて調査を行った。

[30-1] 集落的に分布する林床植物は認められず、わずかにゴゼンタチバナ(+), コミヤマカタバミ(+), アキノキリンソウ(+), ゴンゲンスグ(+), シンヨウイチヤクソウ(+), ウスノキ(+), ミツバオウレン(+)²などが点在するにすぎず、堆積腐植の表面は露出する状態を呈した。

F₁層 0~4.0 cm ほとんどトドマツ, アカエゾマツの落葉からなり、いまだ原形をあきらかにとどめ、菌糸によつて縫合されて板状を呈する。

F₂層 4.0~12.0 cm F₁層に比べてやや細片になつたものを多く含むが、なお落葉の原形を有し、F₁層とともに菌糸により固く縫合され、周辺を切断してこれを剥離すると、あたかもソフトテツクスのような外観を呈して容易に鉍質土壤表面から分離することができる。

F₂層の下の鉍質土壤は多量の火山礫を含む軽鬆な火山灰よりなる。淡黒褐色を呈し、林木の根系はF₂層とこの層との境界に多く分布する。

[25], [28] などと同様にF層の形態からテツクス状モルに分類した。

[30-2] 傾斜の下位に位する部分で、林床植物は藓類(5)を優占種とし、これにゴゼンタチバナ(3), コミヤマカタバミ(1), シロバナシヤクナグ(1), ヒカゲノカズラ(2), ゴンゲンスグ(1), シンヨウイチヤクソウ(+), シラネワラビ(1), ミツバオウレン(2), ズダヤクシユ(+), マイズルソウ(+), クマイザサ(1), ウスノキ(+), ミヤママタタビ(+), ツルアジサイ(+), ヒロハノツリバナ(+), ムラサキツリバナ(+)²などが認められた。

F₁層 0~6.0 cm 藓類その他の林床植物の根系などによつて縫合された茶褐色の植物細片が多孔質にして、膨軟な層を形成する。

F₂層 6.0~9.0 cm 暗茶褐色の粉状を呈する植物遺体の細粉からなり、指頭で圧すれば、容易に原形を失い、糊状を呈する部分があるが、なお微粉状のものを残す。

鉍質土壤は前者と同様に多量の火山礫を含む火山灰よりなり、前者に比してやや暗色を呈し、かつ湿潤である。F₂層とは明りような区別がなされる。

この堆積腐植は細屑状モルとして分類した。

[31] 帯広営林局上士幌営林署音更経営区 101 林班、海拔高 660 m, S に面する約 32° の傾斜地。

アカエゾマツの老令大径木を主林木とする疎開中庸の林分で、シロバナシヤクナグが群生して灌木階を形成する。この地点も [30] と同様に傾斜の上位に位する部分と下位に位する部分では林床植物をことにするため、調査は 2 分して行つた。

[31-1] 傾斜の上位に位する部分で、林床植物は藓類(4)が林床表面をおおい、この上にシロバナシヤクナグ(4)が平均高さ約 2 m をもつて地表をおおう。林床には藓類のほか、ゴゼンタチバナ(3), ミツバオウレン(2), シンヨウイチヤクソウ(1), ホソバトウゲシバ(+), ヒカゲノカズラ(+), ヒロハノツリバナ(+), ミヤママタタビ(+), ゴンゲンスグ(+), シラネワラビ(+), ツルアジサイ(+)²などが認められた。

F₁層 0~7.0 cm 褐色を呈し、藓類その他の植物根によつて縫合された植物原形を残す細片からなる。粗雑な外観を呈する。

F₂層 7.0~11.0 cm F₁層に比し暗色を帯びた茶褐色を呈する繊維状の細屑物からなる。これを構成する有機物はなお植物組織を残すが、指頭で圧すれば容易にその原形を失い、微粉状の粘性を有するものを指頭に残す。

鉍質土壤は火山礫に富む火山灰よりなり、淡黒褐色を呈し、F₂層との区別は容易である。

この堆積腐植は細屑状モルとして分類した。

【31-2】 傾斜の下位に位置するやや平坦な部分で、藓類(4)によつて地表はおおわれ、上位の部分に比してシロバナシヤクナゲ(+)ははなはだしく少ない。林床にはゴゼンタチバナ(3)、ゴンゲンスグ(2)、ミツバオウレン(2)、クマイザサ(1)、マンネンスギ(1)、コミヤマカタバミ(+), シラネワラビ(+), オシダ(+), クサソテツ(+), ズダヤクシユ(+), アイヌタチツボスミレ(+), ホソバトウゲシバ(+), ナナカマド(+), オガラバナ(+))などが認められた。

F₁層 0~5.0 cm 藓類その他の林床植物の根系が交錯し、針葉樹落葉などの植物遺体細片を縫合し、膨軟にして毛布状を呈する。

F₂層 5.0~7.0 cm 暗黒褐色を呈する植物遺体の細屑物よりなる。膨軟にして湿潤である。指頭で圧すれば容易にその原形を失うも、なお指頭には粘性を有する微粉状の物質を残す。

鉍質土壤は前者と同様に火山礫に富む火山灰よりなり、F₂層と容易に区別される。

この堆積腐植も細屑状モルとして分類した。

【32】 帯広営林局上士幌営林署音更経営区 151 林班, 海拔高 660 m, 平坦地。

マカエゾマツの中径木を主として、少数の小径木をとめない、これにトドマツの小・中径木がわずかに混交する樹冠の密な林地である。

林床植物としては高さ平均 40 cm にすぎないクマイザサ(4)を優占種としている。しかし林床にササが優占する群落としてはきわめて特殊なもので、藓類(4)、ゴゼンタチバナ(3)という林床植物の存在が如実にこれを説明している。これらのほかにウスノキ(2)、ヒカゲノカズラ(2)、マンネンスギ(1)、コミヤマカタバミ(2)、オガラバナ(+), ツクバネソウ(+))などが認められた。

F 層 0~3.0 cm クマイザサ、針葉樹などの落葉がりん片状の細片となり、これが藓類と混合し、やや膨軟な有機物層を形成する。

H 層 3.0~5.5 cm 黒色を呈する糊状で、湿潤にして光沢を有する無定形有機物からなり、鉍質物を含む。この層の下部はしだいに鉍質土壤と混合し、両者の境界は不明りようである。

A₁層 0~2.0 cm 火山灰よりなり、H 層よりしだいに移行し、黒色を呈し、湿潤にして粘着性に富む。下方は淡黒褐色の火山灰に移る。地下水位高く、調査時は 28 cm を示した。

この堆積腐植は糊状モダールとして分類した。

【33】 帯広営林局上士幌営林署音更経営区 151 林班, 海拔高 660 m, 平坦地。

アカエゾマツの大径木のみよりなるやや疎開した林分で、この下に高さ平均 2 m のシロバナシヤクナゲ(3)が群生していた。

林床には藓類(5)が全面をおおい、これにゴゼンタチバナ(2)、ヒカゲノカズラ(+), マイズルソウ(+), コミヤマカタバミ(+), マンネンスギ(+))などが認められた。

F₁層 0~8.4 cm この種の植生を示す〔31-1〕と同様に、藓類その他の林床植物の根系などが細片になつた植物遺体堆積物内を縦横に交錯、分布し、膨軟にして絨氈様の感触を与える。

F₂層 8.4~10.1 cm 黒褐色を呈する細屑状の植物遺体よりなり、これを指頭で圧すれば容易に原形を失うものもあるが、破碎の困難なものも認められる。F₁層に比べてややち密であるが、なお多孔質で、植物の根系はF₁層と同様に多く分布する。鉍質土壤とは明りように区別できる。

鉍質土壤は火山灰よりなり、淡黒褐色にして、輕鬆である。

この堆積腐植は海綿状モルとして分類した。

【34】 北見管林局丸瀬布管林署南湧別経営区 79 林班, 海拔高 720 m, N に面する緩傾斜地。

アカエゾマツおよびエゾマツの犬・中径木の下にトドマツの小径木が散在する中庸の疎開をなす林地。

林床植物としては高さ平均 60 cm のクマイザサ(5)が地表をおおい, これの下にさらにゴンゲンスグ(4)があらわれて, これにゴゼンタチバナ(2), スギカズラ(3), マイズルソウ(+), 蘚類(+)などが混じていた。

F 層 0~5.5 cm ゴンゲンスグの根系によつて縫合された植物遺体の細片が堆積し, やや膨軟である。

A₁層 0~1.5 cm 腐植と鈹質土壌とが混合し, 黒紫色の団粒状構造を形成する。膨軟にして, クマイザサの地下茎やゴンゲンスグの根系が多く分布している。

この堆積腐植は根網ムルとして分類した。

【35】 北見管林局丸瀬布管林署南湧別経営区 79 林班, 海拔高 720 m, N に面する緩傾斜地。

前地域に近接し, 林相もほぼ同様の状態を示していた。

林床には前調査地とことなり, クマイザサ(3)の被度は減少し, ゴンゲンスグ(5)が林床全面をおおい, これにマイズルソウ(1), ゴゼンタチバナ(1), スギカズラ(+), 蘚類(+)などが混じている。

F 層 0~3.0 cm 針葉樹落葉, 林床植物の遺体ががりん片状の細片になり堆積する中をゴンゲンスグの根系が網状に分布し, 膨軟である。

A₁層 0~1.5 cm 腐植と鈹質土壌と混合し, 黒紫色の団粒状構造を呈する膨軟な層からなる。クマイザサの地下茎やゴンゲンスグの根系の分布が見られる。

この堆積腐植は前者と同様に根網ムルとして分類した。

【36】 北見管林局丸瀬布管林署南湧別経営区 79 林班, 海拔高 720 m, N に面する緩傾斜地。

[34], [35] に近接し, 林相も同じような林地にして, 林床植物はクマイザサ(5)が優占種として林床にあらわれ, この下にゴンゲンスグ(+), マイズルソウ(+), 蘚類(+)などが認められた。

F 層 0~3.0 cm 針葉樹やクマイザサなどの落葉が細片になつて混合堆積し, とくに板状を呈することもある。

A₁層 0~3.0 cm 腐植と鈹質土壌が混合し, 黒紫色の団粒状構造を呈し, 多孔質にして, 膨軟である。クマイザサの地下茎は多くここに分布する。

この堆積腐植は粒状ムルとして分類した。

【37】 北見管林局丸瀬布管林署南湧別経営区 80 林班, 海拔高 720 m, NE に面する緩傾斜地。

アカエゾマツの大径木を主林木とし, トドマツの中径木が混在するやや疎開した林地で, それらの下にはオガラバナ(+)が認められた。

林床植物にはシラネワラビ(5)が優占種としてあらわれ, これにゴンゲンスグ(1), ゴゼンタチバナ(1), ミツバオウレン(1), 蘚類(1), マイズルソウ(+), コミヤマカタバミ(+), ズダヤクシュ(+)などが認められた。

F 層 — 暗茶褐色を呈するシラネワラビの遺体や針葉樹落葉が細片になり, 薄く地表面に堆積している。

A₁層 0~3.0 cm 黒紫色を呈し, 腐植と鈹質土壌とが混合し, 団粒状構造を有する。これは指頭で圧すれば, 暗黒褐色の糊状のものを指頭に残し, 容易に構造を失う。

この堆積腐植は粒状ムルとして分類した。

【38】 北見営林局丸瀬布営林署南湧別経営区92林班，海拔高 720 m，SW に面する約 25° の傾斜地。
アカエゾマツの大径木を主とし，これにトドマツの小・中径木を混ざる中庸の疎開をなす林地。

シロバナシヤクナゲ(5)が灌木として林床をおおい，地表にはゴゼンタチバナ(2)，ツルシキミ(2)，アキシバ(2)，藓類(+)，ヒカゲノカズラ(+)のほかに，高さ平均 60 cm のクマイザサ(+)がきわめてわずかに見られた。

F₁層 0~1.0 cm シロバナシヤクナゲ，針葉樹などの落葉が暗茶褐色の細片になつて堆積し，粗雑な有機物層を形成する。

F₂層 1.0~8.0 cm F₁層よりもさらに暗色を呈する黒褐色の粉状の有機物からなる。植物組織を肉眼で認めることは困難なほどの粉末からなり，膨軟である。林床植物の根系は多くこの層に分布する。鈹質土壌とは明らかに区別される。

鈹質土壌表層は 10 cm の火山灰層よりなり，淡黒褐色を呈し，膨軟である。この下は淡黒紫色を呈し，漸次茶褐色ないし赤褐色となる。角礫を含み，砂分に富む。

この堆積腐植は細屑状モルとして分類した。

【39】 北見営林局丸瀬布営林署南湧別経営区92林班，海拔高 720 m，SW に面する緩傾斜地。

アカエゾマツの大径木を主とし，トドマツの小・中径木が散在する，やや疎開した林地で，灌木としてシロバナシヤクナゲ(+)，オガラバナ(+)などが散在する。

林床には高さ平均 1.5 m のクマイザサ(5)が全面をおおい，地表にはゴンゲンスグ(1)，ツルシキミ(+)，ゴゼンタチバナ(+)などが認められた。

F 層 0~2.3 cm 針葉樹，林床植物の落葉などが細片になつて軟らかく堆積する。

A₁層 0~3.5 cm 腐植と鈹質土壌とが混合し，膨軟にして黒紫色ないし暗黒褐色を呈する団粒状構造を形成する。クマイザサの地下茎などは多くこの層に分布する。

この堆積腐植は粒状ムルとして分類した。

【40】 北見営林局丸瀬布営林署南湧別経営区82林班，海拔高 820 m，SW に面する緩傾斜地。

アカエゾマツの大径木が主林木として存在する下にトドマツの小径木が群生し，とくに密集するところは小径木（平均樹高 3 m，平均胸高直径 4 cm）が 1 m² あたり平均 13 本の割合で群生し，〔25〕に似た林相を呈している。

林床にはゴンゲンスグ(1)，ヤマイチヤクソウ(1)，ゴゼンタチバナ(+)などが認められた。

F₁層 0~2.0 cm トドマツの落葉がほとんど原形のまま菌糸によつて固く縫合され，板状を呈する。

F₂層 2.0~7.0 cm F₁層と同様に針葉樹落葉がやや原形を失い，細片になつたものが固く菌糸により縫合され，F₁層に比べて暗色の灰褐色を呈する。鈹質土壌表面から容易に分離できる。

鈹質土壌表層は火山灰からなり，腐植により黒褐色を呈し，団粒状構造を示し，やや膨軟である。

この堆積腐植は〔30-1〕の鈹質土壌とはやや趣をことにする鈹質土壌の上に存在し，〔25〕のそれと同様の状態を示すが，F 層は〔30-1〕などと同じソフトテックスを思わしむる形態をとり，これをテックス状モルとして分類した。

【41】 北見営林局丸瀬布営林署南湧別経営区82林班，海拔高 840 m，W に面する緩傾斜地。

アカエゾマツの大径木が散在するはなはだしく林冠が疎開した林地である。

ゴゼンタチバナ(5)が優占種として林床を占め、これにゴンゲンスグ(3)、ヒカゲノカズラ(2)、ジンヨウイチヤクソウ(+), ホソバトウゲシバ(+), マイズルソウ(+)などが認められた。

F層 0~4.5 cm アカエゾマツ, ゴンゲンスグなどの落葉細屑物がゴンゲンスグなどの林床植物の根系により縫合され, あたかも根網ムルのF層のような外観を呈し, 膨軟である。

H層 4.5~10.5 cm 粘着性を有し, 黒紫色を呈する。この層にも多量の根系が分布し, F層ほどではないが膨軟である。植物組織の全く認められない無定形有機物からなる。

A₁層 0~3.0 cm 黒褐色を呈し, 軽鬆な火山灰よりなる。漸次暗色は下層に減少する。H層との区分はやや困難である。

この堆積腐植は糊状モダ―として分類した。

【42】北見管林局丸瀬布管林署南湧別経営区 82 林班, 海拔高 700 m, Wに面する緩傾斜地。

エゾマツならびにアカエゾマツの大径木が散在し, これにトドマツの大径木が混交し, その下にシウリザクラ, カツラ, ヤマモミジ, コシアブラ, シナノキなどが混交する中庸の疎開をなす林地である。

林床植物として高さ平均 1.4 m のクマイザサ(5)が林床をおおい, これの下にわずかにゴンゲンスグ(1), ゴゼンタチバナ(+)などが認められた。

F層 0~3.0 cm 広葉樹, クマイザサなどの落葉がりん片状の細片となり, これに針葉樹落葉の細片が混ざる灰褐色の粗雑な層からなる。

A₁層 0~3.0 cm 鉍質土壌と腐植が混合し, 黒紫色の団粒状構造を呈する膨軟な層よりなり, クマイザサの地下茎は多くここに分布する。

この堆積腐植は粒状ムルとして分類した。

【43】北見管林局丸瀬布管林署南湧別経営区 82 林班, 海拔高 800 m, Wに面する緩傾斜地。

トドマツの小・中径木が散在する林冠の疎開した林地で, 灌木としてシロバナシヤクナグ(+)が散在し, 地表にはシラネワラビ(5), ゴンゲンスグ(3), マイズルソウ(+), ゴゼンタチバナ(+), コキンバイ(+), コミヤマカタバミ(+), ヤマイチヤクソウ(+), ホソバトウゲシバ(+), 蘚類(+)などが認められた。

F層 0~3.0 cm 褐色を呈し, 植物組織がはまだ肉眼的に認められる細屑物よりなり, これにシラネワラビなどの林床植物の根系が網状に分布し, 膨軟な層を形成している。

H層 3.0~6.0 cm 黒褐色を呈し, 湿潤にして, 植物組織を認め得ない糊状の粘着性のある有機物よりなり, 指頭で圧すれば指頭を黒褐色に汚染する。この層はしだいに黒紫色を呈する鉍質土壌表層に移行する。

鉍質土壌は大型の岩礫表面をおおう火山灰よりなり, A₁層は3 cmに達し, A₂層は淡黒褐色を呈し, しだいに岩礫間げきに入る。

この堆積腐植は糊状モダ―として分類した。

【44】北見管林局丸瀬布管林署南湧別経営区 84 林班, 海拔高 860 m, NEに面する約30°の傾斜地。

アカエゾマツの大径木を主林木とし, これにトドマツの小・中径木が点在する疎林である。

林床植物としてゴンゲンスグ(5)が優占種として地表をおおい, これにゴゼンタチバナ(2), コミヤマカタバミ(1), マイズルソウ(1), ジンヨウイチヤクソウ(+), ホソバトウゲシバ(+), 蘚類(+)などが認められた。

F層 0~2.5 cm ゴンゲンスゲ、針葉樹の落葉細片がゴンゲンスゲその他の林床植物根によつて縫合され、膨軟な層を形成する。

H層 2.5~7.0 cm 黒褐色を呈し、粘着性に富み、植物組織は肉眼では認められない有機物からなり、これに鈹質物が混合する。やや膨軟な層からなり、ゴンゲンスゲの根系はF層ほどではないが、この層にも多く分布している。

この層の下に横たわる鈹質土壌は淡黒褐色を呈し、やや緊密にして堅硬である。H層とこの層との区分は明りようである。

この堆積腐植は毛布状モルとして分類した。

【45】 札幌管林局苫小牧管林署支笏経営区 38 林班、海拔高 280 m、平坦地。

エゾマツの中径木が散在し、これにトドマツの小径木が多数存在する中庸の疎開を示す林地で、多数の枯損したトドマツの小径木が認められた。

地表には蘚類(5)が優占し、これにヤマツツジ(+), オオウメガサソウ(+), シンヨウイチヤクソウ(+), ウスノキ(+), などの *Ericaceae* や *Pirolaceae* に属する植物が認められた。

F₁層 0~4.0 cm 蘚類などの枯死物が淡茶褐色の短繊維状となつて堆積する中をこれらの林床植物の根系が網状に分布し、多孔質にして、海綿状を呈する。

F₂層 4.0~10.0 cm F₁層に比して暗色を帯びた茶褐色の脆弱な植物微細片からなり、なお植物組織を肉眼で容易に認めることができる。F₁層に比してややち密であるが、多孔質で膨軟、海綿状を呈する。

鈹質土壌は多量の火山礫を含む淡黒褐色の火山灰からなり、輕鬆である。

F層は多孔質で膨軟、あたかも海綿のような外観を呈し、F₂層の下部と鈹質土壌表面とは明りように一線を劃している。

この堆積腐植は海綿状モルとして分類した。

【46】 札幌管林局苫小牧管林署支笏経営区 38 林班、海拔高 280 m、平坦地。

エゾマツの中径木が多数存在する下に、トドマツの小径木が散在するやや密な樹冠を有する林地である。

林床植物として高さ平均 2 m のオオバスノキ(5)が密生して灌木階を形成し、本地域全般に比較的多く分布する蘚類は認められず、地表にはヤマイチヤクソウ(+), シンヨウイチヤクソウ(+), ヒカゲノカズラ(+), などがきわめてわずかに認められた。

F₁層 0~3.0 cm 植物遺体の細屑物からなり、暗茶褐色を呈する多孔質、膨軟な有機物層にして、植物根系が多く分布する。

F₂層 3.0~10.0 cm 黒褐色を呈し、ほとんど繊維状の粉末に近い脆弱な有機物よりなり、F₁層と同様に膨軟、海綿状を呈し、多くの植物根が分布する。

鈹質土壌は多量の火山礫を含む淡黒褐色の輕鬆な火山灰よりなる。F₂層とは明確に区別される。

この堆積腐植もまた海綿状モルとして分類した。

第2項 堆積腐植各形態の厚さ

以上本道の針葉樹林における各種の堆積腐植の外観について、ほぼ代表的であろうと思われるものを述べてきたが、各地の堆積腐植が必ず以上に述べたような特徴をそなえたもののみが存在するとは限らな

第1表 調査地における堆積腐植各層位の厚さ
 Thickness of the several layers in the forest humus layers
 at the sample plots

Plot No.	Type of forest humus layer	F			H	A ₁	Total thickness
		F ₁	F ₂	Total			
[1]	粒 状 ム ル			2.5 <i>cm</i>		3.0 <i>cm</i>	5.5 <i>cm</i>
[2]	"			2.5		1.5	4.0
[3]	細 屑 状 モ ル	9.3	1.7	11.0			11.0
[4]	"	8.0	1.0	9.0			9.0
[5]	粒 状 ム ル			—		5.0	5.0
[6]	毛 布 状 モ ル			4.0	5.0		9.0
[7]	粒 状 ム ル			1.0		2.0	3.0
[8]	細 屑 状 モ ル	2.5	11.5	14.0			14.0
[9]	粉 状 モ ダ ー			3.5	6.5		10.0
[10]	粒 状 モ ダ ー			2.0	2.5		4.5
[11]	"			2.0	3.0		5.0
[12]	"			1.0	2.0		3.0
[13]	盤 状 ム ル			1.0			1.0
[14]	細 屑 状 モ ル	5.0	1.0	6.0			6.0
[15]	粒 状 モ ダ ー			2.0	2.0		4.0
[16]	粉 状 モ ダ ー			—	2.7		2.7
[17]	盤 状 ム ル			1.0			1.0
[18]	"			1.0			1.0
[19]	毛 布 状 モ ル			2.0	2.5		4.5
[20]	"			1.5	3.5		5.0
[21]	根 網 ム ル			3.0		6.0	9.0
[22]	"			5.5		2.0	7.5
[23]	糊 状 モ ダ ー			2.0	4.5		6.5
[24]	海 綿 状 モ ル	4.0	7.0	11.0	0.5		11.5
[25]	テツクス 状 モ ル	3.0	3.0	6.0			6.0
[26]	粒 状 モ ダ ー			4.0	2.0		6.0
[27]	毛 布 状 モ ル			2.0	3.0		5.0
[28]	テツクス 状 モ ル	5.0	2.0	7.0			7.0
[29]	海 綿 状 モ ル	5.0	2.4	7.4			7.4
[30-1]	テツクス 状 モ ル	4.0	8.0	12.0			12.0
[30-2]	細 屑 状 モ ル	6.0	3.0	9.0			9.0
[31-1]	"	7.0	4.0	11.0			11.0
[31-2]	"	5.0	2.0	7.0			7.0
[32]	糊 状 モ ダ ー			3.0	2.5		5.5
[33]	海 綿 状 モ ル	8.4	1.7	10.1			10.1
[34]	根 網 ム ル			5.5		1.5	7.0
[35]	"			3.0		1.5	4.5
[36]	粒 状 ム ル			3.0		3.0	6.0
[37]	"			—		3.0	3.0
[38]	細 屑 状 モ ル	1.0	7.0	8.0			8.0
[39]	粒 状 ム ル			2.3		3.5	5.8
[40]	テツクス 状 モ ル	2.0	5.0	7.0			7.0
[41]	糊 状 モ ダ ー			4.5	6.0		10.5
[42]	粒 状 ム ル			3.0		3.0	6.0
[43]	糊 状 モ ダ ー			3.0	3.0		6.0
[44]	毛 布 状 モ ル			2.5	4.5		7.0
[45]	海 綿 状 モ ル	4.0	6.0	10.0			10.0
[46]	"	3.0	7.0	10.0			10.0

い。しかしそれらの有する特徴を検討すれば、そのいずれかに分類することができるように考えられる。

以上の調査において測定した各種の堆積腐植の厚さを通覧すると、各形態のものにおいて一定の傾向が見い出される。すなわち、落葉をはじめ植物遺体が速やかに分解すれば、秋季落葉前には鉍質土壤表面は裸出するとともに、もしこれらの植物遺体の変質作用が全く行われないとすれば、これらの堆積物は年とともに漸次堆積量を増加し、その厚さもますます増加の一途をたどることになる。この両極端の中間的なものが自然界では考えられ、諸種の有機物堆積形態が出現し、その厚さも変化に富んでいるのである。TAMM¹⁸⁰⁾ および ROMELL⁹⁵⁾ ら、その他の学者は各種の堆積腐植を有する土壤において、堆積腐植ならびにその下にある全土中に含まれる有機物含量の総和には大差がないと述べているが、その有機物含量の分布はことなり、鉍質土壤表面に横たわる有機物の堆積量は、各種の形態の堆積腐植によつてことなるようである。

いま前述の各地点において調査した堆積腐植の各層位の厚さを見ると、第1表のとおりである。その平均値を求めれば次表の結果を得た。

第2表 調査地の堆積腐植各層位の厚さ

Thickness of the several layers in the forest humus layers at the sample plots

Type of forest humus layer	F-layer (cm)						H-layer (cm)		A ₁ -layer (cm)		Total (cm)	
	F ₁ -layer		F ₂ -layer		Total		Range	Average	Range	Average	Range	Average
	Range	Average	Range	Average	Range	Average						
Crumb mull					0.0~3.0	1.8			1.5~5.0	3.0	3.0~6.0	4.8
Firm mull						1.0					1.0	1.0
Root mull					3.0~5.5	4.3			1.5~6.0	2.8	4.5~9.0	7.1
Average						2.3			1.9		1.0~9.0	4.3
Grain moder					1.0~4.0	2.2	2.0~3.0	2.2			3.0~6.0	4.4
Pasty moder					2.0~4.5	3.1	2.5~6.0	4.0			5.5~10.5	7.0
Powdery moder					0.0~3.5	1.8	2.7~6.5	4.6			2.7~10.5	6.4
Average						2.2		3.4			2.7~10.5	5.9
Matted mor					1.5~4.0	2.3	2.5~5.0	3.7			4.5~9.0	6.0
Detritus mor	1.0~9.3	5.5	1.0~11.5	3.9	6.0~14.0	9.4					6.0~14.0	9.4
Spongy mor	3.0~8.4	4.9	1.7~7.0	4.8	7.4~11.0	9.8					7.4~11.0	9.8
Tex mor	2.0~5.0	3.5	2.0~8.0	4.5	6.0~12.0	8.0					6.0~12.0	8.0
Average		4.5		4.6		7.4					4.5~14.0	8.3

以上の調査資料について見ると、ムルに属するものは薄いF層の下にA₁層を有し、盤状ムルにおいては、このA₁層を層状としては欠いており、調査例によれば他の堆積腐植形態に比べて薄い。

モダーについて見ると、粉状モダーはわずかに2点にすぎないが、各形態について比較すれば、粒状モダーのF層は平均2.2cmを示し、糊状モダーのそれは平均3.1cmを示し、モダーのうち最も厚いF層を有し、粉状モダーのF層は平均値において最も薄く、粒状ムルのそれに等しい。粒状ムルのF層は測定不可能なほど薄いものから3cmに達しているが、粉状モダーもはなはだしく薄いものと、3.5cmに達す

るF層を有するものと認められ、平均においては粒状モルのそれに近い傾向を示している。

H層は粒状モダー最も薄く、これについて糊状モダー薄く、粉状モダーはF層とはその平均値においてことなり、他のモダーよりも厚いH層を示している。F層とH層の和の平均値は粒状モダー、粉状モダーならびに糊状モダーの順に増大する傾向を示している。

モルについてみると、毛布状モルのみがH層を有し、他のモルは本調査においてH層に似たものを具備するのは〔24〕以外なかつた。この毛布状モルのF層は1.5~4.0 cmの厚さを示し、それらの平均値は2.3 cmを示し、根網モルのそれに比すれば薄い、他のモルならびに糊状モダー以外のモダーのF層よりも平均値においてやや高い値を示している。H層は2.5~5.0 cmを示し、それらの平均値は3.7 cmに達し、F層よりもやや厚い傾向を示している。

この形態の堆積腐植は林床植物からすれば、大きく2分することができ、〔19〕ならびに〔20〕調査地のように、優占種として存在する林床植物を欠くものと、ゴンゲンスグまたはオクヤマシダなどが優占種として出現しているものなどが認められる。〔19〕ならびに〔20〕調査地のように特別の成因によるものF層は約2 cm、H層は約3 cmにすぎないが、後者の場合にはF層は2~4 cm、平均3 cm、H層は3~5 cm、平均4 cmに達し、後者の場合が両層ともに厚い傾向を示している。ゴンゲンスグならびにオクヤマシダなどが優占種として多く出現する根網モルにおいて、それらのF層は平均4.3 cmに達すること、また粒状モダーにおいてゴンゲンスグが優占するものF層は4 cmに達しており、この種の林床植物が優占種として出現する地点の堆積腐植は同一の基本型において、他の林床植物が優占種として出現する場合のものに比して、一般に厚いF層を具備するもののように考えられる。しかしてこの種の林床植物の根系は多くはF層に走り、むしろこれらの根系によつてF層を形成するがごとき観すら与えられるところで、かかる堆積腐植のF層が比較的厚いことは植物遺体の集積よりも、むしろかかるところにその原因があるであろうと考えられる。

細屑状モルはF層のみからなり、そのうち、植物遺体の破碎程度、色彩などの外観からF₁層ならびにF₂層に区別することができた。

F₁層は1.0~9.3 cmを示し、その間に大きな隔りが認められ、F₂層もまた1.0~11.5 cmの範囲に調査例は示し、F₁層と同様の結果を示している。F₁層ならびにF₂層の合計は6.0~14.0 cmを示し、これもまた広い範囲を示すが、F₁層の厚いものは比較的F₂層は薄く、F₁層の薄いものはF₂層が厚い傾向を示している。

海綿状モルも細屑状モルと同様にほとんどF層のみからなり、かつF₁層ならびにF₂層からなる。調査例においてF₁層は3.0~8.4 cmを示し、細屑状モルの場合ほど大きな隔りはないが、なお大きな広がり示している。F₂層は1.7~7.0 cmを示し、F₁層と同様に大きい広がり示していることが知られる。両者の合計は7.4~11.1 cm、平均9.8 cmを示し、細屑状モルの値よりもやや高い結果を示している。しかしてこの形態のものにおいて、F₁層が厚いものはF₂層薄く、F₁層の薄い場合にはF₂層は厚い傾向を細屑状モルよりもさらに明らかに示している。

テックス状モルも前二者のモルと同様にF層のみからなり、その変質過程もその外観からみる場合はなほだしく遅れているごとく、F₁層ならびにF₂層間の差は他のモルに比してはなほだしくない。F₁層は2.0~5.0 cmを、F₂層は2.0~8.0 cmを示し、その平均値はおのおの3.5 cmおよび4.5 cmを示している。F層の平均値は8.0 cmを示して、毛布状モル以外のモルよりも平均値においては少ない結

果を認めることができた。

これらの調査例の結果から、毛布状モルのF層は前にも述べたように、その林床状態によつて趣をことにするが、平均2.3cmを、細屑状モルのF₁層は平均5.5cm、海綿状モルのそれは平均4.9cm、テツクス状モルは平均3.5cmを示して、細屑状モルのF₁層の平均値最も高く、これについて海綿状モル、テツクス状モルの順に低い結果を示している。F₂層について見ると、細屑状モルの平均値は3.9cm、海綿状モルのそれは4.8cm、テツクス状モルのそれは4.5cmをそれぞれ示し、平均値においてF₁層とことなり、海綿状モル最も高く、細屑状モル最も低い結果を示している。

毛布状モルのH層を、これらのF₂層と比較すれば、平均値3.7cmを示し、細屑状モルのF₂層に等しく、〔19〕ならびに〔20〕調査地を除いたものの平均値は4.1cmとなり、やや高い結果を示している。

以上現地堆積腐植につき、各形態ごとにその厚さの合計の平均値を見ると、ムルの場合A₁層を含めて比較すれば、根網ムル、粒状ムルならびに盤状ムルの順に低く、モダーにおいては糊状モダー最も高く、粒状モダー最も低い値を示している。つぎに粉状モダーは2地点について測定されたのみであるが、1地点では、はなはだしく厚く、他の1地点では粒状モダーにも劣る結果を示した。モルのうち、海綿状モルは最も高く、細屑状モルはややこれに劣り、テツクス状モルはさらにこれよりも低く、毛布状モルは最も低い値を示している。

各形態のものを通覧すれば、盤状ムル最も薄く、これについて粒状モダー、粒状ムルほとんど相等しく、毛布状モル、糊状モダーの順に平均値は高く、根網ムルはさらにその値は高い。モルについてはムル、モダーに比してはなはだしくその厚さを増し、毛布状モル、細屑状モルの順に増大し、各形態のうち、海綿状モルは最も高い平均値を示している。ムルのうち、根網ムルが比較的高い平均値を示すことは、そのF層本来の有機物堆積に原因するというよりも、それに優占する林床植物の根系の分布状態に原因すると考察される。また粒状ムルと粒状モダーとは植生的には類似状態にありながら、形態をことにするは有機物の変質過程の相違に由来する外観上の差によるものであらうと推測される。

これらの結果をさらに各基本型につき、平均値を求めれば、ムル最も薄く、モダー、モルの順にそれぞれ厚さを増加する傾向を示している。

第5節 堆積腐植の形態と植生群

第1項 諸外国における堆積腐植の形態と植生に関する関係

堆積腐植はその林地の植物から供給される植物遺体の堆積に由来し、その形態はそれを構成する植物遺体の変質過程と大きな関係があらう。林木は多量の落葉、落枝などを地上に供給するが、これとともに林床植物も相当量の有機物を供給するとされており⁴⁶⁾¹⁵⁰⁾、林木のみならず、林床に優占する林床植物もまた堆積腐植の性状に大きな役割を演ずるであらう。また林床植物が多くの根系を地表近くに分布し、堆積腐植の形態に諸種の影響をもたらすことは容易に想像される。さきに述べたように根網ムルや毛布状モルの一部はゴンゲンスグの根系によりその外観が特徴付けられている。LUNDEGÅRDH⁶⁴⁾は根系に綿毛(Filz)を多く有する藓類や *Calluna vulgaris* および *Vaccinium myrtillus* のように豊富な分岐と綿毛状根系を有する植物は厚く、かつ不透性の堆積腐植を形成し、これらの植物が多く存在するときは、根系は鉞質土壌に全く侵入しないことを認め、さらに優占種に応じて粗腐植は種々の外観と構成状態をとるとし、

さらに *Vaccinium myrtillus* は粗腐植の構成者としてあげられるが、これによつて作られた堆積腐植は主として膨軟で、まれに乾燥泥炭を作り、またほふく性植物は粗腐植を膨軟にし、粗腐植と溶脱層間の境に完全な網を作り、*Calluna vulgaris* は暗黒色の脂肪状で、不透水性の腐植を形成し、これはその性質において他の多くの植物に由来するものとはことなると述べ、著者がゴンゲンスゲやシダ類について観察したと同様に、優占する植物の根系の状態が堆積腐植の形態や性状に影響することを認めている。

さらに諸種の環境条件の組合せの適当地域においてこれに対応する植物は優勢な繁栄をつづける。そしてこの優勢な植物はその生活様式、繁茂の状態により、さらに林床上に諸種の影響をもたらすであろう。

林木が林地内の気象に種々の影響を与えると同様に、林床植物が地表に近く分布することは接地気象 (Climate near the ground)²¹⁾ に対しその地下部分とともに大きな役割をすることが考えられる³⁷⁾⁷²⁾。とくに藓類のようなものはその形態のいかんによつてはそれ自身が直接地表上ならびに土壤の物理的条件に影響をもたらすことが早くから述べられているし³⁷⁾、すでに HARTMANN²⁹⁾ も森林植物の生物学的影響は土壤気象ならびに腐植に大きな役割をずるとしている。

かく林木や林床植物の供給する遺体の性質や生活様式、形態、さらにこれらによつて引き起される環境の差が堆積腐植の形態の上に諸種の影響をおよぼす反面、堆積腐植の性状やその形態はこれらの条件に対応しうる植物の発達をうながすであろう。LUNDEGÅRDH は代表的な粗腐植を生成する条件は Eutrophen の繁栄に思わしからざる性質を土壤に与え、塩基に乏しい粗腐植では要求量の高い植物は衰退し、Oligotrophen の植物を発見するとしている。かくして RAMANN⁸²⁾ がいうように土壤と植生との間には相互的關係が存在し、共榮的關係の上にあると考えられる。

ROMELL⁸⁶⁾ らは *Corydallis*, *Mercurialis*, *Anemone*, *Arum*, *Dicentra*, *Dentaria*, *Hydrophyllum*, *Claytonia* などのような Spring-flora が Crumb mull に特有な要素として含まれており、Twin mull にいたればその数は減少するとし、また Root duff として分類される堆積腐植ではそこにあらわれる植物がこの堆積腐植を Duff に包括せしむる助けとなり、Fibrous duff における代表的な植物として *Hyocoonia*, または *Hyococooia*, または両者をあげている。

OELKERS⁷⁴⁾ はドイツ北西部における ERDMANN の提案に賛同し、ムル土壤には Waldmeister, *Illecebrum verticillatum* を、また中間型には Sauerklee, *Melica uniflora*, *Milium effusum* を認め、藓類を欠くとし、また Moder では Himbeere, Brombeere, *Stellaria nemorum*, *Anemone*, *Mercurialis*, *Lonicera Majanthemum befolium*, *Pteris* および *Osmunda* を除くシダ類および Astmoose を認め、中間的なものには *Galium saxatile*, *Majanthemum befolium*, *Pteris aquilina*, *Osmunda regalis*, *Trientalis europaea*, *Dicranum*, *Polytrichum* などを認めるとし、Trockentorf では Heidelbeere, *Aira flexuosa*, *Leucobrium*, *Melampyrum pratense*, *Sphagnum* などを認めることにしている。

TAMM¹²³⁾ は *Oxalis-Majanthemum* 型には粗腐植は認められず、むしろしばしばムル型のものに出現し、明らかな粗腐植は *Myrtillus*-型に生じ、*Vaccinium*-型は薄く、あきらかに乾燥した堆積腐植を示すとしている。しかして NORRLAND においてはしばしば *Oxalis*-型と *Myrtillus*-型の中間型が生じ、ここでは粗腐植は Heidelbeere の量によつてあきらかになると述べている。

WILDE¹⁴⁷⁾ は Earth mull の代表的林床植物として *Adiantum*, *Anemone*, *Dicentra*, *Hydrophyllum*, *Mercurialis*, *Sanicula* および *Thalictrum* のような mesophytic および nitrophilous

なものをあげ、Duff mull では Mull に生ずる植物および *Majanthemum*, *Smilacina*, *Streptopus*, *Allium*, *Trillium*, *Polygonatum*, *Uvularia* などの灰白土化土壤に普通の林床植物が見い出され、粗腐植には *Vaccinium*, *Lycopodium*, *Majanthemum*, *Cornus canadensis*, *Linnaea*, *Clintonia*, *Oxalis Acetosella* のような林床植物が見い出されるとしている。

各地方の植生と堆積腐植の形態間にはある関係が存在することが知られるが、ただ同一種類のものもある地域ではムルに、またある地域ではモダーまたはモルにあげられている。ただ *Vaccinium* に属する植物はいずれの地域でもモルまたは粗腐植と関係があるように見受けられる。すなわち、同一植物も地域によつて別の形態の堆積腐植に出現することが知られ、LUTZ および CHANDLER⁶⁶⁾ も指示植物は地方的に堆積腐植の形態を暗示すると述べている。

以上のように普遍的ではないにしても、地方的には優占する林床植物と堆積腐植の形態との間には何らかの関連性があることを想起せしめる。

本道の森林について見ると、前述の調査例からも明らかなように、東洋以外には見られないササ類が広範な地域にわたつて分布し、本道の森林植生の上に重要な位置を占めており、これに伴い林床上にも大きな役割をしていることが想像される。しかしてこのことはササ類のもつ諸性質が他の林床植物に影響するとともに当然堆積腐植の性状にも種々の影響をもたらすであろう。ROMELL および HEIBERG⁶⁹⁾ は Root duff は広葉樹に、Leaf duff も広葉樹および針広混交林に発達するとし、BORNEBUSCH および HEIBERG⁶⁹⁾ は Medium mull は老令の広葉樹林下に発達し、ときに Coarse mull のうちに見い出され、Twin will も広葉樹林下に発達し、Greasy mor はアメリカ合衆国北東部の酸性土壤に見られるツガおよびトウヒ林に明らかに分布し、またマツならびにマツツガ林下においても出現するとし、Mor の大部分は針葉樹林下に、Mull は一般に広葉樹林に分布すると述べている。WILDE¹⁴⁷⁾ によれば、同氏の Earth mull は主として広葉樹林下に発達し、Duff mull は灰白土化土壤が分布する地域の針広混交林下に分布し、Prairie のカシワーヒツコリー林下に普通出現し、Duff は北部針葉樹の密林の灰白土に出現し、またときに灰白土化の初期にある土壤にも見い出されると述べている。OVINGTON⁷⁸⁾ は Mor-humus は針葉樹林に、Mull は広葉樹林下に形成されたと述べている。これら諸外国の学者の研究結果を見ると、ムルまたはモダーに属する堆積腐植は広葉樹林、または針広混交林に、モルに属するものは針葉樹林下に発達するようである。しかるに本道の針葉樹林の多くには種々のムルやモダーが出現しており、しかもこれらの多くにはササ類が優占しており、これらの点から本道の針葉樹林の堆積腐植に対するササ類の影響を見のがすことはできないと同時に、ササ類の分布が広範であるだけに他の環境因子との組合せによる堆積腐植の形態との関係も考えられる。

その他樹種、林床植物や環境条件を他とことにする本道としてはこれらの植物の性状やそれらの群落型を解析するとともに、これらの分布と関係する環境を考慮に入れ、堆積腐植との相関性を独自の立場から究明する必要があるであろう。

第2項 本道における堆積腐植の形態と針葉樹の植生基群叢

館脇¹²⁸⁾ は本道のトドマツ—エゾマツ林について群落実態を基礎とし、植生基群叢を基準として次のように分けている。

- 1) トドマツ—エゾマツ—ササ型
 - i) トドマツ—ササ基群叢

(ササにはクマイザサ, オクヤマザサ, ミヤコザサ類, エゾスズダケを含む)

- 2) トドマツ—エゾマツ—藓類型
 - ii) トドマツ—エゾマツ—藓類基群叢
- 3) トドマツ—エゾマツ—シダ型
 - iii) トドマツ—シラネワラビ基群叢
 - iv) トドマツ—エゾマツ—オクヤマシダ基群叢
- 4) トドマツ—エゾマツ—ゴンゲンスゲ型
 - v) トドマツ—エゾマツ—ゴンゲンスゲ基群叢
- 5) トドマツ—灌木型
 - vi) トドマツ—エゾイヌガヤ—エゾユズリハ基群叢
 - vii) トドマツ—エゾマツ—オオカメノキ基群叢
 - viii) トドマツ—エゾマツ—エゾシヤクナゲ基群叢
 - ix) トドマツ—クロウスゴ—オオバスノキ基群叢

すなわち本道のこれらの林地の林型として5種類, 基群叢型として9種類のものがあげられている。このうちトドマツ—エゾマツ—オクヤマシダ基群叢およびトドマツ—クロウスゴ—オオバスノキ基群叢はカラフトに多いと述べている。またトドマツ—エゾマツ—藓類型の移行状態をとるものとして, 全く林床植物を欠くものと述べている。本道における針葉樹の代表的安定林としてトドマツ—エゾマツ—ササ基群叢, またはエゾマツ—トドマツ—ササ基群叢が認められ, これらの林型に属するものが本道森林の大部分を占め, 他の林型は一般に小地域を占むるにすぎないとしている。

さらに同氏¹⁸¹⁾は本道のアカエゾマツ林の林型を次ぎの8種類に分類した。

- 1) アカエゾマツ—ミズゴケ型
- 2) アカエゾマツ—ヤマドリゼンマイ型
- 3) アカエゾマツ—エゾイソツツジ型
- 4) アカエゾマツ—藓類型
- 5) アカエゾマツ—スゲ型
- 6) アカエゾマツ—コヨウラクツツジ型
- 7) アカエゾマツ—エゾシヤクナゲ型
- 8) アカエゾマツ—ササ型

これらのうち1)および2)は湿原型とし, 3)の一部は湿原周辺に, 4)もまた同様の地域にあると述べている。

また北見管林局遠軽管林署管内野上経営区における調査において⁸¹⁾, トドマツ—エゾマツ基群叢, エゾマツ純群叢およびアカエゾマツ純群叢, トドマツ—エゾマツ—藓類基群叢, トドマツ—エゾマツ—ゴンゲンスゲ基群叢, トドマツ—エゾマツ—シラネワラビ基群叢, トドマツ—エゾシヤクナゲ基群叢, トドマツ—ネマガリザサ基群叢, エゾマツ—藓類基群叢, エゾマツ—ゴンゲンスゲ基群叢, エゾマツ—ネマガリザサ基群叢, アカエゾマツ—藓類基群叢, アカエゾマツ—ゴンゲンスゲ基群叢, アカエゾマツ—ネマガリザサ基群叢およびアカエゾマツ—エゾムラサキツツジ—コヨウラクツツジ基群叢が数えられている。さらに知床半島の植生においてはエゾマツ—シラネワラビ基群叢, アカエゾマツ—アカミノイヌツグ基群叢など

を追加し¹³⁴⁾、層雲峡ではアカエゾマツ—オガラバナ—クロウソグ基群叢、アカエゾマツ—オガラバナ—シラネワラビ基群叢などを追記している¹²¹⁾。

これらの結果から本道の主要な針葉樹林を見ると、自然植生型から針葉樹林はササ型、ゴンゲンスゲ型、シラネワラビ型、藓類型および灌木型に分けられ、灌木型には多く *Ericaceae* に属する群落が出現する。

以上の各調査地を館脇の分類にしたがって各堆積腐植ごとに基群叢を整理すれば、第3表の結果を得た。

各針葉樹林の混交割合は林地の状況により種々の相違を示し、主林木として生立するものも、ときには付随して生立するにすぎない場合もみられるが、これを針葉樹として総括し、林床植物との結び付きにおいて各調査地の植生群落を見ると、同氏の本道の各針葉樹林において分類した基群叢内にほとんど含まれている。同氏¹²⁸⁾の灌木型中へあげられた針葉樹—エゾイヌガヤ—ユズリハ基群叢ならびに針葉樹—オオカメノキ基群叢は本調査地には認められなかつた。これは同基群叢の存在地点が本道の南部に遍しているためである。

各堆積腐植の形態とこの基群叢とについて見ると、粒状ムルはトドマツ—クマイザサ、トドマツ—〔アカエゾマツ〕—クマイザサ、トドマツ—〔アカエゾマツ〕—シラネワラビ、アカエゾマツ—トドマツ—クマイザサ基群叢とともに、エゾマツ—アカエゾマツ—クマイザサ、エゾマツ—〔アカエゾマツ〕—トドマツ—クマイザサ基群叢に認められ、多くトドマツ—クマイザサ基群叢、またはこれに近い基群叢において認められた。ただ以上のうちでトドマツ—〔アカエゾマツ〕—シラネワラビ基群叢は北見営林局丸瀬布営林署南湧別経営区中トドマツ—アカエゾマツ林の下にササが優占し、ゴンゲンスゲがこれに伴う群落にかこまれたところで、ササ型の中の一特殊地点と考えられるものである。盤状ムルも同様にトドマツ—クマイザサ基群叢が主体となり、トドマツにミズナラなどの混交する地点にも認められた。根網ムルにおいてはアカエゾマツ—〔エゾマツ〕—トドマツ—ゴンゲンスゲ基群叢、またはアカエゾマツが主体となり、これにトドマツまたはエゾマツが混交する基群叢に多く発達するようにみられ、前にも述べたようにゴンゲンスゲの根系の状態がとくにこの形態の堆積腐植を誘発するものであろう。

粒状モダ—は、一部粒状ムルの多く発達するトドマツ—クマイザサ基群叢に認められたが、このトドマツ林にはアカエゾマツが混生しているし、その他はほとんどアカエゾマツを主体とし、これにエゾマツを混交し、林床にオクヤマザサの優占する地点に見い出され、また根網ムルの場合と類似した基群叢においても認められた。糊状モダ—はアカエゾマツを主林木とし、これにエゾマツ、トドマツなどを混交し、林床にクマイザサが優占するところに多く見い出され、粒状モダ—の林床状態に近い基群叢を示している。ある場合にはアカエゾマツを主林木とする林床にゴゼンタチバナが優占する小地点ならびにトドマツを主林木とし、シラネワラビが優占する小地点に見られるが、これらの群落は広義にはゴンゲンスゲ型に包括される小面積に出現した群落と考察される。粉状モダ—はアカエゾマツの純林下にオガラバナが優占する岩隙地または糊状モダ—の一部と同様にトドマツ—シダ型のところに見い出された。

モルのうち毛布状モルはトドマツ林下に優占種としてあげられる林床植物を認め得ない林地に認められるが、この植生状態は前述のように植生群落推移の一階程的な現象として考えられる。その他はアカエゾマツ、またはエゾマツを主林木とし、これにトドマツを混交し、林床にゴンゲンスゲ、オシダ、ゴゼンタチバナなどの優占する基群叢に認められた。すなわち針葉樹—ゴンゲンスゲ基群叢、または館脇によれば

第3表-1 堆積腐植の形態と林型
Type of the forest humus layers and the forest types

調査地番 Plot No.	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	林型 Forest type
(1)	粒状ムル Crumb mull	トドマツ — クマイザサ <i>A. sachalinensis</i> — <i>S. paniculata</i>
(2)		トドマツ — クマイザサ <i>A. sachalinensis</i> — <i>S. paniculata</i>
(5)		エゾマツ — [アカエゾマツ] — トドマツ <i>P. jezoensis</i> — [<i>P. Glehnii</i>] — <i>A. sachalinensis</i> — クマイザサ — <i>S. paniculata</i>
(7)		アカエゾマツ — トドマツ — クマイザサ <i>P. Glehnii</i> — <i>A. sachalinensis</i> — <i>S. paniculata</i>
(36)		アカエゾマツ — エゾマツ — [トドマツ] <i>P. Glehnii</i> — <i>P. jezoensis</i> — [<i>A. sachalinensis</i>] — クマイザサ — <i>S. paniculata</i>
(37)		トドマツ — [アカエゾマツ] — シラネワラビ <i>A. sachalinensis</i> — [<i>A. Glehnii</i>] — <i>D. austriaca</i>
(39)		トドマツ — [アカエゾマツ] — クマイザサ <i>A. sachalinensis</i> — [<i>P. Glehnii</i>] — <i>S. paniculata</i>
(42)		エゾマツ — アカエゾマツ — トドマツ <i>P. jezoensis</i> — <i>P. Glehnii</i> — <i>A. sachalinensis</i> — クマイザサ — <i>S. paniculata</i>
(13)	盤状ムル Firm mull	トドマツ — クマイザサ <i>A. sachalinensis</i> — <i>S. paniculata</i>
(17)		トドマツ — ミズナラ — クマイザサ <i>A. sachalinensis</i> — <i>Q. crispula</i> — <i>S. paniculata</i>
(18)		トドマツ — クマイザサ <i>A. sachalinensis</i> — <i>S. paniculata</i>
(21)	根網ムル Root mull	アカエゾマツ — [エゾマツ] — トドマツ <i>P. Glehnii</i> — [<i>P. jezoensis</i>] — <i>A. sachalinensis</i> — ゴンゲンスゲ — <i>C. sachalinensis</i>
(22)		エゾマツ — トドマツ — オクヤマシダ <i>P. jezoensis</i> — <i>A. sachalinensis</i> — <i>D. amurensis</i>
(34)		アカエゾマツ — エゾマツ — トドマツ <i>P. Glehnii</i> — <i>P. jezoensis</i> — <i>A. sachalinensis</i> — ゴンゲンスゲ — [クマイザサ] — <i>C. sachalinensis</i> — [<i>S. paniculata</i>]
(35)		アカエゾマツ — エゾマツ — [トドマツ] <i>P. Glehnii</i> — <i>P. jezoensis</i> — [<i>A. sachalinensis</i>] — ゴンゲンスゲ — <i>C. sachalinensis</i>

第3表-2

調査地号 Plot No.	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	林 型 Forest type
[10]	粒状モダ— Grain moder	トドマツ — クマイザサ <i>A. sachalinensis</i> — <i>S. paniculata</i>
[11]		アカエゾマツ — エゾマツ — {トドマツ} <i>P. Glehnii</i> — <i>P. jezoensis</i> — [<i>A. sachalinensis</i>] — オクヤマザサ — <i>S. kurilensis</i>
[12]		エゾマツ — アカエゾマツ — {トドマツ} <i>P. jezoensis</i> — <i>P. Glehnii</i> — [<i>A. sachalinensis</i>] — クマイザサ — <i>S. paniculata</i>
[15]		アカエゾマツ — オクヤマザサ <i>P. Glehnii</i> — <i>S. kurilensis</i>
[26]		アカエゾマツ — エゾマツ — {トドマツ} <i>P. Glehnii</i> — <i>P. jezoensis</i> — [<i>A. sachalinensis</i>] — ゴンゲンスゲ — <i>C. sachalinensis</i>
[23]	糊状モダ— Pasty moder	アカエゾマツ — エゾマツ — {トドマツ} <i>P. Glehnii</i> — <i>P. jezoensis</i> — [<i>A. sachalinensis</i>] — クマイザサ — <i>S. paniculata</i>
[32]		アカエゾマツ — トドマツ — クマイザサ <i>P. Glehnii</i> — <i>A. sachalinensis</i> — <i>S. paniculata</i>
[41]		アカエゾマツ — ゴゼンタチバナ <i>P. Glehnii</i> — <i>C. canadense</i>
[43]		トドマツ — シラネワラビ <i>A. sachalinensis</i> — <i>D. austriaca</i>
[9]	粉状モダ— Powdery moder	アカエゾマツ — オガラバナ <i>P. Glehnii</i> — <i>A. ukurunduense</i>
[16]		トドマツ — シラネワラビ <i>A. sachalinensis</i> — <i>D. austriaca</i>
[6]	毛布状モル Matted mor	アカエゾマツ — {エゾマツ} — トドマツ <i>P. Glehnii</i> — [<i>P. jezoensis</i>] — <i>A. sachalinensis</i> — ゴンゲンスゲ — <i>C. sachalinensis</i>
[19]		トドマツ <i>A. sachalinensis</i>
[20]		トドマツ <i>A. sachalinensis</i>
[27]		エゾマツ — トドマツ — オクヤマシダ <i>P. jezoensis</i> — <i>A. sachalinensis</i> — <i>D. amurensis</i>
[44]		エゾマツ — {トドマツ} <i>P. jezoensis</i> — [<i>A. sachalinensis</i>] — ゴンゲンスゲ — <i>C. sachalinensis</i>

第3表-3

調査地番 Plot No.	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	林型 Forest type
[3]	細屑状モル Detritus mor	アカエゾマツ —〔トドマツ〕— 蘚類 <i>P. Glehnii</i> —〔 <i>A. sachalinensis</i> 〕— Moss
[4]		アカエゾマツ —〔トドマツ〕— 蘚類 <i>P. Glehnii</i> —〔 <i>A. sachalinensis</i> 〕— Moss
[8]		アカエゾマツ —〔トドマツ〕— 蘚類 <i>P. Glehnii</i> —〔 <i>A. sachalinensis</i> 〕— Moss
[14]		アカエゾマツ —〔トドマツ〕— シラネワラビ <i>P. Glehnii</i> —〔 <i>A. sachalinensis</i> 〕— <i>D. austriaca</i>
[30-2]		アカエゾマツ —トドマツ— 蘚類 <i>P. Glehnii</i> — <i>A. sachalinensis</i> — Moss
[31-1]		アカエゾマツ —〔トドマツ〕— シロバナシヤクナゲ <i>P. Glehnii</i> —〔 <i>A. sachalinensis</i> 〕— <i>R. Fauriae</i> var. <i>roseum</i>
[31-2]		アカエゾマツ —トドマツ— 蘚類 <i>P. Glehnii</i> —〔 <i>A. sachalinensis</i> 〕— Moss
[38]		アカエゾマツ —トドマツ— シロバナシヤクナゲ <i>P. Glehnii</i> —〔 <i>A. sachalinensis</i> 〕— <i>R. Fauriae</i> var. <i>roseum</i>
[24]	海綿状モル Spongy mor	アカエゾマツ —エゾマツ—〔トドマツ〕 <i>P. Glehnii</i> — <i>P. jezoensis</i> —〔 <i>A. sachalinensis</i> 〕 —蘚類 —Moss
[29]		アカエゾマツ — 蘚類 <i>P. Glehnii</i> — Moss
[33]		アカエゾマツ — 蘚類 <i>P. Glehnii</i> — Moss
[45]		エゾマツ —トドマツ— 蘚類 <i>P. jezoensis</i> — <i>A. sachalinensis</i> — Moss
[46]		エゾマツ —トドマツ— オオバスノキ <i>P. jezoensis</i> — <i>A. sachalinensis</i> — <i>V. smallii</i>
[25]	テツクス状モル Tex mor	アカエゾマツ —〔エゾマツ〕— (トドマツ) <i>P. Glehnii</i> —〔 <i>P. jezoensis</i> 〕— (<i>A. sachalinensis</i>)
[28]		アカエゾマツ — (トドマツ) <i>P. Glehnii</i> — (<i>A. sachalinensis</i>)
[30-1]		アカエゾマツ — (トドマツ) <i>P. Glehnii</i> — (<i>A. sachalinensis</i>)
[40]		アカエゾマツ — (トドマツ) <i>P. Glehnii</i> — (<i>A. sachalinensis</i>)

カラフトに多く分布するとされた針葉樹—オクヤマシダ基群叢などに本形態の堆積腐植の出現が認められた。これらの点からこの形態の堆積腐植は根網ムルに似た基群叢下に多く発達したものではないかと想像される。細屑状モルはアカエゾマツ—〔トドマツ〕—蘚類基群叢に最も多く、アカエゾマツ—〔トドマツ〕—シロバナシヤクナグ基群叢がこれにつき、岩礫地のアカエゾマツ—〔トドマツ〕—シラネワラビ基群叢にも見られた。この形態においては樹種は単純化し、アカエゾマツの純林またはそれに近い林相を呈し、モルと *Vaccinium* との関係が諸外国において認められているように、本形態においては蘚類のほか *Ericaceae* に属するシロバナシヤクナグの林床群落が出てきている。海綿状モルはアカエゾマツ—蘚類基群叢ならびにエゾマツ—トドマツ—蘚類基群叢に出現し、林相は細屑状モルに近い傾向を示している。テツクス状モルはアカエゾマツ—〔トドマツ〕—無植被基群叢に限られ、針葉樹—蘚類基群叢などからの移行状態にあるもので、かかる基群叢の与える気象的条件に由来するものであろう。

以上の結果から見ると、粒状ムルならびに盤状ムルは多くトドマツを主林木とする基群叢に発達し、根網ムルはアカエゾマツ、エゾマツを主林木とし、これにトドマツを含む林相に発達するように見受けられる。

粒状モダーもまた根網ムルと同様にアカエゾマツ、エゾマツを主林木とする林地に多く、糊状モダーも同様の傾向にあるようである。

毛布状モルはアカエゾマツにエゾマツが伴う場合、エゾマツにトドマツが伴う場合に認められる。そしてこれらは普通根網ムル、粒状モダーならびに糊状モダーと類似の林相下に発達するものではないかと考察される。細屑状モルならびに海綿状モルはアカエゾマツを主林木とし、これにトドマツが混交するか、アカエゾマツの純林にまで認められる。ただ支笏経営区において出現した海綿状モルはエゾマツ—トドマツ林に発達した。

館脇¹³⁰⁾ は同地方の植生は夏季の冷温と火山活動に起因する特殊のものとしてとりあげている。テツクス状モルはアカエゾマツ—〔トドマツ〕林に認められているが、館脇に従えば針葉樹—蘚類基群叢からの移行型に見られ、細屑状モルまたは海綿状モルとの関係が考えられ、これにトドマツの侵入がはなはだしく、この林相をもたらしたものと想像されるが必ずしもこの基群叢やこれに伴う堆積腐植の形態からのみ出発したとは考えられない地点も見い出された。この点については後に論究したい。

この結果から見ると、ムルに属する堆積腐植はトドマツ林に、根網ムル、粉状モダー以外の他のモダーならびに毛布状モルは各種の針葉樹林下に、毛布状モル以外のモルはアカエゾマツ林下に多く出現する。

館脇¹³¹⁾ の報告による本道のアカエゾマツ林の植生を見ると、湿原系を除き、ほとんどトドマツ—エゾマツ林と同様の基群叢を認めることができると同時に、これにアカエゾマツ—コヨウラクツツジ型、アカエゾマツ—エゾイソツツジ型のごとく *Ericaceae* に属する灌木を伴う群落のあることが知られ、また野上経営区の原生針葉樹林においてはアカエゾマツ林の林床にシロバナシヤクナグ、エゾムラサキツツジを優占種として認め、また本調査においてもシロバナシヤクナグなどが伴うことが知られ、トドマツ林、エゾマツ林に比して *Ericaceae* に属する林床植物が優占種としてよくあらわれる傾向が想像される。BRUN BLANQUET⁵⁾ は *Morhumus* 土壌においては *Vaccinium myrtillus* に富む群落などが結び付いてくると述べ、これら林床植物とモルの出現とについて物語っており、エゾマツ林、トドマツ林に比しアカエゾマツ林にモルの出現が多いことはこれらと一連の関係が想像される。

第3項 本道における堆積腐植の形態と針葉樹林林床に優占する林床植物

林木の落葉によつて堆積腐植は構成されるとともに、WITTICH¹⁵⁰⁾が述べたように林床植物の遺体量が広葉樹の供給量に匹敵する場合があるとすれば、かかる場合の灌木や草本類の残留物による影響も大きい。第3表について見ると、同一樹種の針葉樹林においても、これらの下に優占種として出現する林床植物の種類に相違のあることが認められる。今調査地について比較的多く出現する林床植物を見ると第4表のとおりである。

粒状ムルの分布する地点の林床植物はほとんどクマイザサによつて優占され、小部分的にシラネウラボが優占種としてクマイザサに代り、またクマイザサにゴンゲンスグが伴う場合も認められた。ゴンゲンスグはクマイザサやシラネウラボなどが優占種として存在する場合にも、これらに随伴して調査地の多くに出現している。そのほか一部には蘚類、シノブカグマ、オシダ、ツルアジサイ、マイズルソウ、ツルシキミ、ゴゼンタチバナ、コミヤマカタバミなどが認められた。

盤状ムルの分布する地点の林床植物はクマイザサが優占種として地表をおおい、被度(1)以上を示す他の林床植物を発見することはできなかつた。

根網ムルの出現する地点においてはゴンゲンスグが被度(2)~(5)を示し、ゴンゲンスグに代つて部分的にはオクヤマシダが優占種として出現する地点も認められた。これらのほかゴゼンタチバナが調査地の各所に認められ、さらにスギカズラ、マイズルソウなどが随伴する地点も認められた。さらに粒状ムルの場合と同じく、ゴンゲンスグとクマイザサとが伴い、ゴンゲンスグが林床をおおうとともにクマイザサがその上部をおおう地点を認めることができた。根網ムルの出現は優占する林床植物の根系の形態ならびにその分布の状態によるものであろうことは、ほとんど他の環境条件を等しくすると考えられる〔34〕、〔35〕ならびに〔36〕調査地の堆積腐植の形態からも想像される。すなわち、〔34〕ならびに〔35〕調査地はゴンゲンスグの被度は(4)~(5)を示すが、〔36〕のそれはわずかに(+)を示すにすぎず、前2者はゴンゲンスグの上にクマイザサが被度5、(3)を示すにもかかわらず根網ムルを示し、後者はクマイザサが優占する地域に多く出現する粒状ムルが発達している。この結果は両優占種の地下部の分布の状態がことなり、ゴンゲンスグは多く地表部に近く根系を分布するも、クマイザサはその地下茎を鉱質土壌表層に多く分布し、そのためにおのおのの堆積腐植形態の上に影響をもたらすものであろう。

モダールについて見ると、粒状モダールの発達する地点はクマイザサ、オクヤマザサなどの *Bambusaceae* に属する植物が優占種として出現し、これにホソバトウゲシバ、オオカメノキなどが認められた。また一部にはゴンゲンスグが優占種として被度(5)をもつて出現し、これにゴゼンタチバナ、コミヤマカタバミなどが随伴する地点も認められた。

糊状モダールが認められた地点について見ると、クマイザサが優占種としてあらわれるほかに、一部シラネウラボが優占種としてあらわれ、これにゴンゲンスグが被度(3)をもつて随伴し、粒状モダールに似てムル、とくに粒状ムルの場合と類似の植生を示すものが認められた。また一部にはゴゼンタチバナが優占し、これにゴンゲンスグが被度(3)を示して随伴する地点にあらわれている。なおまたクマイザサが優占種としてあらわれている地点においてゴンゲンスグが被度(2)を示し、さらにゴゼンタチバナ被度(2)、蘚類(4)を示す地点が認められた。ただこの調査地は地下水位高く、調査時には 28 cm を示し、かつアカエゾマツを主林木とし、優占種として分布するクマイザサはその高さ平均 40 cm にすぎず、他の糊状モダールの植生その他において趣をことにしている。

粉状モダーはオガラバナを優占種とし、これにオオバスノキ、クロウソゴ、ハナヒリノキのような *Ericaceae* に属する植物、ツルシキミ、ナナカマド、蕨類のほか、ツルツゲ、ミツバオウレン、マンネンスギなどが随伴するものと、シラネワラビを優占種とし、これにオシダ、ゴンゲンスグなどを伴うものが認められた。

モルについて見れば、毛布状モルの出現した地点は、前にも述べたように林床植生の上から 2 大別することができるようで、ほとんど優占種としてあげられる林床植物を認め得ないものと、しからざるものとに区分される。後者の場合について見ると、ゴンゲンスグが優占種としてあらわれ、これにゴゼンタチバナのほか、蕨類、コミヤマカタバミ、マイズルソウなどを伴うものが認められ、オクヤマシダを優占種とし、これに被度(3)を示すゴゼンタチバナを伴うものなどが認められた。林床植生の立場から見れば、この堆積腐植型の植生は複雑であるが、根網ムルの林床状態に類似することがあるように見受けられる。

細屑状モルについて見れば、蕨類が優占種として出現するもの、シロバナシヤクナゲを優占種とするもの、シラネワラビを優占種とするものが認められ、これにミツバオウレン、ゴゼンタチバナなどがこの堆積腐植の出現するところに多くあらわれている。また一部にはゴンゲンスグ、クマイザサ、オガラバナ、シシガシラ、ホソバトウグシバ、マンネンスギ、ツルツゲ、シンヨウイチャクソウ、コミヤマカタバミなどとともムラサキヤシオツツシ、クロウソゴ、コヨウラクツツシなどの *Ericaceae* に属する植物が認められた。シロバナシヤクナゲは優占種としてのみならず、この種堆積腐植を有する調査地の 2、3 に随伴することが認められた。

海綿状モルは細屑状モルと類似し、蕨類が優占種として出現する地点に多く、一部オオバスノキが優占種として出現している地点が認められた。この形態に属する堆積腐植は細屑状モルに比べて優占種以外被度(1)以上を示す林床植物の種類は少なく、シロバナシヤクナゲ、ゴゼンタチバナ、ヒカゲノカズラ、マンネンスギなどがわずかの地点に認められたにすぎない。

テツクス状モルは特殊の林相を呈し、トドマツの小径木が密生し、ために地表上の気象条件や陽光の射入が林床植物の生育に不相当と考えられ、ほとんど林床植物が群落的に認められない地点に出現している。

以上の結果から、粒状ムルはクマイザサ、シラネワラビのほかクマイザサとゴンゲンスグが優占種としてトドマツ林下に出現する地点に多く、盤状ムルはクマイザサを優占種とするトドマツ、またはトドマツ—ミズナラ林の下に出現することが知られた。根網ムルは主としてゴンゲンスグが優占種として出現する地点に多く、一部にオクヤマシダが優占種として出現する地点にあらわれ、針葉樹としてはトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツが存立することが知られた。かくしてこの種の堆積腐植は優占する林床植物の根系の形態に大きく影響されることが証明された。

粒状モダーはクマイザサ、オクヤマザサが優占種として出現するところに多く、一部ゴンゲンスグが優占種として出現し、林床植生の状態からすれば、粒状ムル、または根網ムルに類似することがうかがわれる。ただ粒状ムルはトドマツ林の下に多く認められたのに反し、粒状モダーはアカエゾマツ—エゾマツ林に多いことが認められた。糊状モダーはクマイザサを優占種とするアカエゾマツ林および一小部分にシラネワラビを林床に優占種とするトドマツ林に認められ、粉状モダーはオガラバナを林床に優占種とし、これに *Ericaceae* に属する林床植物を伴うアカエゾマツ林および糊状モダーと同様にトドマツ—シラネワラビ基群叢を示す小部分の地点に認められた。かようにムルならびにモダーに属する堆積腐植は多くクマイザサ、オクヤマザサなどの *Bambusaceae* に属する林床植物を優占種とする地点に認められるが、粉

状モダーはこの種林床植物を優占種とする地点には認められなかつた。

毛布状モルのうち一部は林床植生ならびに上木の状態が根網ムルの分布する地点に似た地点に分布し、他の一部は部分的に植生群落推移の一段階的現象と考えられるところに見い出された。細屑状モルは主林木としてアカエゾマツがあらわれ、これにトドマツが伴う林床に蘚類が優占種として出現する林地やシロバナシヤクナゲが林床に優占する地点に分布している。この種の堆積腐植は以上の優占種とともに、諸種の *Ericaceae* に属する林床植物やミツバオウレンなどが出現し、ムルや多くのモダーに属する堆積腐植とは趣をことにする林床状態を示している。海綿状モルは細屑状モルと同様にアカエゾマツ林に多く、一部支笏経管区においてはエゾマツ林に出現した。林床植物としては蘚類がすべての地点に優占種としてあらわれている。樽前山の植生については髄脇は特殊のものとしてとりあげており、本道における海綿状モルの一般的分布はアカエゾマツ林の蘚類に結び付くものであろう。

かくして堆積腐植の形態と上木ならびに林床に優占する林床植物との間には見るべき関連性があることが明らかになった。

そしてこれら林床に優占する林床植物のあるものは堆積腐植の各形態に広く分布し、またあるものは一部の形態のみにかぎって分布するものが知られる。いま林床に優占するこれらの林床植物ならびにこれらに伴う主な林床植物の堆積腐植の各形態への広がりを求めれば、シラネワラビは粒状ムル、糊状モダーならびに粉状モダーの一部に林床植物の優占種として存在し、細屑状モルの一部においてもその被度はやや劣るがなお林床植物の優占種として出現することが認められ、さらに各形態の上に多少ながら分布する場合のあることが知られた。シラネワラビの生態は複雑で、大面積にわたつての群落はきわめて少ない。オクヤマシダは根網ムルならびに毛布状モルに優占種として出現することが知られ、他の林床植物と随伴してくる場合は少ないように考えられた。しかし前者と同様に、大面積にわたつての群落はきわめて少ない。オシダ、シノブカグマなどの群落はきわめてわずかの調査地に認められるにすぎなかつた。

Lycopodiaceae に属するもののうち、ヒカゲノカズラは本調査においては糊状モダーならびに細屑状モルの一部に被度(2)を示して分布し、他の堆積腐植においては点在するにすぎなかつた。ホソバトウゲシバは粒状モダーに多く、細屑状モルにおいてはシラネワラビとともに被度(1)を示して出現することが認められた。この種の堆積腐植にヒカゲノカズラと同様に、この種林床植物は点在する程度であるにしても、他の形態のものよりも全般的に各調査地に広く出現していることがうかがわれる。髄脇は蘚類型の林床にヒカゲノカズラ、ホソバトウゲシバなどが散在することを認めている。WILDE¹⁴⁷⁾ もモルに *Lycopodium* の出現を認めているが、本調査においてはきわめて限られた粒状ムルに出現し、粒状モダーのほとんどすべてにホソバトウゲシバの出現が認められている。しかし蘚類に優占される細屑状モルにこの種林床植物は多く分布していることがうかがわれ、諸氏の認めた傾向に近いものが本調査においても認められた。

ゴンゲンスグは海綿状モルおよび盤状ムル以外の堆積腐植においては、多少にかかわらずその分布は認められ、根網ムルにおいては林床植物の優占種として多く出現し、また粒状モダーならびに糊状モダーの一部においても優占種として出現することが認められた。この見地からすれば、ゴンゲンスグは多少にかかわらず、ムルならびにモダーおよび毛布状モルなどに出現し、細屑状モルその他のモルにおいてはその分布は少ない傾向をうかがうことができた。

ミツバオウレンは粒状ムルや粒状モダーのきわめて一部にわずかに認められたにすぎず、細屑状モルにおいてはこれらに比してやや多く存在することが認められた。

Ericaceae に属する植物のうちシロバナシヤクナゲは細屑状モルに多く、ある地点においては優占種として出現することが認められた。

ウスノキは糊状モダーの一部ならびに海綿状モルの一部に認められ、ハナヒノリキはオガラバナの下、粉状モダーにクロウスゴ、オオバスノキ、コヨウラクツツジなどとともに出現し、オオバスノキは海綿状モルに優占種として出現する場合も認められた。コヨウラクツツジは細屑状モルにおいてクロウスゴ、オオバスノキなどとともに出現した。

ROMELL⁸⁰⁾ は *Ericaceae* に属する植物を Fibrous duff の代表的植物としているが、本調査においても *Ericaceae* に属するものは粉状モダーの一部ならびに細屑状モルに比較的多く分布することが認められ、概してモルか、これに近い形態の堆積腐植に多く見い出された。

館脇は本道のアカエゾマツ林の群落のうち、アカエゾマツ—コヨウラクツツジ型、アカエゾマツ—エゾイソツツジ型、アカエゾマツ—シロバナシヤクナゲ型などのように *Ericaceae* に属する林床植物がアカエゾマツ林に優占する地域をあげているが、本調査においてモルに属する堆積腐植は樽前山麓のエゾマツ林以外の地域においてはアカエゾマツ林に多く、また粉状モダーのうち、この種林床植物に富む地点もアカエゾマツ林に認められており、この種林床植物とアカエゾマツならびにモル間の関連性をうかがうことができる。

オガラバナは海綿状モルならびにテツクス状モル以外の地点には、種々の被度を示して分布し、また粉状モダーにおいてはアカエゾマツ林下の優占種として *Ericaceae* に属するものとともに分布し、また優占種としてでなく、各種堆積腐植の上に広く分布する傾向を示している。

マイズルソウも前者と同様に各地点に多少にかかわらず分布する傾向を示している。WILDE¹⁴⁷⁾ は Duff mull に *Majanthemum* のような *Liliaceae* に属する植物の分布を認め、TAMM¹²²⁾ は *Oxalis-Majanthemum* 型には粗腐植はあられず、しばしばムル型に移りゆくことを認めている。本調査の結果は各形態のものに分布するが、ムルならびにモダーの一部にやや多く分布する傾向を示し、この結果よりすれば、これは本道においてもムルまたはモダーなどに多く分布する傾向を示すようである。

Pirolaceae に属するオオウメガサソウ、ジンヨウイチャクソウならびにヤマイチャクソウなどはムルならびにモダーに属する堆積腐植にはほとんど認められなかつたが、モルに属するものにおいてはわずかではあるにしても、その分布が認められ、ことに本調査にあらわれた海綿状モルならびにテツクス状モルのほとんどすべてに点在的ではあるが認められた。

ゴゼンタチバナは粒状ムルにはきわめてわずかに認められたが、根網ムルにおいては被度(1)~(2)をもつて分布し、モダーに属するものにおいても認められ、ことに糊状モダーにおいては小面積ではあるが、優占種として出現する地点も認められた。細屑状モルにおいてはさらに多く分布し、テツクス状モルにおいては点的に分布することが認められた。

この植物は本調査結果において各種の堆積腐植に多少にかかわらず出現するも、主として根網ムルや糊状モダーのうちゴングスグが多く出現する地点ならびに細屑状モルに多く分布する傾向を示すと考えられる。

コミヤマカタバミはマイズルソウとともに、TAMM¹²²⁾ によればムルに多く出現するとしているが、WILDE¹⁴⁷⁾ はこれとことなり、むしろモルに分布するとしている。本結果においては粒状モダー、糊状モダーならびに細屑状モルに多く出現し、毛布状モルにおいて被度のやや高いものが認められ、モダーない

しモルに多く出現する傾向を示し、マイズルソウとことなる結果を示している。

ササは東洋に特有な植物であり、これに属するクマイザサ、オクヤマザサなどは本道林野に広く分布するが、この種の林床植物は根網ムルの一部を除く、他のムルならびにモダーに属するものの大部分に多く優占種として分布し、粉状モダーならびにモルに属するものにおいてはその出現はわずかであるか、全く認められない場合があつた。

藓類はササ類と趣をことにし、ムルに属するものならびに粒状モダーにおいてはきわめてわずかに分布するにすぎないが、糊状モダー、粉状モダーやモルに属する堆積腐植においては多く分布し、とくに細屑状モルならびに海綿状モルにおいては多くの調査地において優占種として分布することが知られた。

本調査において比較的多く分布する林床植物を各調査地について見れば、あるものはムルならびにモダーの一部に多く分布し、またあるものはモダーの一部ならびにモルに多く分布する傾向にあることが知られた。前者に属するものとしてはクマイザサ、オクヤマザサなどのササ類が注目され、ゴンゲンスグは根網ムルを特徴付けるものとして多くこの形態の堆積腐植に出現するとともに、毛布状モルの一部に出現することが知られた。後者に属するもの主なものとしては藓類があげられ、これについて *Ericaceae* に属するものが多く、さらに *Lycopodiaceae* に属するものもまたその被度においては大きいものは認められなかつたが、モダーならびにモルに広く分布する傾向が認められた。*Pirolaceae* に属するものもややこの傾向を示すようである。マイズルソウはムルまたはモダーに、ゴゼンタチバナはゴンゲンスグあるいは藓類を優占種とする地域に多く分布し、ムル、モルなどの堆積腐植の形態における区別はあきらかでない。

第4項 結 論

本道において針葉樹原生林、または伐採が行われたとしても現在までに相当の歳月が経過し、ある期間安定した植生群落が持続されてきたであろうと考えられる地域の調査地につき、堆積腐植の外観から形態の分類を行った。服部³¹⁾は本道のごとく森林植生の単純で、立地条件の比較的均一な場合、人工による植生と土壌のかく乱変化が少ない場合などには森林型の判定利用は比較的容易で、かつ効果大であるとし、亜寒帯地方針葉樹原生林では林床植生型、土壌、更新ならびに林分構成との間に明らかに密接な関係があるとしている。

堆積腐植は林木の落葉、枯枝ならびに林床植物の遺体などによつてその大部分が構成されるため、これら植物遺体の性質が堆積腐植の性状の上に大きな影響を有することは想像にかたくない。また林床植物による林床の接地気象への影響も見のがすことができないであろう。ここに類別された堆積腐植型と林木ならびに林床植物との関連性を求めた結果を総括的に見よう。

粒状ムルは林床にクマイザサが優占種として分布する林地にほとんど分布し、シラネワラビが優占種として認められる林地にわずかに存在した。盤状ムルはクマイザサが優占種として林床に出現するトドマツに広葉樹の混交する林地に認められ、根網ムルの大部分はゴンゲンスグを優占種とするところに認められた。上木としては粒状ムルならびに根網ムルはトドマツ純林やアカエゾマツ、エゾマツならびにトドマツなどの混交する林地に認められ、上木の種類と細分されたムルに属する形態間には密接な関係は存在しないようで、この場合はむしろ林床植物との間に求むべきであろう。

粒状モダーはクマイザサ、オクヤマザサなどが優占種として林床に分布するアカエゾマツ、エゾマツ林やトドマツ林下に認められ、きわめてわずかにこの林相下のゴンゲンスグ型の林地に認められた。糊状モダーも粒状モダーと同様にクマイザサ、ゴンゲンスグまたはシラネワラビを林床に優占種とするアカエゾ

マツ—エゾマツ林, またはアカエゾマツ—トドマツ林, トドマツ純林に分布することが認められた。両者の分布を林床植物群落の立場から見れば, 粒状ムルや根網ムルに非常に似たものを備えているにもかかわらず, 両者の堆積腐植の形態上に差を示すことは, その上に優占する林床植物の影響によるよりも, 堆積腐植の給源となる植物遺体の変質過程に影響する因子に多く支配されるであろうと想像される。粉状モダ—に関しては調査地は 2 箇所にすぎない。一つはアカエゾマツ—オガラバナ基群叢に *Ericaceae* を伴う林地に, 他はトドマツ—シラネワラビ基群叢に分布している。

毛布状モルは林床状態から大きく 2 分することができ, 一部はトドマツ林の下に生じた植生的に特殊の状態にあると考えられるものと, 他はアカエゾマツならびにエゾマツ林にトドマツの混交する林の林床にゴンゲンスグの優占する林地ならびに *Polypodiaceae* に属する植物が多く見出される林地に認められた。これまでの, おのおのの堆積腐植は盤状ムル以外はアカエゾマツ—エゾマツ林, トドマツ林またはこれらの混交する林地においてササ類, シダ類, ゴンゲンスグなどが林床に優占種として出現する林地に多く分布することが知られた。ササ類, ことにクマイザサは粉状モダ—ならびに毛布状モルには認められなかった。これから想像すれば, クマイザサは林床に優占種としてムルならびにモダ—に多く出現する。

細屑状モルならびに海綿状モルはアカエゾマツを主とする林地, またはアカエゾマツ—トドマツ林に藓類, シロバナシヤクナグなどが *Lycopodiaceae* や *Ericaceae* に属する植物を伴う林地に多く分布することが認められ, エゾマツ—トドマツ林における分布は特殊のものではないかと考察される。

テツクス状モルについては林床植物は散在するが, 群落的な林床植物を認めることができなかつた。服部⁸¹⁾は北見営林局管内野上経営区における調査において各植生型と針葉樹稚樹発生の状況を求め, アカエゾマツ—トドマツ—藓類基群叢において 40 m² あたり 108 本, アカエゾマツ—トドマツ—シロバナシヤクナグ基群叢において 92 本, アカエゾマツ—トドマツ—ゴンゲンスグ基群叢において 35 本を数えている。しかして藓類型においては稚樹の発生存続がきわめて良好であり, シロバナシヤクナグにおいてはシロバナシヤクナグが比較的散在するにすぎないので, 稚樹の発生存続に支障を与えないとし, スグ型も針葉樹の更新は可能であるとし, ササ型においてはその密度とともに更新は不良となると述べている。シダ型の場合シラネワラビのように大型でないもの場合には後継樹の発生は不良でないとし, さらに稚樹の伸長の微弱な藓類型ならびにシロバナシヤクナグ型の稚樹の発生存続がきわめて良好なのは競合植物が少ないことであり, かかる立地では稚樹は微々たる成長状態にあるが, 一度上木が疎開した場合には容易に後継樹として旺盛な成長を開始すると述べている。この見地からすれば, 館脇¹²⁸⁾が述べたように藓類型からの移行型としてテツクス状モルを有する林地の林床状態の発達がうなずける。さらに服部はゴンゲンスグ型においても針葉樹, ことにトドマツ稚樹発生数は藓類型やシロバナシヤクナグ型に劣るけれども, 他の型に比して良好であるとし, ここに発生する稚樹は藓類型よりも陽光の射入量が多いので, 伸長よく, かつ葉色も前者より濃く, 大きく, 根部もまた前者に比べてよく発達していると述べ, 将来のこれら稚樹の存続成長を約束しているようである。

これらの結果からテツクス状モルの形成はこれら針葉樹群生による結果で, 細屑状モルまたは海綿状モルがこの種の堆積腐植を形成する一つの前提として天然林においては大きな関係があらうと考えられる。これとともにゴンゲンスグを林床に優占種とする根網ムルやその他の形態のものも針葉樹稚樹発生し, 上部林冠群の状態によつては存続の良好な機会を有し, これらの群生によるテツクス状モル生成の前提となりうるのであらうと考察される。

これらの点から、〔30—1〕,〔38〕調査地ならびに〔25〕,〔40〕調査地の鉍質土壤表層を比較すれば、前2者は堆積腐植下部と鉍質土壤表面の接触部分は明りように区分され、かつ色彩は淡く、他のモルとはほぼ同様の外観を呈する。これに反して後2者のそれを見ると、堆積腐植は明らかにテックス状モルを呈するも、鉍質土壤表層は黒褐色を呈し、粒状または団粒状構造を作り、膨軟で、あたかもムルまたはモダーのA₁層を思わせる。この外観から前2者は蘚類を優占種とする林地から、後2者はゴンゲンスグが林床に優占した林地から移行し、いまだその残影を鉍質土壤表層に残しているのではないかと考えられ、さらに後2者の林床植物中ゴンゲンスグが聚落的に付近に散見された事実はこの感を強むるところである。これらの点に関してはさらに次節において追求したい。

さらに諸外国の学者の従来の研究結果から、ムルまたはモダーに属する堆積腐植は主として広葉樹林、または針広混交林に、モルに属する堆積腐植は針葉樹林下に発達するとされているが、本調査結果について見ると、研究対照の森林として針葉樹林を選んだにもかかわらず、これらの下に多くの粒状ムルや根網ムルのごとくムルに属する堆積腐植を有する林地が認められ、さらにモダーに属するものの発達が知られた。ここに本道における堆積腐植の各形態の分布は諸外国において述べられた林相の相違による関係とはやや趣をことにすることが知られた。

本調査に出現した粒状ムル、または根網ムルの分布する林地について見ると、針葉樹としてはトドマツが主林木として林分を構成し、林床にはクマイザサ、ゴンゲンスグ、シラネワラビなどが優占種として出現し、とくにクマイザサの林床に優占する林地にムルやモダーの出現が認められ、これら林床植物とこれら堆積腐植の形態との密接な関連性をうかがわしめる。さらに諸外国ではムルの出現に土壤小動物の影響が大きいとされているが⁸¹⁾¹⁵²⁾、本道の針葉樹林のムルを見るとき、これらの影響をあまり見ることができない。BROADBENT⁹⁾は多量の繊維性根系(Fibrous root system)の分布は土壤中の凝固体(Aggregate)保存に大きな因子となるとし、植物根の土壤構造に対する大きな意義を認め、SEKERA⁹⁵⁾も土壤の凝固体形成に植物根の作用を述べており、また前述の林床植物の根系、または地下茎の分布を見ると、多くは鉍質土壤表層に認められることから、本道の針葉樹林下のムルなどに出現するA₁層はこれら根系や地下茎の作用に影響されるところが多いであろう。かように本道の針葉樹林におけるムルやモダーの生成に対するクマイザサなどの影響は大きいと考えられ、これとともに生成されるムルやモダーの性質も諸外国のそれとは趣をことにする点があろうと推測されるところで、これらに関しては次節で追求したい。

第 II 章 堆積腐植の化学的性質

第 I 節 堆積腐植の pH および石灰

第 1 項 堆積腐植の pH および石灰に対する考察

前述のように本道の針葉樹林の堆積腐植はその外観から3基本型に分類され、さらにこれらは10細分型に分けることができると考えられる。しかしてこれらはおのおの外観をことにする。

従来、諸外国で発表された堆積腐植に関する種々の研究結果から、ムルは主として広葉樹林に多く分布することがうかがわれるが、本道の針葉樹林では前述のように各種の形態のムルが広く分布し、諸外国の

研究結果とはやや趣をことにする。本調査に選ばれた地域の堆積腐植の形態とこの上に分布する林木ならびに主要な林床植物とについて見ると、主要針葉樹の種類、または林床植物各個体の分布と堆積腐植の形態との間には明確な関係を見出すことは困難であるが、林型としての針葉樹群、優占種として出現する林床植物と堆積腐植の形態との間にやや認められるものがあるようである。

森林においては年々林木にかぎらず、林床植物は多量の落葉その他の遺体を林床上に供給する。WITTICH¹⁵⁰⁾ は林床植物は林冠の密な広葉樹林の落葉に匹敵する落葉量を林床に供給すると述べ、KIT-TREDGE⁴⁶⁾ も林木伐採後の草本類の年間落葉量は伐採前の林木のそれにまさるとし、林床植物がその繁茂状態によつては年間林床に供給する有機物量は相当多量であろうと推測される。

しかして有機物の変質過程は各種の環境条件や植物遺体を構成する無機ならびに有機組成、その他植物遺体自身の形成する堆積の様相などに大きく支配される。OELKERS⁷⁴⁾ は乾燥泥炭の発達に対しては寒冷にして湿潤な気候、土壌の種類、石灰その他の塩基の欠乏および林冠の疎密度などをあげ、WAKSMAN¹⁴⁶⁾ は植物残査の分解状態ならびに速度には次のような諸因子が関与するとしている。すなわち、1. 高等植物の性質、2. 植物残査の破壊に与える微生物の種類、3. 土壌の性質、とくに土壌の組織、化学性、ことに塩基性物質の量および反応、4. 環境ならびに気象条件などをあげ、これらのうち気象および植物は生成される堆積腐植の型を決定する2つの重要な因子であるとしている。BRAUN-BLANQUET⁸⁾ も生成される腐植の種類ならびに量は気象的影響を除けば、優占する植物により決定されると述べている。

さらに針葉樹林に広葉樹を混交せしむれば、ここに生成される堆積腐植は針葉樹純林のそれとは異なるものが生成されることが知られている。その原因について ERDMANN¹²⁾ は乾燥泥炭の生成は二次的影響にもよるもので、落葉などの分解の低下は純林における空気および陽光の供給、湿度の両極端な状態などによるとし、HELBIG³³⁾ はトウヒブナノキ混交林の落葉が分解容易であることはトウヒとブナノキの落葉が膨軟な落葉層をつくり、これが土壌微生物に良好な生活条件を与えるとし、KVAPIL⁵⁷⁾ らも HELBIG と同様に土壌上に及ぼす針広混交林の良好な作用はこれらの落葉によつて形成される膨軟にして、通気性に富む落葉の状態に求むるとともに、ERDMANN¹²⁾ らが述べたようにブナノキ林ならびに混交林においては疎開した林冠ならびにこれに伴う陽光照射にその重要な役割を帰している。KRAUSS⁵²⁾ も堆積腐植の悪化に対して林冠閉塞の増加にその原因を求め、WITTICH¹⁴⁹⁾ は腐植の分解は林冠の破壊によつて促進されるとともに、粗腐植は土壌の不良な水分供給を原因するとしている。林冠疎開による堆積腐植の変化については著者¹³⁷⁾ もドイツトウヒ林の間伐による影響からこれを知ることができた。

針葉樹林下の堆積腐植を構成する有機物の変質過程が広葉樹林下のそれに比して緩慢な原因のひとつとして、以上のように両樹林の林冠構成状態に由来する林床上の気象条件が大きな役割を演じ、また混交林内における両者の落葉の堆積状態から生ずる落葉層内の気象的条件が主要な意義を有することがうかがわれる。そのほか林床植物の根系の大部分は堆積腐植のなかに分布しているので、これらによる物理的ならびに化学的影響が考えられるところであり、また本道の林野に広く分布するササ類やゴンゲンズグなどは堆積腐植のみならず、これと接する鉾質土壌表層にその地下部を分布しているので、これらの影響もまたみのがすことはできないであろう。

本調査において認められたテツクス状モルの生成について見ると、このようにトドマツの稚樹が群生しているところでは、これによる陽光の射入や降雨の浸入がさまたげられ、針葉樹林において認められたと同様の気象条件を林床上に与える。そのために林床植物はほとんど見られず、針葉樹落葉の分解を助長する

といわれる広葉樹の落葉や林床植物の遺体も加わることなく、林床植物の根系などによる影響も考えられず、針葉樹落葉の分解は遅滞するであろう。

このように林木の落葉や林床植物の遺体による外部的影響や樹種の混交、林床植物の存在によつて生ずる影響の外に、これらが含む有機ならびに無機組成分も堆積腐植を構成する有機物の変質過程の上に大きな影響を及ぼすであろう。LUNDEGÅRDH⁶⁴⁾ は粗腐植の化学的ならびに物理的性質は腐植生成に物質を供給する植物によつて影響され、落葉が塩基、ことに石灰に欠乏し、酸性に反応するならば、粗腐植の生成は促進され、かかる初期物質はたとえよい分解条件にあつても、ムルの生成は困難であるとしている。OVINGTON⁷⁸⁾ は時の経過とともに現在の堆積腐植には変化が生ずることは予想されるが、針葉樹のモルを形成すること、広葉樹がムルを形成する傾向が大きく変化するだろうということは各々の落葉本来の組成に関係することから生じ得ないことであるとしている。KRAUSS⁸²⁾ は石灰施用後ブナノキの落葉中に石灰含量の増加を認め、その結果堆積腐植の酸性化の低減することを知り、ERTELD¹³⁾ は従来石灰の施用された地域では堆積腐植の激しい減少とモダーやムルへの変化が認められるとしている。BROADFOOT¹⁰⁾ は有機物分解の差は落葉の化学的性質の差によつて説明されるとし、分解の割合と密接な関係にあるものは落葉中の過剰塩基の含量、窒素および水溶性有機物にして、分解の初期には窒素および水溶性有機物が、その後には過剰塩基の含量が影響するとしている。WITTICH⁵¹⁾ は落葉はその中に含まれる石灰および窒素含量によつて真正腐植質への変化の差を認め、石灰に富む土壤に繁茂する植物は石灰とともに生理的に多量の窒素を含有する結果、真正腐植質の生成が行われるとしている。そのほか KÖHN⁴⁸⁾ は種々の樹種に対する腐植生成を調査し、シロブナがもつとも弱く、欧州アカマツがもつとも強い傾向を示すとし、活性酸度は広葉樹においては林床植物を有しない土壤と等しかつたが、針葉樹は土壤に思わしからざる影響を与えると述べている。WITTICH⁵⁰⁾ は多量の林床植物を有する林地は林床植物の性質ならびに立地の条件に応じて諸種の生物学的状態を示し、生物学的に良好な林床植物を有する林地は良好な混交林と同様に評価すべきであり、林床植物の種類ならびに性質に決定的意義を求むべきであるとしている。

このように堆積腐植を構成する有機物の分解に対する影響はひとり林木の落葉のみにかぎらず、林床植物による影響も推測されるところであるが、土壤微生物の活動に影響する酸度についても、HESSELMAN⁸⁴⁾ は針葉樹林下の落葉は酸性を呈し、矮性灌木の落葉もまた同様の結果を示すが、蘚類は弱酸性を呈し、広葉樹および草本類による落葉は一般に中性に近い反応を呈するとし、KNICKMAN⁴⁷⁾ は草本類によつておわれた砂土は観察された酸度のうち、もつとも低い結果を示したとしている。また RHEINWALD⁸⁴⁾ は腐植層の種類、厚さ、ことに反応は直接気象の作用に帰せらるべきでなく、林床植物による間接的作用の可能性が認められるとし、HARTMANN²⁹⁾ は土壤の置換酸度は他の条件が同一の場合には優勢な林床植物によつて変化するとしている。

かように堆積腐植の性状は林木や林床植物の遺体本来の性質により影響されることが想像され、林床上に落葉その他の植物遺体が落下、堆積し、環境条件が良好な場合には土壤中に生息する多数の小動物がまずこれらを食料として利用し、これら小動物の腸内で消化されるとともに、鉍質物と混合し、しかも弱酸性ないし、弱アルカリ性を呈するものになり排泄される。かくして排泄されたものは土壤微生物の活動に良好な条件が与えられ、その結果ムルの代表的なものが生成されるといわれている¹⁵¹⁾。LINDQUIST⁶¹⁾、WITTICH らが述べたように土壤が酸性を呈する場合には土壤小動物の数は減少し、ひいては落葉などの破壊、鉍質土壤との混合、さらに真正腐植質への変化は抑制されるといわれている。しかし本道の針葉樹林

においてはこれら土壤小動物による破壊そのほかの前段作用はあまり考えられないが、有機物の変質作用に関与する土壤微生物の作用をのみのがすことはできない。WAKSMAN¹⁴⁰⁾は植物体を構成する主要な成分であり、また腐植の母体と考えられるリグニンを分解するには多くの Bacteria および Actinomyces ならびに Fungus のある種類のものに関与するとしているが、落葉などが酸性を呈する場合には Bacteria や Actinomyces のようなものはその数を減じ、さらに強度の酸性を呈する場合には Fungus もその数を減少するにいたるとしている。本道の森林においては有機物の分解はこのような土壤微生物の活動にまつことが多いと考えられるが、これらの活動が抑制されると、有機物の分解は緩慢になり、ここにモルなどの種類の堆積腐植が生成されるであろう。

腐植の主要な位置を占める腐植酸はその生成過程において環境のいかんにより灰色腐植酸、褐色腐植酸または腐植前段物質のまま存在するといわれている。しかしこれら反応は酸性を呈し、褐色腐植酸や腐植前段物質は石灰や窒素の乏しいところで生成されるといわれている⁹³⁾。

また土壤中に含まれる石灰などは雨水によつて容易に流亡し去ることについては諸学者の認めているところであるが、有機物の分解が緩慢で、ながく雨水などの作用にまかせられると、石灰を初め塩基の流亡は激しく、塩基に不飽和の状態をとるにいたり、反応はますます酸性を呈するにいたる⁸⁹⁾。かかる状態においては土壤微生物の活動はしだいに低下し、ますます有機物の変質過程に悪影響をもたらすことになるだろう。

GEDROIZ²⁰⁾は土壤の灰白土化作用の過程について雨水中の水素イオンは土壤中に少量の塩基が存在するにすぎないときは、土壤複合体内に浸入する。この水素イオン濃度は有機物の分解によつて生ずる有機酸によつて高まり、この有機酸は分散し、鉍質土壤中に移動し、土壤複合体を破壊するにいたると説明した。また MATTSON⁶⁸⁾は多湿、寒冷な地域においては有機酸は炭酸よりも強い酸を生じ、土壤に酸性を与え、この酸性の影響のもとに土壤複合体を構成する鉄ならびに礬土はゾルの形態をとつて下層に移動し去ると説明している。また一方酸性が高まるとともに、土壤複合体の破壊は進ちよくし、遊離の腐植酸はゾルの形態をとり、土壤破壊者 (Bodenzerstörer) として働き、土壤の破壊を促進するといわれている⁴⁴⁾。

ひるがえつて本道の土壤について見ると、三宅・田町ら⁶⁹⁾⁷⁰⁾は本道の土壤は灰白土化作用を被つているもののあることを報じ、また石塚・佐々木ら⁹⁰⁾も本道各地の灰白土化土壤について報告している。著者ら¹³⁹⁾も旭川管林局中頓別管林署管内頓別経営区において灰白土化作用をうけた土壤を認め、本道の土壤は条件のいかんによつては灰白土化作用を容易にうける機会を有することをうかがうことができる。

かように堆積腐植の反応はそれ自体を構成する有機物の変質過程に対する影響とともに、鉍質土壤への影響が注目されるところで、堆積腐植中に十分な塩基が存在しないときには生成される腐植酸は遊離の状態をとり、堆積腐植に酸性を付与するとともに、さらに鉍質土壤中に浸入して、土壤を酸性化する。

この結果土壤粘土は破壊され、また粘土膠質の分散度を高め、粘土の移動を容易にし、鉍質土壤表層を瘠薄化する危険性をひきおこす。しかも本道はかかる過程に恵まれる機会の多いことが知られている。

また林木の根系の分布について見ると、KRAUSS⁸²⁾は表層 20 cm にもつとも多く分布することを認め、この層内の土壤の性質が林木の生育に関係するとしている。本道の針葉樹に関するこの種の研究はあまり行われていないが、服部³¹⁾が北見管林局遠軽管林署管内野上経営区においてトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツの稚樹の根系分布を調査した結果、同一の土壤条件においてトドマツの根系は他の2樹種に比

べて深く、後二者は垂下根平均 20 cm, 最長 30 cm 内外にすぎないが、水平分布はかなり広いことを認めている。かように本道針葉樹の根系は鈹質土壤表層に水平に広く分布する傾向にあることがうかがわれる。かかる結果堆積腐植の強い酸性は植物遺体の変質過程の上に大きな支障をきたすとともに、さらに鈹質土壤表層の瘠薄化を誘発し、比較的土壤表層に多くの根系を分布する針葉樹の栄養の上に障害をひきおこさしめ、森林施業の上に大きな影響をもたらすであろう。

第 2 項 堆積腐植の pH および置換性石灰

堆積腐植の酸性は前述のように落葉そのほかの植物遺体本来の性質に負うところが多いとともに、含まれる塩基の含量に支配され、この結果土壤生物の活動が制約される。これらの点から堆積腐植の形態は林木や林床植物の残査本来の反応や塩基含量に重要な関係があろう。

植物体内に含有される塩基含量は植物の年令、生育の時期、または土壤の塩基含量などによってことなるとされている。しかし一般に広葉樹の落葉は針葉樹のそれに比して塩基を多く含んでいるとされており、JOFFE⁴¹⁾ は広葉樹落葉の灰分含量は針葉樹のそれの約 2.6 倍に達するとしている。

著者はこれらの関係を本道樹種について確めるため、2, 3 の樹種ならびに本調査に優占種として出現した林床植物について、落葉直前または落葉するに近いと考えられたもの、または枯死に近づいたと外観から考えられるものを採取し、その反応ならびに石灰含量を求めた。

広葉樹の大部分は札幌営林局札幌営林署野幌国有林から、ブナノキは函館営林局蛾虫営林署管内から採取した。採取した試料は落葉直前の変色したものを前地域のいろいろの地点で採取した。トドマツ、エゾマツならびにアカエゾマツは野幌国有林ではトドマツ以外天然生のはきわめてわずかし存在しないため、北海道支場内に 1940 年に同一地域に植栽されているものの最下部の枝に付着し、幹部に近い旧葉を選び、12月末に採取した。

林床植物については枯死直前と思われる変色した完全な形態のものを選び、採取した。

以上の試料は風乾後、全試料が 0.5 mm の篩を通過するまで粉碎し、これについて pH は試料 1 に対して再蒸留水 4 の割合に混合したものを 1 昼夜放置し、Quinhydrone 電極により測定し、3~5 回の測定値の平均を求めた。石灰含量についてはしやく熟後、常法により定量した。その結果は第 5 表、第 6 表のとおりである。

この結果が直ちにすべての同樹種の広葉樹や針葉樹などの pH や石灰含量を示すものではないが、おのおの間の傾向はうかがえるものとする。

広葉樹の石灰含量はハリギリを最高とし、ブナノキを最低とし 1.3~4.4

第 5 表 広葉樹落葉中の石灰含量 (乾物中%)
CaO-content in the leaves of the deciduous trees
On basis of dry matter

植 物 名 Name of plant	石 灰 CaO
カツラ <i>Cercidiphyllum japonicum</i> SIEB. et ZUCC.	2.876%
ブナノキ <i>Fagus crenata</i> BL.*	1.296
ホウノキ <i>Magnolia obovata</i> THUNB.	2.108
ミズナラ <i>Quercus crispula</i> BL.	1.770
ハリギリ <i>Kalopanax pictus</i> NAKAI	4.363
シナノキ <i>Tilia japonica</i> SIMONKAI	2.856
Average	2.545

* 函館営林局蛾虫営林署管内松山経営区で 10 月末採取

第 6 表 優占する林床植物および針葉樹の葉の pH および石灰含量
pH and CaO-content in the leaves of the dominant ground
flora and the conifers

植 物 名 Name of plant	pH (in H ₂ O)	石灰(乾物中) CaO in dry matter %
トドマツ <i>Abies sachalinensis</i> FR. SCHM.	2.20	1.526
エゾマツ <i>Picea jezoensis</i> CARR.	4.20	1.602
アカエゾマツ <i>Picea Glehnii</i> MAST.	4.20	1.526
シラネワラビ <i>Dryopteris austriaca</i> WOYNAR SCH. et THELL	5.75	1.431
ヒロバナシヤクナゲ <i>Rhododendron Fauriae</i> FRANCH. var. <i>roseum</i> NAKAI	4.56	2.732
オガラバナ <i>Acer ukurunduense</i> TRAUTV. et MEY.	4.69	3.838
ゴンゲンスゲ <i>Carex sachalinensis</i> FR. SCHM.	6.58	1.324
クマイザサ <i>Sasa paniculata</i> MAKINO et SHIBATA	6.25	1.374
蘚 類 Mosses	4.83	0.903

%, 平均 2.5% の含量を示している。これに対して針葉樹の葉部はエゾマツもつとも高く、アカエゾマツもつとも低い結果を示しているが、3者とも 1.5~1.6% の含量を示してほとんど大差はなく、広葉樹のそれに比べて一般に低い。しかし本調査に用いた広葉樹落葉の含む石灰の平均値は 2.5% であるに対し、針葉樹のそれは 1.6% を示し、JOFFE の結果に比してせまい。

ついで本調査において優占種として出現した林床植物について見ると、クマイザサは 1.4%, シロバナシヤクナゲとオガラバナのごとき灌木の葉部は広葉樹の石灰含量に等しいか、またはこれにまさる結果を示し、シラネワラビはクマイザサまたはゴンゲンスゲのそれに近い結果を示し、蘚類は他のいずれよりも低い。

本調査に用いられた針葉樹ならびに優占種と考えられる林床植物の遺体の pH を見ると、pH は石灰含量とは一致せず、針葉樹の落葉が示す pH は他のいずれよりも低いが、しかし石灰含量はかならずしも他に比して低い結果を示さず、ゴンゲンスゲやクマイザサまたは蘚類のそれよりもやや高い結果を示している。これと反対にゴンゲンスゲ、クマイザサなどは本調査に用いられた試料のうちもつとも高い pH を示すが、石灰含量は蘚類を除く他の植物のそれよりも低い。またシロバナシヤクナゲ、オガラバナのような灌木の落葉は一部の広葉樹の落葉に近い石灰含量を示すにもかかわらず、針葉樹の落葉の pH に近い pH を示していることが注意され、HESSELMAN も針葉樹ならびに矮性灌木 (Zwergsträucher) の落葉は明らかに酸性であるとしている。

堆積腐植の主な母体である林木や林床植物の遺体はその本来の性質として以上のように反応や石灰含量などをことにしている。これらの性状の差は土壤微生物の種類や活動の上に諸種の影響を及ぼし、その結果は植物遺体の変質過程に大きな変化を及ぼし、ひいては堆積腐植の形態の上に影響をきたすだろう。

第7表 堆積腐植各層位の pH, 置換性石灰および塩基置換容量 (乾物中)
pH, exchangeable CaO and base exchange capacity of the
several layers in the forest humus layers

On basis of dry matter

調査地 番号 Plot No.	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層位 Layer	pH	置換性石灰 Exch. CaO %	塩基置換容量 Exch. cap. m. e./100g	置換性水素 Exch. H. m. e./100g	塩基不飽和度 Degree of unsaturation
〔5〕	粒状ムル Crumb mull	F	5.00	0.847	80.15	40.18	50.13
		A ₁	5.14	0.246	45.15	21.17	46.89
〔7〕		F	4.94	1.381	116.18	33.20	28.58
		A ₁	5.23	0.291	32.72	10.70	32.20
〔36〕		F	5.16	1.033	87.26	31.50	36.10
		A ₁	5.38	0.224	36.88	8.25	22.37
〔37〕		F	5.16	1.557	90.29	37.00	40.98
		A ₁	5.29	0.522	62.86	21.50	34.20
〔39〕		F	5.56	1.422	78.48	20.00	25.48
		A ₁	5.07	0.291	41.23	9.20	22.31
〔42〕		F	5.09	1.263	87.30	27.50	31.50
		A ₁	5.06	0.374	43.84	11.80	26.91
〔13〕	盤状ムル Firm mull	F	5.57	0.816	77.16	30.00	38.88
		A	5.35	0.458	48.62	17.80	36.60
〔17〕		F	5.37	0.900	98.37	44.16	44.89
		A	4.71	0.106	29.55	21.74	68.35
〔18〕		F	5.25	0.960	74.78	42.91	57.38
		A	4.75	0.124	42.68	23.50	55.07
〔21〕	根網ムル Root mull	F	5.00	1.186	115.18	73.96	64.21
		A ₁	5.14	0.679	46.45	18.42	39.66
〔34〕		F	4.98	0.929	98.70	62.88	63.71
		A ₁	5.14	0.266	39.76	17.50	44.66
〔35〕		F	5.12	1.094	88.33	55.00	62.27
		A ₁	5.20	0.533	56.63	32.50	57.39
〔10〕	粒状モダー Grain moder	F	5.21	1.507	81.90	27.30	33.33
		H	4.94	1.071	85.90	45.50	52.97
		A ₁	5.57	0.196	52.00	22.75	43.75
〔11〕		F	4.94	1.285	66.14	30.00	45.36
		H	4.41	0.650	72.91	62.50	55.72
		A ₁	4.55	0.210	60.52	47.00	77.66
〔12〕		F	4.24	0.376	50.39	34.40	68.29
		H	4.10	0.229	59.98	45.20	70.54
		A ₁	4.48	0.144	51.76	34.35	66.36
〔15〕		F	4.61	0.536	100.40	57.30	57.07
		H	4.10	0.235	104.00	85.50	82.21
		A ₁	4.85	0.123	46.65	34.50	73.96
〔26〕		F	4.80	0.977	118.38	48.34	40.84
		H	4.00	0.220	128.37	98.56	76.78
		A ₁	4.80	0.120	33.05	15.50	46.90
〔23〕	糊状モダー Pasty moder	F	4.31	0.708	99.77	68.42	68.58
		H	4.20	0.496	83.04	69.96	84.25
		A ₁	4.60	0.188	48.72	35.99	73.87
〔32〕		F	3.77	0.455	129.12	88.00	68.15
		H	3.92	0.145	64.24	56.00	87.50
		A ₁	5.40	0.115	39.68	12.80	32.26
〔41〕		F	4.43	0.829	118.77	84.33	71.00
		H	4.32	0.412	71.30	59.60	83.60
		A ₁	4.72	0.217	31.12	13.80	44.34
〔43〕		F	4.90	1.401	89.25	35.68	39.98
		H	4.63	0.672	51.93	45.00	86.66
		A ₁	4.93	0.418	53.82	24.80	46.08

調査地 番号 Plot No.	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層位 Layer	pH	置換性石灰 Exch. CaO. %	塩基置換容量 Exch. cap. m. e./100g	置換性水素 Exch. H. m. e./100g	塩基不飽和度 Degree of unsaturation
〔9〕	粉状モダ- Powdery moder	F	4.50	0.874	117.56	83.00	72.30
		H	3.82	0.571	139.16	113.00	74.03
		A ₁	3.96	0.193	134.41	120.75	84.20
〔16〕		F	4.63	0.728	141.00	78.66	55.78
		H	4.23	0.634	124.20	76.43	61.63
		A ₁	4.75	0.381	131.20	63.35	48.29
〔6〕	毛布状モル Matted mor	F	4.30	0.545	103.67	85.49	82.46
		H	4.20	0.480	107.66	92.72	86.12
		A	4.90	0.054	14.77	6.57	44.50
〔19〕		F	5.38	1.260	84.39	32.78	38.84
		H	5.92	1.857	123.01	23.01	17.76
		A	4.72	0.476	36.93	121.79	59.00
〔20〕		F	4.83	0.836	79.53	36.28	45.62
		H	4.32	0.372	89.09	73.71	82.74
		A	4.73	0.034	36.29	22.43	61.81
〔27〕		F	4.80	0.557	85.14	50.00	58.72
		H	4.20	0.506	91.64	85.90	93.73
		A	4.60	0.057	20.42	13.20	64.64
〔44〕		F	5.10	1.317	124.80	79.26	63.51
		H	4.24	0.595	92.80	52.27	56.33
		A	4.43	0.324	36.63	23.52	64.21
〔8〕	細屑状モル Detritus mor	F ₁	4.81	0.616	105.47	59.16	56.09
		F ₂	4.28	0.241	112.84	74.40	65.93
		A	4.10	0.027	32.16	28.75	89.39
〔14〕		F ₁	4.51	0.571	161.16	77.60	48.16
		F ₂	4.27	0.371	167.16	133.07	79.80
		A	4.20	0.028	39.28	38.13	97.07
〔38〕		F ₁	3.98	0.534	99.60	80.00	80.29
		F ₂	3.89	0.337	148.75	121.68	81.80
		A	4.12	0.025	24.38	22.75	93.31
〔24〕	海綿状モル Spongy mor	F ₁	4.42	0.174	96.03	29.49	30.71
		F ₂	4.02	0.524	125.24	94.73	75.63
		(H)	4.29	0.345	104.36	66.50	63.02
		A	4.42	0.066	16.32	14.32	87.74
〔29〕		F ₁	4.41	0.504	95.68	65.25	68.20
		F ₂	3.96	0.426	108.32	93.32	86.15
		A	4.45	0.105	8.14	6.70	82.31
〔45〕		F ₁	4.15	0.680	99.25	75.00	75.59
		F ₂	3.78	0.253	108.98	95.50	87.63
		A	4.40	0.011	11.82	9.40	79.30
〔46〕		F ₁	4.67	0.517	98.03	35.20	35.91
		F ₂	4.63	0.476	121.35	48.80	40.21
		A	4.36	0.017	19.52	14.40	73.77
〔25〕	テツクス状モル Tex mor	F ₁	5.10	0.518	103.88	66.82	64.32
		F ₂	4.70	0.525	125.07	64.31	51.42
		A	4.60	0.424	52.93	24.44	46.17
〔28〕		F ₁	4.36	1.064	98.27	60.00	61.05
		F ₂	4.25	0.588	101.00	68.00	67.92
		A	4.43	0.012	7.46	4.80	64.39
〔30-1〕		F ₁	4.60	1.018	112.54	77.68	69.02
		F ₂	4.05	0.378	114.93	95.19	82.72
		A	4.43	0.038	21.16	15.86	74.95
〔40〕		F ₁	4.40	0.845	110.04	70.54	64.10
		F ₂	3.90	0.308	111.91	93.44	83.50
		A	5.10	0.617	63.24	12.50	34.49

前述の堆積腐植について酸度、置換性石灰含量ならびに塩基不飽和度などをおのおの次の方法によつて求め、各形態の堆積腐植の示すこれらの性状ならびに林床に優占する林床植物との間の関係をうかがつた。

pH については試料 1 に対して水分割合が最も少なく、かつ電極が十分試料に接触するに必要な量、すなわち 4 の割合に再蒸留水を加え、1 昼夜放置後、懸濁液のまま Quinhydrone 電極によつて測定し、3~5 回の測定値の平均を求めた。

置換性石灰については塩化アンモニアの 1 規定液を用い、試料 5 g を連続洗浄して 1 l とし、このなかの石灰量を常法により求めた。なお F または F₁ 層などの置換性石灰として示したものは方法として置換性塩基を測定する方法によつたため、厳密には給源としての石灰として解釈した。

置換性水素ならびに塩基置換容量は 1 規定酢酸バリウムおよび 1 規定塩化バリウム液を用い、硝子濾過器を用い、炭酸ガスを含まない空気中で濾過する方法によつた。PARKERS は洗浄にエチルアルコールを用いたが、本研究の対照物が植物遺体からなり、後述のようにアルコール可溶性有機物を含有する結果、これの使用を止め、再蒸留水による洗浄を行つた。置換性水素は電気滴定により、吸着された Ba については硫酸バリウムによる常法によつた。えた結果は第 7 表のとおりである。この表から堆積腐植各形態について各層位における pH の範囲を示せば次表のとおりである。

堆積腐植の各層位の pH の範囲

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	pH (in H ₂ O)		
	F ; F ₁	H ; F ₂	A ₁ ; A
粒状ムル Crumb mull	4.9~5.5		5.0~5.3
盤状ムル Firm mull	5.2~5.5		4.7~5.3
根網ムル Root mull	4.9~5.1		5.1~5.2
粒状モダ一 Grain moder	4.2~5.2	4.0~4.9	4.4~5.5
糊状モダ一 Pasty moder	3.7~4.9	4.2~4.8	4.6~5.4
粉状モダ一 Powdery moder	4.5 ; 4.6	3.8 ; 4.2	3.9 ; 4.7
毛布状モル Matted mor	4.3~5.3	4.2~5.9	4.4~4.9
細屑状モル Detritus mor	3.9~4.8	3.8~4.5	4.1~4.2
海綿状モル Spongy mor	4.1~4.6	3.7~4.6	4.3~4.4
テックス状モル Tex mor	4.3~5.1	3.9~4.7	4.4~5.1

粒状ムルの F 層の pH は 4.9~5.5 を示し、A₁ 層のそれは 5.0~5.3 を示し、粒状ムルの F 層の pH に比して A₁ 層のそれは一般に高い値を示している。盤状ムルの F 層の pH は 5.2~5.5 を、A 層においては 4.7~5.3 を示し、この場合には A 層の pH は F 層の pH に比して低い結果を示している。根網ムルの F 層は 4.9~5.1 を、A₁ 層は 5.1~5.2 を示し、粒状ムルと同様に F 層の pH に比して A₁ 層のそれは高い結果を示している。

ムルのおのおのの形態について見ると、F 層の pH は盤状ムルのものが最も高い値を示し、これについて根網ムルの pH 高く、粒状ムルの F 層は盤状ムルのそれに近いものを示すものもあるが、一般にこれより低い傾向を示している。A₁ または A 層の pH を比較すると、根網ムルのそれが最も高く、これについて粒状ムル高く、盤状ムルの A 層は他に比較して一般に低い傾向を示し、F 層の場合とごとなる結果を示している。

本調査において盤状ムルの分布する地域はトドマツに広葉樹の混交する林分にしてその下にクマイザサ

が優占種として出現するところであり、盤状ムルの F 層の pH が他の針葉樹林の F 層に比較して高い pH を示すことはかかる広葉樹落葉に原因することが多いであろう。また粒状ムルの F 層が広い範囲の pH を示すことは林床植物の遺体と針葉樹落葉の混合割合がことなることに原因し、根網ムルのそれが粒状ムルのそれに比して高低の少ない結果をもたらすことはゴンゲンスグなどが優占し、かかる堆積腐植の出現する地域は一般に林冠が疎開し、そのために針葉樹落葉の混合が比較的少なく、主としてこれらの林床植物の遺体が示す pH に多く支配されるのであろうと第 6 表の結果からも想像される。

モダグーについて見れば、粒状モダグーの F 層は pH 4.2~5.2 を示し、H 層のそれは 4.0~4.9 を示し、H 層は F 層に比較して比較的低い値を示している。A₁ 層のそれは 4.4~5.5 を示し、F 層ならびに H 層の pH に比しやや高い値を示している。糊状モダグーの F 層について見れば、pH 3.7~4.9 を示し、H 層は pH 4.2~4.8 を示し、この形態においても F 層の pH に比較して H 層のそれはやや低い傾向を示し、A₁ 層においては pH 4.6~5.4 を示し、F および H 層の pH よりも高く、粒状モダグーと同様の傾向をたどることが認められた。粉状モダグーはわずかに 2 地点にすぎず両者は林床植物から見れば全くことなるが、オガラバナを優占種とする地点の F 層は pH 4.5 を示し、H 層は pH 3.8 を示し、シラネワラビを優占種とする地点の堆積腐植の各層位の pH に比して低い結果を示している。また A₁ 層について見ると、オガラバナを優占種とするものは pH 3.9 を、シラネワラビを優占種とする地点では pH 4.7 を示している。粒状ならびに糊状モダグーにおいては F 層より H 層に一時 pH は低く、A₁ 層においてふたたび上昇する傾向を示すが、この種の堆積腐植においても同様の傾向を示すとともに、優占する林床植物ごとにおのおのの層位の pH に大きな差を認めることができた。

モルのうち毛布状モルの F 層は pH 4.3~5.3 を示し、H 層のそれは 4.2~5.9 を示し、A 層について見ると、pH 4.4~4.9 を示し、ムルまたはモダグーと同様に F 層から H 層に低下し、A 層においてふたたび高い値を示すものと、F 層から H 層に一時高い値を示し、A 層においてふたたび低下する傾向のものが認められる。後者に属する傾向を示すものは前に林床上に優占、繁茂していたクマイザサがなんらかの理由によつて一時に全面的に枯死、倒伏したといわれる地点に認められ、他はゴンゲンスグ、シラネワラビなどが優占する地点に多いことが知られる。すなわち後者の F 層と H 層とはこれを構成する植物遺体がことなり、現在 H 層を構成するものはクマイザサの遺体が一時に多量に堆積し、分解、腐植化などの変質作用をうけているに対し、F 層はこの植物遺体にトドマツなどの落葉が多く混合したため、H 層はクマイザサの遺体の影響を残し、他の堆積腐植の各層位の pH や本形態の他の場合とことなる結果を示すものであろう。この結果〔19〕調査地の堆積腐植を除けば、毛布状モルの F 層は pH 4.3~5.1 を、H 層は pH 4.2~4.3 を示し、A 層は pH 4.4~4.9 を示す。細屑状モルの F₁ 層は pH 3.9~4.8 を示し、F₂ 層の pH は 3.8~4.5 を、A 層においては pH 4.1~4.2 を示している。しかしこの種堆積腐植の pH は F₁ 層に最も高く、F₂ これに次ぎ、さらに A 層に低い値が認められた。海綿状モルについて見ると、F₁ 層の pH は 4.1~4.6 を示し、F₂ 層のそれは 3.7~4.6 を示し、A 層においては pH 4.3~4.4 を示し、F₁ 層から F₂ 層に低く、A 層にふたたび高い値を示す傾向が一般に認められ、細屑状モルとその趣をことにすることが知られる。テツクス状モルについて見ると、F₁ 層の pH は 4.3~5.1 を示し、F₂ 層のそれは 3.9~4.7 を、A 層においてはやや高く 4.4~5.1 を示し、一般的に F₁ 層から F₂ 層に低い値を示し、A 層にふたたび高い値が認められる。かくしてモルにおいても毛布状モルの一部ならびに細屑状モルを除けば、上層から下層に pH は一時低くなり、A 層においてふたたび上昇する傾向を認めることができ

た。

以上の結果を通覧すれば、同一の形態に属するものも比較的広い範囲の pH を示して、各形態間において劇然としたものを認めることは困難である。本調査において得られた各形態、各層位の測定値の最低値を見ると、盤状ムルの F 層はその最低値においても他のムルのそれに比して高く、粒状ムルならびに根網ムルはほぼ相等しい値を示し、他の形態の F 層または F₁ 層の値に比して高い pH を示している。しかし F 層のうち最も低い最低値を示すは糊状モダーにして、これについて細屑状モル高く、粒状モダーならびに海綿状モル、毛布状モルならびにテックス状モルはほとんど同様の結果を示している。各形態の F 層が示す測定値の最高値を比較すると、ムルに属するものうち盤状ムルが最も高く、他のもののそれはほぼ相等しく、ムルに属するものうち根網ムルが粒状モダーならびに毛布状モルに劣る以外は、ムルは他の形態に属するものの F 層または F₁ 層に比して高い pH を示す場合のあることが知られる。これについて毛布状モルが高い値を示し、粒状モダー、テックス状モル、糊状モダーなどの順に低く、粉状モダーならびに海綿状モルは最も低い値を示す場合があることをうかがうことができる。ただ毛布状モルの最高値は特殊の原因により生じた場合のものが示すとして、これを除けば、その最高値は pH 5.1 を示し、粒状モダーの F 層の最高値にやや劣る結果を示すにいたる。この結果から見れば、ムルに属するものの F 層の pH は最高ならびに最低値は一般に他の形態の F 層に比較して高いところに存在することを示し、ムルの F 層の pH は他の形態のものの F 層または F₁ 層のそれに比して高い値を示すであろうと想像される。モダーのうち糊状モダー F 層が最低値において最も低いものが存在する以外はモルに比して高いか、ほぼ相等しい値の存在をうかがうことができ、最高値はモダーのうち粒状モダーが最も高いもの示し、糊状モダーこれにつく結果を示している。モダーの F 層に関するこれらの値はモルの F または F₁ 層と明らかな区分を示さず、類似の値の範囲内に分布するように考えられる。

モルについて見ると、テックス状モルの F₁ 層の最低値は他のモルのそれに比し最も高く、細屑状モルのそれは最も低い値を示し、最高値においては毛布状モルの F 層は粒状ならびに根網ムルの F 層に近い値を示し、テックス状モルの F₁ 層も根網ムルの値に近く、他の形態に属するものの F₁ 層は一部のモダーに近い値を示している。

H 層またはこれに相当する位置にある F₂ 層の pH の比較において最低値を見れば、粉状モダー、細屑状モル、海綿状モルならびにテックス状モルはほぼ相等しい値を示して、他のモダーまたはモルのそれに比して低い結果を示し、最高値は粒状モダー最も高く、これについて糊状モダー高く、粉状モダー最も低い結果を示している。

最高値は粉状モダーを除けば、他のモダーはモルに比して高く、最低値も同様に粉状モダーを除けば、一般的にはモダーがモルよりも高い値を示している。この結果 H 層または F₂ 層の pH はある種のモダーを除けば一般的にモダーのそれはモルの F₂ 層に比して高い pH を示す機会が多いであろうと想像される。

A 層の最低値について見ると、粒状ムルのそれと根網ムルのそれはほぼ類似の値を示すが、盤状ムルのそれは F 層の場合とことなり、前 2 者に比して低い値を示している。糊状モダーの A₁ 層はこの盤状ムルに近い値を示し、粉状モダーの一部がモダーのうち最低の値を示している。しかしこれを除けば、一般的にモダーのそれはモルの相当値に比較してやや高い傾向を示している。

最高値について見れば、粒状モダーが最も高い結果を示し、これについて糊状モダーおよびムルに属する各形態のものが高く、テックス状モル、毛布状モルの順に低く、細屑状モルにおいて最も低い値を示し

ている。この結果から A 層の pH は全般的にムルにおいて高く、これについて粉状モダ-の一部を除けば、モダ-はモルよりも高い pH を示す傾向にあることをうかがうことができよう。

以上の結果を総合すると、ムルに属する堆積腐植の F 層ならびに A₁ 層の pH は他の形態の堆積腐植のおおのに比較して高い傾向を示し、モダ-においてはモルのおおのの層と比較して、F 層においては明らかに区分される傾向を認めえないが、H 層または F₂ 層とを比較すれば、粉状モダ-の一部を除けば、モダ-は最高値ならびに最低値においてモルのそれらよりも高く、一般的にモルよりも pH の高いことを思わせる。A 層においてはモダ-は最高値においてムルに優るものを認めることができるが、最低値においてムルに劣り、モルと比較しては最高値、最低値ともに粉状モダ-を除けば、モダ-が高い傾向にあり、モルに比して高いことを想像せしめる。

HESSELMAN³⁴⁾ は一般に F 層は H 層に比して高い pH を示すが、堆積腐植下にある鉍質土壤はこれとは別の反応を示し、正常な灰白土においては H 層最も酸性で、この層から酸度は上の方に、また下の方に減少するとし、RHEINWALD³⁴⁾ も針葉樹林における堆積腐植はその下の土壤よりも酸性であるという KVAPIL ならびに NEMEC らの結果について同様の意見を有している反面、GORHAM²³⁾ は堆積腐植下の鉍質土壤は上の堆積腐植よりも平均値において酸度は弱い、表層の鉍質土壤とこれをおお堆積腐植間の pH には明らかな関係は認められないとしている。本調査における各形態の堆積腐植の各層位と鉍質土壤表層との pH を比較すれば、一般的な傾向としては各学者が認めた結果と一致するが、鉍質土壤表層の pH が堆積腐植の下部に位する層の pH よりも低い結果を示す場合も認められる。また KVAPIL ならびに NEMEC³⁷⁾ は広葉樹林においては堆積腐植の pH は鉍質土壤のそれよりも高い結果を認めているが、本道の 2, 3 の広葉樹林について調査した結果は次表のごとく、堆積腐植各層位の pH よりも鉍質土壤表層の pH は低い結果を示している。

第 8 表 広葉樹林の堆積腐植各層位の pH
pH in the several layers of the forest humus layers
under the broad-leaved forest

植 物 名 Name of plant	層 位 Layer	pH	植 物 名 Name of plant	層 位 Layer	pH
シ ナ ノ キ <i>Tilia japonica</i>	F	6.45	Mixed broad-leaved forest	F	6.10
	A ₁	6.05		H	5.95
	A ₂	5.64		A	5.52
シ ラ カ ン バ <i>Betula platyphylla</i>	F	6.10	ク マ イ ザ サ <i>Sasa paniculata</i>	L	6.14
	A	4.94		F	5.60
				A	4.98

(本調査試料は北見営林局白滝営林署管内白滝経営区の二次林について採取されたもので、本調査地の堆積腐植はシナノキ純林の場合は粒状ムル、シラカンバ純林のものは盤状ムル、また広葉樹混交林のものには粒状モダ-と考えられた。クマイザサのみが繁茂する無立木地のものはシラカンバ純林と同様盤状ムルを呈していた。)

かく同様の堆積腐植の形態をとるにもかかわらず、本調査に供された針葉樹林の粒状ムルの F 層と A₁ 層との pH の関係が以上の広葉樹林の場合とことなるは落葉の種類に大きく左右されると考えられ、本調査の盤状ムルが広葉樹林地の堆積腐植の pH と同様の傾向を示すことは、前にも述べたようにこの種堆積腐

植の出現した地点が針葉樹にミズナラなどの広葉樹を混交する結果によるものと考えられよう。

堆積腐植の各層位の pH は以上のごとく、F 層から A 層に上昇する傾向を示す場合や、F 層から H 層または F₂ 層に一時低く、A 層にふたたび上昇する傾向を示す場合が多く認められるが、盤状ムルや細屑状ムルのごとく、ときに上層から下層に低下する傾向を示す場合も認められる。堆積腐植、ことに F 層などの pH はこれを構成する林木や林床植物の pH に影響されることが多く、また鉍質土壌表層の示す pH は鉍質土壌の性質やこれに含まれる腐植の種類や量などに支配され、ために各層位間の pH が以上のような関係の上にあると考えられる。

ついで各種堆積腐植の各層位に含まれ、1 規定塩化アンモニア液に溶出してくる石灰を置換性石灰とし、これの消長を見ると第 7 表のとおりである。この表から堆積腐植各形態について各層位におけるこれらの含量の範囲を示せば次表のとおりである。

堆積腐植各層位の置換性石灰含量の範囲

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	置換性石灰(乾物中) Exchangeable calcium on basis of dry matter		
	F ; F ₁	H ; F ₂	A ₁ ; A
粒状ムル Crumb mull	0.85~1.56 %		0.25~0.52 %
盤状ムル Firm mull	0.82~1.00		0.11~0.46
根網ムル Root mull	0.93~1.19		0.27~0.68
粒状モダー Grain moder	0.38~1.51	0.22~1.07	0.12~0.21
糊状モダー Pasty moder	0.46~1.40	0.15~0.67	0.12~0.42
粉状モダー Powdery moder	0.73 ; 0.87	0.57 ; 0.63	0.19 ; 0.38
毛布状モル Matted mor	0.55~1.32	0.37~0.60	0.03~0.48
細屑状モル Detritus mor	0.53~0.62	0.24~0.37	0.025~0.028
海綿状モル Spongy mor	0.17~0.68	0.25~0.48	0.011~0.11
テツクス状モル Tex mor	0.52~1.06	0.31~0.59	0.012~0.62

粒状ムルの F 層中に含まれる置換性石灰は 0.8~1.6 % を示し、盤状ムルのそれは 0.8~1.0 % を、根網ムルの F 層は 0.9~1.2 % を示し、この結果からムルの F 層は 0.8~1.6 % の置換性石灰含量を示すようである。A₁ 層中の置換性石灰含量について見れば、粒状ムルにおいては 0.2~0.5 %、盤状ムルにおいては 0.1~0.5 %、根網ムルのそれは 0.3~0.7 % を示し、F 層に比すれば、はなはだしく低い結果を示し、また盤状ムルの A 層は他のムルの A₁ 層に比して低い石灰含量を示すものが認められた。

モダーのうち粒状モダーの F 層は 0.4~1.5 % を示し、H 層は 0.2~1.1 % を、A₁ 層は 0.1~0.2 % を示し、糊状モダーの F 層は 0.5~1.4 %、H 層は 0.1~0.7 % を、A₁ 層は 0.1~0.4 % を示している。この結果両者の F 層は 0.4~1.5 % を、H 層のそれは 0.1~1.1 % を、A₁ 層は 0.1~0.4 % を示し、両者の F 層ならびに H 層の置換性石灰含量の範囲ははなはだ類似したものを示し、A₁ 層の場合には糊状モダーがこの範囲のうち高い部分を占めている。

モルについて見ると、毛布状モルの F 層は 0.5~1.3 % を、H 層は 0.4~1.9 % を示し、同一の堆積腐植においては F 層から H 層にモダーの場合と同様に減少の傾向を示すが、[19] 調査地の場合にはこの傾向を示さず、F 層の石灰含量に比して H 層のそれは高い価を示している。この堆積腐植の pH も普通の F 層から H 層に低く、A 層に高くなる傾向とはことなり、H 層に最も高い結果を示している。これについては前述のごとく、この地点においてクマイザサが一時急激に枯死、倒伏して地表をおおい、その上に針葉

樹落葉が堆積し、しかもこれらのうち現在H層を構成する部分の有機物は土壤微生物の作用によつて速やかに変質作用を起し、現在の外観を呈するにいたつたものと考えられ、結果ここに石灰の集積をきたしたものであろう。A層はこの形態の堆積腐植においては0.03~0.5%を示し、はなはだしく低い置換性石灰含量を示す場合が認められた。細屑状モルのF₁層は0.5~0.6%の石灰含量を、F₂層は0.2~0.4%を、さらにA層は0.03%を示し、海綿状モルのF₁層は0.2~0.7%を、F₂層は0.3~0.5%を、A層は0.01~0.1%を示し、細屑状モルの各層位に比較してこの形態の堆積腐植各層位は大差ない置換性石灰含量を示している。テックス状モルのF₁層は0.5~1.0%の含量を、F₂層においては0.3~0.6%を示し、この場合もときにF₂層の石灰含量がF₁層のそれよりもまさる場合が知られる。A層は0.01~0.6%を示し、一部に高く、一部に低い結果を示している。しかし今本調査に用いたこれらテックス状モルの外観を見ると、〔28〕ならびに〔30—1〕の両調査地の堆積腐植はその下に横たわる鉍質土壤表面と明りような境界を示し、明らかにモルの特徴を示す形態をとつているが、〔25〕ならびに〔40〕の両調査地のそれは前二者に比してこれらの間の境界はやや不明りようである。すなわちF₁層ならびF₂層は前二者と同様に明らかにテックス状モルの形態をとるにかかわらず、鉍質土壤表面はむしろムルまたはモダーに類似の外観を呈している。しかしA層の置換性石灰含量について見ると、前2調査地のものは細屑状または海綿状モルのA層のそれに類似し、はなはだしく低いが、後の2調査地のそれは根網ムルまたは糊状モダーなどのA₁層に近い結果を示している。この形態の堆積腐植の成因がトマツなどの針葉樹稚樹群生によると思われるにおいては、これらの発生に都合のよい前の堆積腐植ならびに林床植生の状態が大きな役割を演ずるであろう。館脇¹²⁸⁾によればかかる林分の形成は藓類を優占種とした地域の植生の移行状態にあるものとし、また服部³¹⁾によればトマツの天然更新は藓類が林床に優占種として存在する地域のみならず、ゴンゲンスゲが優占する地域においても認められるとしている。これらの結果から藓類のみならず、そのほかこれらの林分を導くに満足される林床状態においては同様の結果が生じ得るものと考えられる。この見地からすれば、後の2調査地の出現は過去においてムルまたはモダーを形成したものの上に現在の林分が生じ、その結果かかる形態の堆積腐植が出現するとともにいまだ過去の残形を鉍質土壤表面やその上部に残留し、かかる外観を呈するにいたつたものではないかと推測される。この結果とくにA層の置換性石灰含量の上に前二者のそれとことなつたものを示すものであろう。

以上のように各形態の堆積腐植の置換性石灰含量はF層またはF₁層からH層などにおいて減少し、さらにA₁またはA層に一般的傾向として減少することが認められる。ただ時にこの傾向とことなり、H層やA層に富むものが見られるが、これはその林地において生じた過去の植生の影響や差によるものであろうと考えられる。

ついで各形態の各層位間の置換性石灰含量を比較すると、F層においてはムルに属するものは他の形態のものよりも最高値ならびに最低値ともに高い値を示し、モダーについては粉状モダー以外のモダーの最高値はムルのF層のそれに近いが、最低値はムルの最低値よりもはるかに低い結果を示している。粉状モダーの最高値ならびに最低値はムルのそれよりも低い値を示しているが、他のモダーの最低値よりも高い結果を示している。毛布状モルのF層の最高値はムルならびにモダーのそれよりもやや低い値を示しているが、最低値はモダーのそれに近い値を示している。細屑状ならびに海綿状モルの最高値は粉状モダーのF層の最高ならびに最低値に及ばず、また他の形態のF層の最高値よりも常に低く、最低値は他のモルのそれとほとんど等しく、粉状モダー以外のモダーの最低値よりも高いが、ムルのいずれよりも低い値を示

している。テツクス状モルのF層の最高値は盤状ムルの最高値に近く、最低値はモルのそれに近い結果を示している。この結果F層に含まれる置換性石灰含量はムルにおいて一般に高く、粉状モダーならびに糊状モダーでははなはだしく高い含量を示すものがあると同時に、一方においてはいずれよりも低い場合も認められる。この傾向は毛布状モルならびにテツクス状モルにおいても認められるところで、細屑状ならびに海綿状モルのF₁層は他のいずれよりも一般に低い結果を示すようである。

HまたはF₂層中に含まれる置換性石灰量について見ると、毛布状モルの一部を除けば、粒状モダーの最高値が他の形態のものに比べて最も高く、糊状モダーの最高値これにつき、粉状モダーは2カ所ともこれにつく値を示している。テツクス状モルのうち2カ所はこれに近い最高値を示し、他はむしろ細屑状または海綿状モルの最高値に近い。最低値について見れば、粉状モダーを除いては毛布状モル最も高く、糊状モダーが最も低い結果を示す以外は大差なく、この結果HまたはF₂層の置換性石灰についてはモダーに属する形態のものが毛布状モル以外のモルに比して比較的多量に含む場合が多く、モルのF₂層はモダーに比べれば僅少の石灰含量を示すが、最高ならびに最低値間の差はモダーほどはなはだしくない。毛布状モルのH層中に含まれる石灰含量も〔19〕調査地以外は比較的類似した値を示し、モルのうち比較的高い値を示している。テツクス状モルのF₂層も毛布状モルのそれに似た値を示し、モルのうち細屑状ならびに海綿状モルのF₂層は比較的置換性石灰含量に乏しいことをうかがうことができる。

A₁層またはA層の置換性石灰含量について見ると、本調査のうち最高値は根網ムルに見られるが、一般にムルは高い最高値を示し、これについて一部のテツクス状モルのA層に認められる。毛布状モル、糊状モダー、粒状モダーの順に減少し、細屑状ならびに海綿状モルの最高値は最も低い結果を示している。その最低値は最高値と同様に根網ムル最も高く、粒状ムルこれに次ぎ、盤状ムル、粒状モダーならびに糊状モダーはほぼ類似の最低値を示し、毛布状モルは最高値の場合とことなり、他のモルと同様はなはだしく低い最低値を示している。

ムルのA₁層中の置換性石灰もその分布範囲内においては比較的低い部分に多く認められるが、盤状ムル以外は粒状モダーのそれよりも高い石灰含量の範囲を示すものが多く、糊状モダーのA₁層とはほぼ等しい傾向を示している。毛布状モルのA層中に含まれる石灰含量はその範囲は広いが、低い値のところにも多く、細屑状ならびに海綿状モルはすべて最低値に近く、毛布状モルとはほぼ同様の傾向を示すものが多い。テツクス状モルのA層中の置換性石灰含量は2分され、最低値に近く細屑状ならびに海綿状モルのそれに近い結果を示すものと、しからざるものとが認められる。この結果は前に述べたように、テツクス状モルが生成される林型を誘導する堆積腐植の相違に由来すると考えることができるであろう。すなわち、ゴングスグなどが優占する根網ムルのA₁層と藪類などが優占する海綿状モルのA層との置換性石灰含量を比較すると、テツクス状モル下のA層の置換性石灰含量が示す傾向を2分して考えることができ、以上の結果を現在の林型に導いた過去の堆積腐植の差に帰することができるようである。

第3項 堆積腐植の塩基置換容量および塩基不飽和度

地表上に落下、堆積した植物遺体はその環境条件や植物遺体の有機ならびに無機組成が適当であれば、いわゆる分解作用をこうむるが、これらの条件が分解作用に十分に満足的でなければ、この作用のほかには諸種の変質作用をこうむり、初期の植物遺体を構成した有機組成は破壊され、その間種々の生化学的变化をこうむり、漸次酸性物質が生成されるにいたり、条件が満される状態においては、これらのものは重合または縮合などの作用をこうむり、高分子化合物が生成されるといわれている⁹³⁾。しかして条件が満され

ない場合には電解質に対して安定な有機物の生成が行われ、この合成作用を阻害する条件にあれば、腐植酸前段階物質のままの存在⁹³⁾も考えられる。これらの諸変化は常に堆積腐植内において行われ、ために生成される酸性物質の酸基を中和するに十分な塩基が存在しない場合には、ここに塩基に不飽和な酸性有機物の集積が行われる。これらの生成はますます土壌に酸性を付与し、かつ電解質に対して安定な腐植酸の生成が誘発され、遊離腐植酸は移動性を強め、GEDROIZ, MATTSON, STEBUTT¹¹⁸⁾、そのほかの学者が述べているように、土壌の灰白土化作用を導く原動力となろう。TAMM¹²²⁾、LUNDEGÅRDH, LUNDBLAD⁶³⁾などは堆積腐植の形態、林木、林床植物の種類などと土壌の灰白土化作用との間に関係のあることを認めている。しかして前述のように本調査において優占する林床植物と堆積腐植の形態の上にある程度の関係が認められ、また堆積腐植の各形態における pH や置換性石灰含量に相違が認められ、さらに鉱質土壌表層中に含まれる置換性石灰含量と堆積腐植の形態との間に関連が認められた。

かくして樹種、林床に優占する林床植物の種類、さらにこれらに伴う堆積腐植の形態と pH や置換性石灰などの関連性をうかがうことができ、これから堆積腐植中に生ずる変質過程もおのずからことなるであろうと想像される。これらの結果有機物中に存在する酸基に対する塩基の飽和度にも諸種の相違がうかがわれるところである。

本調査に用いられた堆積腐植の 2, 3 について各層位の塩基置換容量、置換性水素ならびに塩基不飽和度を求めるに別表 (第 7 表) のとおりである。さらにこの結果から各形態ごとに塩基置換容量の最高、最低値を示せば次のとおりである。

堆積腐植各層位の塩基置換容量の範囲 (乾物 100 g に対する m. e.)
Range of base exchange capacity in the several layers
of the forest humus layers

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	塩基置換容量 Base exchange capacity m. e. per 100 g of dry matter		
	F ; F ₁ m. e. /100 g	H ; F ₂ m. e. /100 g	A ₁ ; A m. e. /100 g
粒状ムル Crumb mull	78~116		33~ 63
盤状ムル Firm mull	75~ 98		30~ 49
根網ムル Root mull	88~115		40~ 57
粒状モダー Grain moder	50~118	60~128	33~ 61
糊状モダー Pasty moder	89~129	52~ 83	31~ 54
粉状モダー Powdery moder	118 ; 141	124 ; 139	131 ; 143
毛布状モル Matted mor	80~125	89~123	15~ 37
細屑状モル Detritus mor	100~161	113~167	24~ 39
海綿状モル Spongy mor	96~ 99	108~121	8~ 20
テックス状 Tex mor	98~113	101~125	7~ 63

堆積腐植各形態の塩基置換容量について見ると、ムルの F 層は盤状ムルの場合、他のムルのそれよりも低い傾向を示すが、他の 2 者のそれはほとんど等しい結果を示している。モダーの F 層について見れば、粒状モダーの最高値はムルのそれにはほぼ等しいが、最低値は低く、糊状モダーの場合、ムルのいずれの値よりも高い結果を示している。粉状モダーのおのおのはムルならびに他のモダーの最高値よりも高い。モルの F ないし F₁ 層は他の堆積腐植形態の F 層に比較して、一般に高い塩基置換容量を示している。すな

わち毛布状モルの最高値は糊状モダーの最高値に、海綿状モルの最高値は盤状モルのそれに近いが、テックス状モルの最高値は盤状モル以外のモルの最高値に等しく、最低値は毛布状モルのそれがモルの最低値に近いが、または劣るも、他の形態のモルは粉状モダー以外の他のいずれよりも高い結果を示し、最高値と最低値との差は比較的狭い。

H層またはF₂層の塩基置換容量について見ると、粒状モダーのH層の最高値は毛布状モル以外のモルのF₂層の最低値にややまさり、糊状モダーは本調査において求められたHならびにF₂層の最高値のうち最も低い値を示し、細屑状モルのF₂層の最高値が最も高い値を示している。各最低値のうち粒状ならびに糊状モダーのそれはいずれよりも低く、モルのF₂層の1/2にすぎない。しかして粉状モダーはとくに一般に高い塩基置換容量を示している。

A層の塩基置換容量について見ると、モルならびにモダーのおのおのの最高値はテックス状モル以外のモルのそれよりも高く、粉状モダーのそれはFまたはH層の塩基置換容量と同様に他のいずれよりもはなはだしく高い値を示している。しかして海綿状モルの最高値は他のA層よりも本調査結果よりすれば最も低い値を示している。最低値はモルならびにモダーにおいては粉状モダー以外はほぼ類似の値を示し、根網モルはやや高い値を示している。モルの最低値は他の形態のものよりも一般に低く、海綿状ならびにテックス状モルにおいては10 m. e./100 gにも達しない。

以上の結果から堆積腐植の塩基置換容量はF層またはF₁層からH層またはF₂層に一般に増大し、これよりA層に急激に低下する傾向を示している。

腐植の塩基置換容量は150~500 m. e./500 gに達し、粘土の塩基置換容量にまさるとされている⁹³⁾。これと同時に新鮮な植物遺体もわずかながら塩基置換を行い⁴⁾、腐植化の進展とともに漸次塩基置換容量は増加することが知られ⁹³⁾、堆積腐植の各層位の塩基置換容量が鉱質土壌のそれに比べて高く、またH層またはF₂層が上層位よりも一般に高い塩基置換容量を示すことは上層位を構成する有機物よりもこれらの層位を構成する有機物は変質過程が進ちよくし、結果塩基置換容量は有機物量の減少にもかかわらず高いと考えられる。A層についてはこの中に含まれる腐植の塩基置換容量は上層位のそれよりも高いが、有機物量が僅少であるため、全体としての塩基置換容量は上層のそれよりも低いことが説明される。これについて有機物の塩基置換容量を第7表の塩基置換容量は有機物のみによるものと仮定し、有機物100 gに換算して見れば、第9表の結果を得、この間の消息を明らかにすることができるであろう。

すなわちF層またはF₁層を構成する有機物の塩基置換容量は下位にある各層位の有機物の塩基置換容量のいずれよりも低く、A₁層またはA層に含まれる有機物の塩基置換容量は上層を構成する有機物のそれよりも高い結果を示している。各形態のFまたはF₁層の有機物は81~165 m. e./100 gの塩基置換容量を示すが、H層は128~240 m. e./100 gを、F₂層のそれは140~176 m. e./100 gを示し、F₂層の有機物はH層の有機物よりも低い塩基置換容量を示し、A層においてはモルのA₁層は256~377 m. e./100 gを、モダーのA₁層は256~338 m. e./100 gを示し、モルのA層は158~359 m. e./100 gを示している。この場合A₁層またはA層中の粘土の塩基置換容量は有機物の塩基置換容量に加算されたが、次表の結果から、上層から下層への有機物中の塩基置換容量の変化の傾向をうかがい知ることができるであろう。

後述のようにSIMON¹⁰⁵⁾の方法に従ってN/8 非化ソーダ可溶の有機物を酢酸塩緩衝液(pH 4.0)で処理し、これから硫酸マグネシウムによりA型ならびにB型腐植酸と称せられるものを分離し、前述の方法によりおのおのの塩基置換容量を求めた。その結果A型の腐植酸と称せられるものも、上層より下に層

第 9 表 堆積腐植の有機物の塩基置換容量

Base exchange capacity of the organic matter in the forest humus layer
On basis of dry matter

調査地号 Plot No.	層位 Layer	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	有機物	塩基置換容量	有機物の塩基置換容量
			Org. matter	Base exchange capacity	Base exchange capacity in org. matter
			%	m. e./100 g	m. e./100 g
〔5〕	F	Crumb mull	85.470	80.15	93.7
	A ₁		17.660	45.15	255.6
〔36〕	F		75.426	87.26	115.7
	A ₁		9.788	36.88	376.7
〔37〕	F		56.141	90.29	160.8
	A ₁		19.820	62.86	310.2
〔13〕	F	Firm mull	73.088	77.16	105.6
	A		16.010	48.62	303.7
〔17〕	F		82.237	98.37	119.6
	A		8.815	29.55	335.1
〔21〕	F	Root mull	72.400	115.18	159.1
	A ₁		17.570	47.45	264.4
〔35〕	F		75.940	88.33	144.1
	A ₁		15.055	56.63	276.0
〔10〕	F	Grain moder	75.740	81.90	108.1
	H		43.902	85.90	195.7
	A ₁		15.374	52.00	338.3
〔11〕	F		81.723	66.14	80.9
	H		56.875	72.91	128.2
	A ₁		21.087	60.52	287.0
〔23〕	F	Pasty moder	86.090	99.77	115.9
	H		46.730	83.04	177.7
	A ₁		18.230	48.72	267.3
〔32〕	F		78.049	129.12	165.4
	H		30.680	64.24	209.4
	A ₁		15.482	39.68	256.3
〔9〕	F	Powdery moder	75.541	117.56	155.6
	H		72.307	139.16	192.4
	A ₁		45.167	143.41	317.5
〔6〕	F	Matted mor	80.640	103.67	128.6
	H		44.900	107.66	239.8
	A		5.120	14.77	288.5
〔27〕	F		89.590	85.14	95.0
	H		65.990	91.64	138.9
	A		12.890	20.42	158.4
〔8〕	F ₁	Detritus mor	89.008	105.47	118.5
	F ₂		80.860	112.84	139.5
	A		17.977	32.16	178.9
〔24〕	F ₁	Spongy mor	87.606	96.03	109.6
	F ₂		80.401	125.24	155.8
	(H)		51.899	104.36	201.1
	A		10.865	16.32	150.2
〔45〕	F ₁		80.206	99.25	123.7
	F ₂		68.964	108.98	158.0
	A		5.177	11.82	228.2
〔46〕	F ₁		75.117	98.03	130.5
	F ₂		75.604	121.35	160.5
	A		7.559	19.52	258.2
〔25〕	F ₁	Tex mor	78.390	103.88	132.5
	F ₂		83.340	125.07	150.1
	A		31.960	52.93	165.1
〔30-1〕	F ₁		89.523	112.54	125.7
	F ₂		65.487	114.93	175.5
	A		5.900	21.16	358.6

第10表 腐植酸 A 型および B 型の塩基置換容量

Base exchange capacity of the A- and B-type of the humic acids
On basis of dry matter

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層位 Layer	A - 型 A-Type m. e. /100g	B - 型 B-Type m. e. /100g
粒状ムル Crumb mull	F	381.0	480.0
	A ₁	318.2	339.2
	A ₂	366.4	396.2
	F	283.6	357.4
	A ₁	279.8	327.2
	A ₂	394.6	402.6
糊状モダー Pasty moder	A ₁	356.7	424.8
	A ₂	371.3	432.9
	F	255.0	350.5
毛布状モル Matted mor	H	318.6	400.6
	A ₁	373.7	445.2
	H	372.2	307.1
細屑状モル Detritus mor	A	472.5	515.3
	F ₂	343.3	414.4
海綿状モル Spongy mor	A	406.0	452.7
	F ₁	260.0	n. B.
	F ₂	377.4	408.7
	A	401.6	464.0
	F ₁	258.8	268.5
	A	305.3	303.3
	F ₁	278.3	400.4
	A	378.5	414.8

その塩基置換容量は増加し、B 型腐植酸においても同様の傾向にあることが知られ、真正腐植酸と称せられるものも、F 層より H 層または F₂ 層を経て A 層にその塩基置換容量は増大することがうかがわれる。

ついで置換性水素を各形態の各層位について見ると、第 7 表のような結果が得られ、ムルのうち根網ムルの F 層は他のムルのそれに比べて塩基置換容量には大差ないが、置換性水素は最高値ならびに最低値とも高く、盤状ムルの最高値は塩基置換容量の最高値と同様に他のムルのそれに比べて低い結果を示している。モダーに属するものの F 層について見れば、粒状モダーの最高値は盤状ムルの価以外のムルに比較してやや低い傾向を示すが、他はモルのそれとほとんど同様の価を示している。最低値も最高値と同様に粒状モダーがモダーのうち最も低く、毛布状モルの最低値に近い価を示している。糊状モダーならびに海綿状モルはほぼ相等しく、細屑状モルとテックス状モルもまた等しい。粉状モダーはともに高い置換性水素量を示している。

各層位のうち、塩基置換容量の高い H または F₂ 層の置換性水素量を見ると、糊状モダーがモダーのうち最も低い最高値を示し、モルにおいては毛布状モルが最も低いが、海綿状ならびにテックス状モルのそれに近く、細屑状モルが最も高い最高値を示している。しかして最低値は粉状モダー最も低く、これについて海綿状モルやや高く、最高値と同様に細屑状モルの最低値は本調査において最も高い。ただ粉状モダーのおのおのはいずれも他の形態のものに比べて、比較的高い置換性水素量を示している。毛布状モルのうち、とくに低い価を示すものが認められるが、これは前述のように特殊の成因による堆積腐植の H 層において認められた。

A 層の置換性水素量について比較すれば、ムルの A₁ 層の置換性水素は一般に他の形態のものよりも低

く、ムルのうち粒状ムルは塩基置換容量は他のムルよりも比較的高いにもかかわらず、置換性水素量は最高値ならびに最低値ともに他のムルよりも低い。モダーの A₁ 層のうち粉状モダーのおのおのは他のモダーの最高値よりも高く、これについて粒状モダーが最高値ならびに最低値ともに糊状モダーに優る。糊状モダーの最高値は根網ムルの最高値よりもわずかに高いが、最低値は低い傾向を示している。しかしてモダーの最低値は粉状モダーを除けば、盤状ならびに根網ムルのそれよりも低い。モルの A 層が示す最高値のうち細屑状モルの最高値が糊状モダーの最高値に比しやや高い以外、他のモルは一般に粉状モダー以外のモダーやムルのそれに近い最高値を示し、最低値は細屑状モルが粉状モダー以外のいずれよりも本調査結果においては高いが、他のモルのそれは他の形態に属するものの A₁ または A 層よりも低い値を示して

堆積腐植各層位の塩基不飽和度の範囲

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	塩基不飽和度 Degree of unsaturation		
	F ; F ₁	H ; F ₂	A ₁ ; A
粒状ムル Crumb mull	% 25~50	%	% 22~46
盤状ムル Firm mull	32~57		37~68
根網ムル Root mull	62~64		40~57
粒状モダー Grain moder	33~68	53~85	44~77
糊状モダー Pasty moder	40~71	84~87	32~73
粉状モダー Powdery moder	56 ; 72	62 ; 74	48 ; 84
毛布状モル Matted mor	39~82 (45)	18~93 (56)	45~64 (59)
細屑状モル Detritus mor	48~80	66~82	89~97
海綿状モル Spongy mor	31~76	40~88	73~87
テックス状モル Tex mor	61~69	51~84	34~74

いる。この結果よりすれば、A₁ または A 層の置換性水素量の最高値はムルとモルにおいてはほぼ相等しく、最低値はモルにおいてムルよりも低い結果を示すものが多いことを知った。

以上のように塩基置換容量ならびに置換性水素量は堆積腐植の各形態によつて相違を示すが、塩基置換容量に関しては腐植ならびに粘土、とくに腐植の量と質とが関係し、これの有する塩基置換容量のある部分を占有する置換性水素は吸着されている塩基の動勢と大きな関係を有する。有機物が分解することなく、ながく残留するときは植物遺体中に含まれる塩基類は雨水中の水素によつて置換流亡するとともに、ここに生ずる有機酸は塩基に欠乏し、有機膠質物中には多量の置換性水素が保有されるにいたる。かくして多量の置換性水素が保有され、膠質物の塩基不飽和度は漸次増大するにいたる。かかる状態が増大するに従い、腐植化の阻害、遊離腐植酸の生成が激化される。かく塩基不飽和度は有機膠質物の性状を物語るとともに、腐植化の阻害、鉍質土壌の生成過程に対する影響を物語るのであろう。

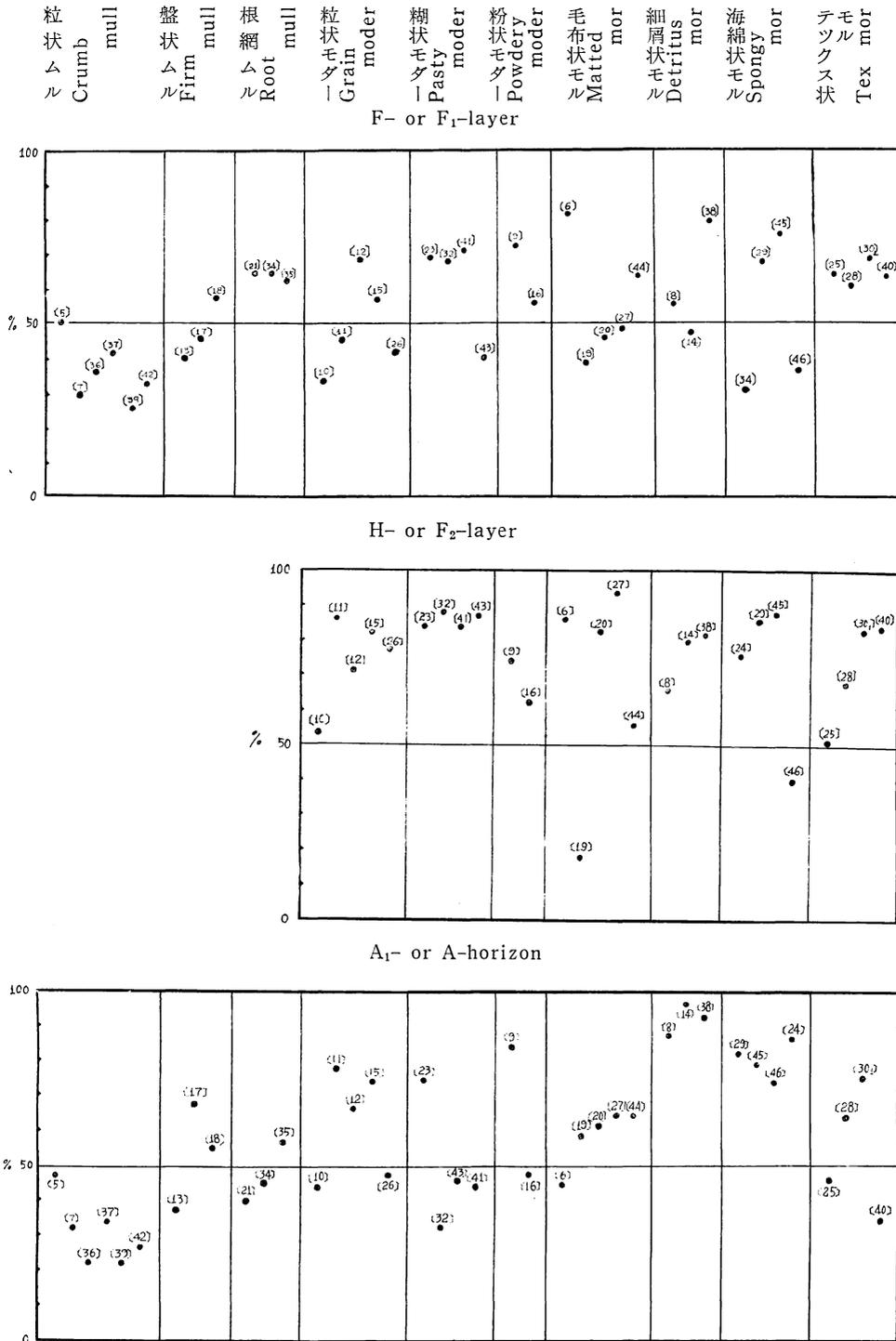
F 層の塩基不飽和度について見ると、ムルのうち粒状ムルの最高値ならびに最低値ともに他のムルのおのおの値よりも低く、根網ムルの両値は他のムルのそれらよりも高い結果を示している。粒状ムルは比較的高い塩基置換容量を示す F 層を有するにもかかわらず、その膠質物は比較的他よりも塩基に飽和されていることがうかがわれ、根網ムルは塩基置換容量は高いが、他のムルに比して比較的塩基に乏しいことを示している。モダーのうち粒状モダーならびに糊状モダーの F 層はムルのそれよりも高い最高値を示し、粉状モダーはともに高い値をしめしているが、ただ一つは前 2 者の最高値におよばない。モダーの塩基置

換容量の最高値はムルのそれに近いが、ややまさるとともに塩基不飽和度の最高値はムルのそれにまさつており、根網ムルに似た傾向を示している。塩基置換容量の最低値は粉状モダー以外のモダーにおいてはムルにまさる場合もあり、また劣る場合も認められたが、塩基不飽和度も同様の傾向を示している。ただ糊状モダーと根網ムルの塩基置換容量は両値ともに接近しているが、塩基不飽和度の最低値は根網ムルにおいて高く、最高値は糊状モダーにおいて高い。根網ムルの塩基不飽和度は3カ所の試料において62, 64, 64%を示すが、糊状モダーにおいてはおのおの40, 68, 69%を示し、糊状モダーの塩基不飽和度は前者に比して高い場合が多い。これらの結果からムルならびにモダーのF層の塩基不飽和度は粒状ムルにおいて比較的低いものが多く、盤状ムルならびに粒状モダーがこれについて低く、根網ムルならびに糊状モダーの順に比較的高い塩基不飽和度を示している。モルのFまたはF₁層について塩基不飽和度を見ると、テックス状モル以外のモルは他の形態のいずれよりもその最高値は高く、最低値は根網ムルのそれに劣るほかは大差はないようである。しかしてモルのFまたはF₁層は他の形態のものに比較して塩基置換容量高く、またその塩基不飽和度も他に比して比較的高い。

モルのうちテックス状モルならびに海綿状モルのF₁層は他のモルに比して最高値において低いが、最低値はテックス状モルがモルのうち最も高く、海綿状モル最も低い。テックス状モルの調査試料の塩基不飽和度は64, 61, 69, 64%を示し、海綿状モルは68, 76, 36%を示し、前者よりも低い場合もあるが、一般に高い値を示しており、細屑状モルならびに毛布状モルよりも一般に高い傾向を示すようである。しかしてこの結果は糊状モダーに近く、本調査試料から見ると、各形態の堆積腐植のFまたはF₁層の塩基不飽和度は海綿状モル、糊状モダー、テックス状モルならびに根網ムルの順に減少し、粒状ムルは他に比して一般に低いものを多く示すだろうと想像される。

HまたはF₂層の塩基不飽和度を比較すると、モダーのうち糊状モダーが最も高い値を示すが、粒状モダーのそれと大差はなく、粉状モダーのいずれよりも高い。最高値は前二者のうち糊状モダーが高い。モルについては毛布状モルのH層が最も高い場合を示し、これについて海綿状モルのF₂層が高い最高値を示している。最低値は細屑状モル最も高く、テックス状モル最も低いものを示している。しかして第3図のごとくこの場合各形態とも最高値に近いものが多くあらわれており、粒状モダーの場合53%を示すはただ1カ所の調査試料にすぎず、他の4カ所は70%以上を示しており、糊状モダーは試料のすべてが84%以上を示している。またモルにおいて見ると、毛布状モルのうち1カ所は18%、他の1カ所が56%を示すほかは83%以上の塩基不飽和度を示している。18%の塩基不飽和度を示すH層を有する堆積腐植は前述のように特殊の成因によるものと考えられ、一般的な毛布状モルのH層とは考えられない。細屑状モルは3試料のうち2試料が80%以上を示し、海綿状モルも同様に3試料のうち2試料は86%以上を示している。テックス状モルにおいては4試料のうち1試料が51%を示し、他の1カ所は68%を、残りの2試料は83%以上を示している。この結果各形態のHまたはF₂層の塩基不飽和度は大部分50%以上を示し、さらに80%以上を示すものが多数存在し、FまたはF₁層に比べて、モダー、モルの各形態とも高い値を示すようである。

つぎにA層の塩基不飽和度について見ると、最高値においてムルのうち盤状ムル最も高く、モダーにおいては粉状モダーを除けば、両者はほぼ相等しく、粉状モダーは一部前二者にまさるが、他の1つは粒状ムルに近い値を示し、はなはだしく低い。モルは細屑状モルにおいて最も高く、毛布状モル最も低い最高値を示している。最低値においてはムルのうち盤状ムルならびに根網ムルほぼ相等しく、粒状ムル最も低



第3図 堆積腐植各層位の塩基不飽和度

Degree of unsaturation of the several layers
in the forest humus layers

い。モダーにおいては粒状モダーが糊状モダーよりも高い最低値を示している。モルについて見ると、細屑状モル最も高い最高値を示し、毛布状モル最も低く、最低値は同様に細屑状モル最も高い値を示し、細屑状モルのA層は他のモルに比して比較的高い塩基不飽和度を示すであろう。A層の塩基不飽和度の分布を各形態ごとに見ると第3図のとおりである。

この図から見ると、粒状モルのA₁層における塩基不飽和度は調査試料のすべてが50%以下を示しており、盤状モルのA₁層は一部50%以下のものが認められるほかは50~70%の間に存在し、根網モルにおいてはF層は他のモルに比して比較的高い塩基不飽和度を示すが、A₁層のそれは粒状モルよりもやや高いが、50%以下の値を示すものが多い。

粒状モダーは50%以下のものは2カ所、60~80%を示すものは3カ所を示してやや高いものが多く、糊状モダーは一部74%を示すが、他は30~50%のうちに認められる。かくしてモダーのA₁層は盤状モルと同様に比較的いろいろの塩基不飽和度を示すが、モルにおいては一般に50%以上のものが多く、細屑状ならびに海綿状モルにおいては70%以上を常に示し、毛布状モルにおいては60~70%の塩基不飽和度を多く示している。テツクス状モルはモダーと同様にいろいろの塩基不飽和度を示すが、前に述べたように〔25〕ならびに〔40〕調査地は〔28〕ならびに〔30-1〕調査地とやや趣をことにし現在の堆積腐植の形態を有する以前は前2者の場合モダーないしムルを形成し、後2者はモルを形成したものが、林相の変化とともに現在の堆積腐植の形態を呈するにいたつたもので、A層にいまだおのおの姿を残しているものであろうと想像した。両者群の塩基不飽和度を見ると、前2者は他の2者に比して比較的低い結果を示して、この感をさらに深めるものである。

これらの結果を総合すると、粒状ならびに根網モルのA₁層における塩基不飽和度は比較的低いものが多く認められるが、細屑状ならびに海綿状モルは高いものが多く、盤状モル、モダーならびにテツクス状モルのそれは分散し、前2群に対してこれらは毛布状モルとともに中間的分布状態をとるようである。一般に塩基置換容量と同様にムルの場合はF層に塩基不飽和度は高く、A₁層に低く、モダーならびにモルにおいては塩基不飽和度はFまたはF₁層からHまたはF₂層に高く、A₁またはA層にふたたび低くなる傾向を示し、粉状モダーの一部ならびに細屑状モルおよび海綿状モルにおいてはF層からHまたはF₂層を経てA₁またはA層に塩基不飽和度は増加する傾向を示している。この傾向のほかはFまたはF₁層からHまたはF₂層に一時塩基不飽和度は低くなり、ふたたびA層に増加するものがあることが認められ、盤状モルにおいてはF層よりも高い塩基不飽和度を示すA層が認められた。

本道の針葉樹林地における堆積腐植各形態のpH、置換性石灰、置換性水素ならびに塩基置換容量を求めて、各形態間におけるこれらの状態を比較、検討した。

本調査試料のpHについて見ると、ムルのF層は他の形態のそれに比して一般に高いpHを示し、A₁層においても盤状モル以外のムルはやや高い傾向を示している。モダーのF層は最高ならびに最低値の範囲から見れば、モルのそれに近いpHを示しており、H層においては粉状モダーを除けば、モルのHまたはF₂層に比べて一般に高く、A₁層も粉状モダーを除けば、モルのA層に比して高い値を示している。ムルはFならびにA₁層ともに一般に他の形態のものよりも高いpHを示し、モルの各層位は最も低い傾向を有するものごとく、モダーのF層はモルのFまたはF₁層に近いpHを示すが、その下に横たわる各層位はムルならびにモルのおのおの層位の中間に位するように認められる。ただ粉状モダーは他のモダーとはやや趣をことにし、F層のpHは他のモダーと大差ないが、H層においてははなはだしく低く、海

綿状モルのF₂層に匹敵するものと、他はモダーのH層のpHに近いものを示すものが認められ、またA₁層においては細屑状モルのA層に、他の1つは他のモダーのそれに近いものを示している。

しかしして各層位におけるpHの変化は一般にF層からHまたはF₂層に一時低く、A層にふたたび上昇する傾向を示しているが、盤状ムルや細屑状モルにおいては上層より下層にpHは低下する傾向を示す場合も認められた。

本道のごとく湿潤、寒冷な気象条件においては有機物の変質過程の不円滑に伴い、石灰などの塩基が激しく溶脱され、遊離腐植酸の出現に伴って強酸性土壌の生成は前に述べた諸学者の研究結果から明らかにされているところである。しかしして本結果についてみると、ムルに属する堆積腐植はモルに属するものよりもおおよそのpHは高く、かつ置換性石灰含量もムルの各層位において高い事実を知ることができ、モルなどにおいては石灰の供給不十分なこととともに溶脱による石灰の欠乏、これに伴いpHの低いことを思わしめる。

有機物の変質過程が進ちよくとともに、有機物のある部分は消失し、またある部分のものは酸化され、塩基置換容量は漸次増加するにいたるとされ、また一方変質過程が緩慢に進む場合、初めに含まれた石灰などの塩基は溶脱され、水分中に含まれる酸性水素基が有機膠質物中に浸入、ここに塩基に不飽和の状態が招来される。ゆえに塩基不飽和度の消長は塩基置換容量とともに塩基溶脱の状態を物語るものであろうと考えられる。しかしして各堆積腐植の層位における塩基不飽和度は層位間においてやや趣をことにし、ムルのF層はA₁層に比して高く、モダーならびにモルのFまたはF₁層はHまたはF₂層よりも塩基不飽和度低く、A層もまたHまたはF₂層よりも低い傾向を示している場合と、FまたはF₁層が最も低く、漸次高い場合が認められた。もつとも新鮮な植物遺体に近いF層の塩基不飽和度について見ると、はなはだしい分散を示しているが、概括的に見ると、粒状ムルのF層は塩基不飽和度が他のものよりも低く、根網ムルのF層はムルのうちでは比較的高い塩基不飽和度を示しているように見受けられる。

HまたはF₂層の塩基不飽和度は各形態とも2、3の場合を除けば、70%以上を示し、A₁またはA層のそれもムルに比較的低く、モルのうち毛布状モルはモダーのそれに類似の値を示すが、細屑状ならびに海綿状モルのA層は他のものに比して高い塩基不飽和度を示している。

土壤膠質物からの塩基の溶脱ならびに水素イオンの浸入による塩基の不飽和の状態は以上のごとくにして上層から下層に一時増大するものと、上層から下層に漸次増加の傾向をたどるものがある。腐植は粘土に比べて大きな塩基置換容量を有する事実ならびに塩基置換容量は有機物の変質過程とともに変化する事実から、以上のごとく諸種の傾向を示すは塩基溶脱とともに植物遺体の変質過程に伴う腐植の量ならびに質の相違に関係するところが多いであろう。

第4項 堆積腐植の形態と置換性石灰との関係

有機物の分解その他の変質過程は土壤微生物の作用に負うところが多く、ために有機物の変質過程の相違に起因すると考えられる堆積腐植の形態は供給された植物遺体そのものの反応に大きく影響されるであろう。これは植物遺体が示す反応とともにこれらのなかに含まれている石灰などの塩基含量に支配されるところが多いと考えられており、LUNDEGÅRDH⁶⁴⁾は他の条件がムルを生ずるに適當な条件にあるときも、落葉の反応や石灰含量によつて粗腐植の生成が行われるとしている。KRAUSS, WITTICHらは土壤中に含まれる石灰と落葉の石灰含量との間には関連性のあることを認め、落葉中の石灰含量とともに有機物の変質過程に差があることを認めている。しかしして本研究結果について見れば、同一種の植物も種々の

形態の堆積腐植にまたがって優占することが認められた。いま一例として第7表についてクマイザサが林床に優占する地点のA₁層の置換性石灰含量を見ると、粒状ムルの場合0.22~0.37%を示し、盤状ムルのA層は0.11~0.46%を示している。根網ムルにおいてゴンゲンスグとともにクマイザサが林床に優占する地点のA₁層は0.27~0.53%を示している。この結果クマイザサが林床に優占する地点のムルのA₁層またはA層は0.11~0.53%の置換性石灰含量を示した。ただ盤状ムルの場合には広葉樹が混交し、この落葉がクマイザサなどの落葉に混入し、有機物の分解を助長せしめ、針葉樹純林の場合とはやや趣をことにすることが考えられるので、これを除けば、ムルの場合A₁層の置換性石灰含量は0.22~0.53%を示した。しかるにクマイザサが林床に優占し、粒状モダーないしは糊状モダーが出現する地点のA₁層は0.12~0.19%の置換性石灰含量を示している。ただ〔12〕調査地のA₁層は0.19%のごとく、粒状ムルのA₁層に近い置換性石灰含量を示すにもかかわらず粒状モダーを形成するは、本調査地が〔10〕ならびに〔15〕調査地とともに森林限界に近い地点に存在し、気象の荒さを思わしめるところで、この場合にはA₁層などの石灰含量による影響よりも、前述のように地形的因子に大きな関係を有するものである。

またゴンゲンスグが林床に優占する地点のA₁層は、根網ムルの場合には0.26~0.68%の置換性石灰含量を示すも、粒状モダーや毛布状ムルのA₁層またはA層は0.05~0.32%を示し、この場合もムルにおいて比較的高い置換性石灰含量を示している。

シラネワラビの場合にはムルならびにモダーに属する堆積腐植の下に横たわるA₁層は0.4~0.5%の置換性石灰含量を示すが、細屑状ムルのA層はわずかに0.03%にすぎず、前者と同様にムル、モダーに属するA₁層よりも低い結果を示している。これらの結果は同一の林床植物が優占する場合にも、鉍質土壤に含まれる石灰含量の相違とともに堆積腐植の形態の異なることを示し、鉍質土壤中に含まれる置換性石灰は植物遺体の変質過程に対し影響を及ぼし、ひいては堆積腐植の形態形成に対する一因として作用することをうかがうことができる。

ただテツクス状ムルの場合A層に含まれる置換性石灰は大きく2分されるが、テツクス状ムルの成因としてこれの出現する地点の林相に特異性が認められ、かかる特異性をもたらす条件として過去における林床状態にその原因を求めた。すなわちこの場合過去における林床には藓類が優占するか、またはゴンゲンスグが優占したであろうと想像した。これらの林床植物が優占する地点のA₁またはA層の置換性石灰含量を本研究結果について比較すれば、両種林床植物が優占する地点のA₁またはA層には大きな差を認めることができ、藓類が優占する地点のA層はゴンゲンスグが優占するムルやモダーのA₁層よりも低い。この結果からテツクス状ムルの下に横たわるA層の置換性石灰含量はかかる林相を招来した過去の林床状態を誘発した原因であり、またその時の堆積腐植の状態を物語るもので、本形態生成に対してはこの地点の特殊な林相に求むべきであると考えられる。

林床植物と堆積腐植の形態間に関係を求むることができるとともに、鉍質土壤に含まれる置換性石灰含量と堆積腐植の形態間に関連性のあることが知られた。このことは林床に優占する林床植物の環境に対する適応性と、これに伴う林床植物の示す諸性質によつて生ずるとともに、これらの林床植物中に含まれる石灰と鉍質土壤に含まれる石灰との関連に由来する結果とを考察することができる。

第5項 結 論

堆積腐植を構成する植物遺体の変質過程に対しては気象的条件その他の因子が寄与するが、植物遺体の

有する有機ならびに無機成分も重要な影響を及ぼし、これらの示す酸度ならびに含まれる塩基、ことに石灰が大きな役割を演ずるとされている。

また塩基の流亡に伴う、塩基に不飽和の腐植酸の出現、これによる堆積腐植の酸性化が考えられる。かくして腐植酸の塩基に不飽和の状態は遊離腐植酸の出現を導き、さらに鉍質土壤表層の溶脱を助長、激化するにいたるであろう。

堆積腐植の形態は林木の影響とともに、ここに優占する林床植物と一連のつながりを示しており、これらによる影響を考えることができた。さらに同一の林床植物においても、鉍質土壤中に含まれる塩基類の多少が植物体中の塩基含量を左右することは、堆積腐植の形態に鉍質土壤中に含まれる塩基類が間接的にも影響を及ぼすであろうことを想起せしめる。

各形態の堆積腐植の pH、置換性石灰ならびに塩基不飽和度とともに以上の諸関係について要約すれば次のとおりである。

1. 堆積腐植各形態の pH を層別に見ると、粒状モルの F 層は盤状モルの F 層より低いが、他のいずれの形態のものよりも高い値を示し、根網モルの F 層はこれよりもやや劣るが、これに近い範囲を示している。盤状モルが他のモルに比べて、比較的高い値を示すことは広葉樹の落葉を混合することに由来すると考えられる。これらの結果モルの形態を示すものの F 層は一般的にモダーならびにモルなどの F または F₂ 層よりも高い pH を示している。

F または F₁ 層の下に堆積する H または F₂ 層の pH を比較すると、モダーの H 層は粉状モダーならびに糊状モダーの一部を除けば、モルの F₂ 層よりも高く、毛布状モルの一部にモルの F 層に匹敵する pH を示すものが認められたが、このものは植生の一転期にある特殊の状態にあるものであると考えられた。

モルの A₁ 層においては F 層と同様に、他のいずれよりも高い pH を示すが、ただ盤状モルの A 層はモダーやモルの A₁ または A 層に近い結果を示している。粉状モダーのうち一部のものの A₁ 層は H 層とともに、モルの A 層よりも低い pH を示すものが認められるが、一般的にはモダーの A₁ 層はモルの A 層の pH よりも高い傾向を示すように見られた。

さらに上層より下層への pH の変化を見ると、モルのうち盤状モル以外は F 層から A₁ 層に pH は高い傾向を示している。盤状モルは一般的に F 層の pH は A 層のそれよりも高いが、この傾向は広葉樹林においても認められるところで、盤状モルの出現した調査地が他に比べて広葉樹を多く含む林相からなる結果、堆積腐植を構成する落葉も広葉樹の落葉を比較的多く含み、この結果他のモルとはことなる傾向を示すものであろう。

モダーにおいても F 層から H 層に一時 pH は低く、A₁ 層に高まる傾向を示し、モルのうち細屑状モル以外のモルもほぼ同様の傾向を示し、針葉樹林の堆積腐植の pH は上層から下層に低い値を示し、2, 3 の例を除いてふたたび鉍質土壤に上昇する傾向を示している。

2. 堆積腐植の置換性石灰含量は pH が示した傾向とほぼ一致し、モルに属するものの F 層は他の形態の F 層よりも多く、モダーにおいては比較的高い値を示すものが存在する反面、低い含量を示すものが認められた。モルの代表的形態としてとりあげられる細屑状ならびに海绵状モルの F₁ 層は他のいずれよりも低い。

H または F₂ 層について見れば、一般的傾向として、モダーの H 層はモルの F₂ 層に比べて高い置換性石灰含量を示している。ただ毛布状モルの一部において F 層とともに十分な高い置換性石灰含量

を示すものが認められるが、pH の場合にも述べたように、植生の一転換期にある特殊の状態に原因するものであろう。

鉍質土壤表層、すなわち A₁ または A 層について見ると、ムルの A₁ 層は、盤状ムル以外一般に他の形態に比べて多くの置換性石灰含量を示し、ことに根網ムルの A₁ 層は一般的にムルのうち最も高い値を示した。モルの 1, 2 のものを除けば、堆積腐植のうち最も低い結果を示している。毛布状ムルの一部は F ならびに H 層とともにモルのうち高い置換性石灰含量を示すが、これは特殊の状態に原因するものと考えられ、またテツクス状ムルの一部にも比較的高い値を示すものがあるが、これも植生移行の途中相で、その前影を鉍質土壤表層になお残している結果によるものであろう。

置換性石灰含量を同一堆積腐植の上層から下層への分布を見ると、各形態とも上層から下層に減少する傾向をとるが、その減少の状態は各形態、ことにモダーとモルとにおいて趣をことにし、モダーの場合には比較的緩やかに減少するが、モルは一般に鉍質土壤表層に急激な減少を示すようである。

3. 堆積腐植各層位の塩基不飽和度について見ると、ムルの F 層は A₁ 層よりも高い塩基不飽和度を示し、モダーならびにモルにおいては一般に F または F₁ 層から H または F₂ 層に高く、A₁ または A 層にふたたび低減する傾向を示している。しかし粉状モダーの一部、細屑状ならびに海綿状ムルにおいては上層から下層に塩基不飽和度は増大する傾向が認められる。

各形態の F または F₁ 層について見れば、一般的傾向として粒状ムルならびに盤状ムルの F 層は粒状モダーや毛布状ムルのそれとともに低い塩基不飽和度を示すが、H または F₂ 層においては各形態とも高い塩基不飽和度を示した。A₁ または A 層においては F 層に似て粒状ムルのそれが他の形態のものよりも一般に低く、モルの下に横たわる A 層はテツクス状ムルの 1, 2 を除けば、比較的高く、ことに細屑状ならびに海綿状ムルの下にある A 層のそれは 70% 以上の塩基不飽和度を示している。モダーのそれはムルの A₁ 層ならびに毛布状ムルのものよりも高い場合もあるが、細屑状ならびに海綿状ムルの A 層におけるよりも低い塩基不飽和度を示す傾向にある。

4. 同一種の林床植物が優占する地点の堆積腐植でその形態をことにしているものがあることが第 I 章で知られ、しかしてクマイザサが林床に優占する地点の堆積腐植の形態はムルまたはモダーにまたがるが、その下に横たわる A₁ 層の置換性石灰含量を見ると、モダーに属するもの下にある鉍質土壤表層の置換性石灰含量は一般にムルの場合よりも低い傾向を示している。クマイザサにおけると同様の傾向はゴンゲンスグならびにシラネワラビなどの優占種についても認められ、土壤表層に含まれる置換性石灰と堆積腐植の形態との間に関係のあることがうかがわれるところである。また一方、土壤表層の置換性石灰含量に大きな差が認められないにもかかわらず、その形態をことにするものが認められるが、この原因についてはこれらの存在する地点の環境に支配され、たとえばクマイザサの優占する〔12〕ならびに〔23〕調査地のごとく、他に比べて海抜高が比較的高く、これに伴う気象的条件の影響によつて他とその堆積腐植の形態に相違をもたらすことが考えられる。

第2節 堆積腐植の有機物質

第1項 有機物定量法についての考察および実験方法

土壤中の腐植を定量するにはしやく熱による減量、酸化剤により有機物を酸化せしめ、発生する炭酸ガスを測定し、これより有機物を算定する方法その他諸種の方法が考案、提唱されている。このうち最も簡

易なものしやく熱による減量から算定される方法であろう。この方法は比較的有機物含量が多い場合には正しい値を得ることができるだろうが、腐植含量少なく、乾燥によつて除くことのできない水分が多く含まれている場合には、実際量よりも多い値を示すであろう。LUNT⁶⁰⁾ は堆積腐植の F および H 層中に含まれる腐植の定量において、落葉や泥炭のように炭水化物に富む物質の炭素含量は腐植の炭素含量 58% よりも少なく、一般に用いられている 1.724 の係数は低きにすぎること認め、GORTNER²⁴⁾ によつて得られた結果から 1.86 が正しいようであると、まだ分解をうけておらない新鮮な落葉に対しては 1.89 が近く、分解をうけた Duff layer, すなわち F 層に対しては 1.85, よく分解し植物組織の認められないもの、すなわち H 層には 1.80 が妥当な係数であるとしている。SPRINGER¹⁰⁹⁾ は腐植中の炭素含有率を 58% とすることは正しいことではなく、特定の腐植物質が 58~60% の炭素含量を示すにすぎない。このため 1.724 の代りに 2 を使用すべきであるとし、また BROADBENT⁹⁾ は実際面としては腐植の定量に際し、炭素が求められたならば、腐植としてよりもむしろ炭素として報告することがよいだろうが、もし係数が用いられるならば、表層土壌に対しては 1.9 を、下層のものに対しては 2.5 が 1.7 よりも満足されるであろうとしている。SUCHTING¹²⁰⁾ らは堆積腐植中の炭素含量は著しい変動があるために、1つの係数により腐植量を求めることは大きな誤差を導くことを認め、WAKSMAN¹⁴⁶⁾ は LUNT の述べた数値を認めているが、鉍質物が 10% 以下の場合にはしやく熱損失量による方法が適当であるとしている。

本試験に供用した堆積腐植は有機組成をばなはだしくことにする林床植物の遺体由来のものであるため、その組成中の炭素含量もまたことなり、ために少なくともまだ有機物の十分な変質作用が進ちよくしておらない層の炭素含量には、大きな差があろうと想像される。ゆえに LUNT のように堆積腐植各層、ことに落葉や F 層のおのおのにおいて共通性を有する係数が存在するや否やは疑わしいところであ

第11表 有機物定量におけるしやく熱損失量と TYULIN 法によるものの比較

Comparison of loss on ignition and TYULIN's method for
organic substance content determination
On basis of dry matter

層位 Horizon	優占する林床植物 Dominant plant	TYULIN氏方法 による炭素 C with TYULIN's method	1.724×C	しやく熱損失量 Loss on ignition	しやく熱損失量から 算出された係数 Coefficient calculated with loss on ignition
		%	%	%	
L	サ サ	31.26		64.21	2.05
F	ク マイ ザ サ	30.12	51.91	61.80	2.05
H		18.72	32.26	32.66	1.74
L	ゴンゲンスゲ	37.80	65.14	79.28	2.10
F		33.66	58.01	61.16	1.91
H		12.60	21.71	23.12	1.83
L	ゴンゲンスゲ	36.18	62.35	71.56	1.98
F		24.34	50.56		
L	シヤクナゲ	36.77		70.96	1.93
F		30.76		57.25	1.86
H		13.44	23.16	24.16	1.80
F	シヤクナゲ	34.23		65.04	1.90
H	シヤクナゲ	10.12		18.72	1.85
F ₁	藓 類	32.28	55.68	68.12	2.11
F ₂		31.38	54.09	58.04	1.85
F ₂	藓 類	40.68	70.11	73.84	1.82
L	—	40.68		73.84	2.11
F		24.30		60.44	1.82

る。この点に関し本試験に用いた試料の2, 3についてしやく熱損失量から算出した有機物量を, TYULIN法によつて求めた炭素量に1.724を用いて算定した有機物量を比較対照すると第11表のとおりである。

TYULIN法により従来の係数を用いて求めた落葉, F層およびH層などの有機物量と, しやく熱による減量から算出した有機物量とを比較すると, TYULIN法によるものが常に低い結果を示している。LUNTの提案した各層位ごとの係数を用いて算出した結果は1.724を用いたときよりも, 当然しやく熱損失量から算出した量に接近するが, なお落葉およびF層において低い値を示すだろう。本試験結果から係数を求めるとするならば, TYULIN法による場合には落葉においては2.03を用うれば, しやく熱損失量による有機物量に近付き, F層の場合には1.94を, H層の場合には1.79を用いると, 最も近い値に達する結果となり, H層においてはLUNTの1.80に近い結果をうる。

WAKSMAN¹⁴³⁾は *Sphagnum* および *Carex* の分析結果においてこれらの植物はリグニン含量少なくセルロースおよびヘミセルロース含量が他の植物に比して多い結果を示し, 著者も後述の分析結果からグマイザサならびにゴンゲンスグなどは藓類とともに本試験に優占する他の林床植物に比して, セルロース含量に富むことを知つた。ゆえにこれらの遺体に富み, かつまだ変質過程の進ちよくしておらぬ落葉やF層の炭素量が他の林床植物遺体を多く含むものよりも少なく, これらによつて構成された落葉およびF層の有機物量を求むるには他の植物遺体から構成された各層位に比べて, 大きな係数が必要とされるべきで, 前表についてこれらの植物が優占する地域の落葉においては2.04を得た。かように堆積腐植の上位にある部分は無定形の腐植に比して植物遺体の有機組成に近似したものを有し, 植物遺体の有機組成に支配を受けることが多く, ためにそれを構成する炭素量もことなることがうかがわれる。しかして落葉やF層などは多量の有機物からなるため, WAKSMANらが述べたようにしやく熱損失量による方法をもつてするも, 埴質の土壤において生ずるような不都合を生ぜず, むしろ前述の結果から実際に近い有機物量を示すであろう。ゆえにこれらの層については有機物を求むるにしやく熱損失量から求め, H層以下の層においては鉍質土壤の混合が多いため, TYULIN法により炭素を求め, これに1.80を乗じて腐植量とした。

第2項 堆積腐植の有機物

堆積腐植を構成する有機物の定量は以上のように諸種の難点が認められるため, BROADBENT⁹⁾が述べたように含まれる炭素量をそのままに利用することが最も望ましいことであるが, 堆積腐植上層位の部分の有機物測定は最も簡易にして, 確実なしやく熱損失により, また有機物中に含まれる腐植酸などの測定は, 後述のように重量的に求むる場合が多く, これらとの関係を求むるために, 腐植を重量的に求むる必要を認め, 本報告においては前述のように重量的に腐植を求めた。

以上の方法により求めた各種堆積腐植の有機物量を示せば, 第12表のとおりである。さらにこの表から各形態各層位の有機物含量の最高ならびに最低値を整理すれば, 次表のとおりである。

各形態についてFまたはF₁層の有機物含量の最高ならびに最低値を比較すると, ムルのF層は粒状ムルにおいて45~90%を示すが, そのうち90%を示すものは1カ所にすぎず, 他のものは85%以下を示している。広葉樹落葉を混合する盤状ムルのF層は73~82%を示しており, ゴンゲンスグの遺体を多量に含む根網ムルのそれは72~78%を示している。ムルのうち粒状ムルは高い有機物含量を示すものもあるが, また一方非常に低い結果を示し, 盤状ムルならびに根網ムルは両者ともほぼ等しい有機物量を示している。モダ-のF層についてみると, 粒状モダ-のそれは76~87%を示し, 糊状モダ-は粒状ムルと同様にはなはだしく高い有機物量を示すものと, 非常に低い結果を示すものとが認められた。

第12表 堆積腐植各層位の有機物含量

Organic matter content in the several layers of the forest humus layers

On basis of dry matter

調査地 番 Plot No.	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層位 Leyer	有機物 Organic matter	調査地 番 Plot No.	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層位 Layer	有機物 Organic matter
[2]	粒状ムル Crumb mull	F	82.242	[9]	粉状モダー Powdery moder	F	75.541
		A ₁	10.918			H	72.307
[5]		F	85.470			A ₁	45.167
		A ₁	17.660	[16]		H	48.190
[7]		F	90.538			A ₁	43.340
		A ₁	15.014	[6]	毛布状モル Matted mor	F	80.640
[36]		F	75.426			H	44.900
		A ₁	9.788			A	5.120
[37]		F	56.141	[19]		F	78.951
		A ₁	19.820			H	65.051
[39]		F	77.739			A	12.987
		A ₁	13.146	[20]		F	78.940
[42]		F	45.279			H	56.540
		A ₁	13.119			A	13.390
[13]	盤状ムル Firm mull	F	73.088	[27]		F	89.590
		A	16.010			H	65.990
[17]		F	82.237			A	12.890
		A	8.815	[44]		F	90.187
[18]		F	74.595			H	54.537
		A	12.036			A	13.623
[21]	根網ムル Root mull	F	72.400	[4]	細屑状モル Detritus mor	F ₁	83.278
		A ₁	17.570			F ₂	73.095
[34]		F	77.979			A	12.177
		A ₁	18.819	[8]		F ₁	89.008
[35]		F	75.940			F ₂	80.860
		A ₁	15.055			A	17.977
[10]	粒状モダー Grain moder	F	75.740	[14]		F ₁	88.354
		H	43.902			F ₂	80.156
		A ₁	15.374			A	20.875
[11]		F	81.723	[30-2]		F ₁	85.679
		H	56.875			F ₂	76.856
		A ₁	21.087	[31-1]		F ₁	90.166
[12]		F	82.085			F ₂	81.533
		H	55.034	[31-2]		F ₁	89.101
		A ₁	14.372			F ₂	84.146
[15]		F	85.848	[38]		F ₁	85.388
		H	68.446			F ₂	78.813
		A ₁	22.674			A	14.147
[26]		F	87.130	[24]	海綿状モル Spongy mor	F ₁	87.606
		H	73.460			F ₂	80.401
		A ₁	12.790			(H)	51.899
[23]	糊状モダー pasty moder	F	86.090			A	10.865
		H	46.730	[29]		F ₁	84.429
		A ₁	18.230			F ₂	77.577
[32]		F	78.049			A	4.098
		H	30.680	[33]		F ₁	91.782
		A ₁	15.482			F ₂	84.900
[43]		F	90.066	[45]		F ₁	80.206
		H	70.057			F ₂	68.964
		A ₁	14.753			A	5.177

調査地 番号 Plot No.	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層位 Layer	有機物 Organic matter	調査地 番号 Plot No.	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層位 Layer	有機物 Organic matter
[46]		F ₁ F ₂ A	75.117 75.604 7.559	[30-1]		F ₁ F ₂ A	89.524 65.487 5.900
[25]	テツクス状モル Tex mor	F ₁ F ₂ A	78.390 83.340 31.960	[40]		F ₁ F ₂ A	91.886 73.924 19.707
[28]		F ₁ F ₂ A	91.210 71.009 3.150				

堆積腐植各層位の有機物含量の範囲

Range of the organic matter content in the several layers of the forest humus layers

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層位 Layer	有機物含量 (乾物中百分率) Organic matter on basis of dry matter	
		最低 Min.	最高 Max.
粒状ムル Crumb mull	F	45	91
	A ₁	10	20
盤状ムル Firm mull	F	73	82
	A	9	16
根網ムル Root mull	F	72	78
	A ₁	15	19
粒状モダー Grain moder	F	76	87
	H	44	73
	A ₁	13	23
糊状モダー Pasty moder	F	78	90
	H	31	70
	A ₁	15	18
毛布状モル Matted mor	F	79	90
	H	45	66
	A	5	14
細屑状モル Detritus mor	F ₁	83	90
	H ₂	73	84
	A	12	21
海綿状モル Spongy mor	F ₁	75	92
	F ₂	69	85
	A	4	11
テツクス状モル Tex mor	F ₁	78	92
	F ₂	65	83
	A	3	32

モルのFまたはF₁層についてみると、毛布状モルは79~90%を示し、細屑状モルのF₁層は83~90%を示し、テツクス状モルのF₁層以外のものに比して、比較的高い傾向を示している。海綿状モルのF₁層は75~92%を示し、テツクス状モルのF₁層は細屑状モルのそれよりもやや高い結果を示すものが多い。すなわち、モルのFまたはF₁層は毛布状モルのF層以外、他の形態のF層よりも概して高い有機物含量を示すものが多いことを示している。FまたはF₁層は落葉の組成に最も近いものを有すると考えられるが、粒状ムルは林床にクマイザサが優占するものが多く、この林床植物は他のものに比べて多くの粗灰分含量を示しており、これについて根網ムルに主として優占するゴンゲンスゲの粗灰分が多い。また

細屑状モルや海綿状モルに多く分布する蘚類はわずかに 5% の粗灰分を含むにすぎず、針葉樹落葉に近い結果を示している。

H または F₂ 層の有機物含量についてみると、粒状モダーのそれは 44~73% を示し、F 層の有機物含量に劣り、糊状モダーにおいては 31~70% を示し、粒状モダーよりも低い結果を示すものが多い。粉状モダーはわずかに 2 点にすぎないが、粒状モダーのそれに近い傾向を示している。モルのうち毛布状モルの H 層は 45~66% を示し、粒状モダーの H 層に近い有機物含量を示すが、細屑状モルの F₂ 層は 73~84% の有機物含量を示して、F₁ 層に近い結果を示している。海綿状モルはこれよりもやや低く、69~85% を示しているが、個々のものについてみれば、F₁ 層に近い有機物含量を示している。テツクス状モルの F₂ 層は 65~83% を示して既して F₁ 層より低いが、海綿状モルの F₂ 層に近く、モダーや毛布状モルの H 層の有機物含量よりも、高い結果を示している。H または F₂ 層の有機物含量において、H 層として分類されたものは 31~73% を示し、F₂ 層として区別されたものは 65~85% を示し、前者の場合よりも多量の有機物含量を示すことが多い。

H や F₂ 層の下に位する鉱質土壤表層、すなわち A₁ または A 層の有機物含量についてみると、粒状モルの A₁ 層は 10~20% を示し、根網ムルは他のムルに比して有機物含量に富み、15~20% を示し、盤状ムルは 9~16% を示し、比較的他のムルに比して有機物含量は少ない場合が多い。モダーの A₁ 層もムルの A₁ 層に近い有機物含量を示すが、粉状モダーの A₁ 層は 2 地点ともに他のモダーに比して、はなはだしく高い有機物含量を示している。モルの A 層はムルや粉状モダー以外のモダーの A₁ 層に近い結果を示すものもあるが、海綿状モルならびにテツクス状モルの一部は非常に低い有機物含量を示し、10% に達しない。そのほかテツクス状モルの A 層は 20~30% の有機物含量を示すものが認められた。

F または F₁ 層より H または F₂ 層を経て A₁ または A 層に有機物含量は減少するが、その減少する傾向は各形態の堆積腐植においてことなるように見受けられる。すなわち、外観からムルに属する形態のものは盤状ムル以外は F 層と有機物を混合する鉱質土壤、いわゆる A₁ 層からなり、モダーにおいては F 層より H 層を経て A₁ 層に、色彩の連続を示して有機物の漸減が想像される。しかるにモルにおいては F₂ 層より鉱質土壤への暗色を呈する色彩の移行は前者ほど連続的でなく、両者間には明りような線を求むことができる。この色彩が有機物の移行を物語るものであるとすれば、各形態ごとに有機物含量に対して特有のものがあろう。ムルの場合にはモダーの H 層に相当する部分が A₁ 層としてあらわれ、有機物と鉱質土壤とは完全に混合し、ために F 層から A₁ 層に有機物の急激な減少が見られる。モダーにおいて粒状モダーの H 層は F 層と A₁ 層の有機物含量のほぼ中間を示し、糊状モダーの場合には F 層に近い場合と A₁ 層に近い場合とが認められる。すなわち、モダーの場合有機物の減少は漸減的である。この傾向は毛布状モルにおいても認められるが、ただこの場合 H 層の有機物量に比して、A 層の有機物含量は粒状モダーなどの場合よりも少なく、結果両者の区分が明りように認められるのであろう。細屑状ならびに海綿状モルの F₁ および F₂ 層の有機物含量はたがいに接近しているが、A 層の有機物含量とははなはだしくことなり、この間には明らかに差が認められる。テツクス状モルにおいてはこの関係は 2 様に認められ、一部は細屑状または海綿状モルに近い傾向を示すが、他のものは粒状ないし糊状モダーに似た傾向を示している。A 層の pH または置換性石灰その他の性状においても、同様に 2 分されることが認められている。

北欧などにおいてはムルの成因にミミズのような土壤小動物の作用が大きくとりあげられ、腐植と鉱質土壤との混合、これに伴う有機物の変質過程などに関し、これらの果す役割は大きいとされているが、本

道のムルについてみると、これら土壤小動物の排せつ物はきわめて小部分に集積するにすぎず、これらのムル形成に対する役割は大きいものではないであろうと推測された。しかし優占する林床植物の根系などの分布状態をみると、*Bambusaceae* に属する植物、*Dryopteris* に属する植物ならびにゴンゲンスグなどの地下部分は堆積腐植の形態に伴い、H層に多く分布する場合があるとともに、ムルなどにおいてはA₁層に網状に分布することが認められる。農地における休閑地などの場合、そこに生育する草本類の根系は多年月くり返えし有機物の供給を行うとともに、これらの生理作用による諸種の影響が有機物の集積とともに土壤構造の上に認められている。この見地に立てば、これら優占する林床植物の地下部分が、堆積腐植の下に横たわる鉱質土壤表層の有機物含量の上にひとつの役割を演ずるであろうことが推測される。

本調査に優占種として出現した林床植物ごとに、A₁またはA層の有機物含量をみると第13表のとおりである。

第13表 林床植物とA₁-またはA-層位中に含まれる有機物含量
The relation between the plant sociations and the organic matter
content of the A₁- or A- horizons
On basis of dry matter

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	林床に優占する林床植物 Name of dominant ground flora	A ₁ - または A 層中の有機物含量 (乾物中) Organic matter content in A ₁ - or A-horizon			
		<i>D. austriaca</i> <i>D. amurensis</i> %	<i>Carex sacha.</i> %	<i>Sasa paniculata</i> <i>Sasa kurilensis</i> %	Moss %
Crumb mull	A ₁	19.8		13.8	
Firm mull	A			12.2	
Root mull	A ₁		17.1		
Grain moder	H			60.1	
	A ₁			18.4	
Pasty moder	H	59.2		38.7	
	A ₁	24.3		16.6	
Powdery moder	H	48.2			
	A ₁	43.3			
Matted mor	H		49.7		
	A		9.4		
Detritus mor	F ₂				78.1
	A				17.0
Spongy mor	F ₂				66.1
	A				7.0

シラネワラビが林床に優占する堆積腐植下のA₁またはA層は平均29%の有機物を含むに対して、ゴンゲンスグを優占種とするもののA₁またはA層は平均13%を示している。しかしこのうちムルに属するもののA₁層は17%を示している。*Bambusaceae* に属する林床植物が優占するもののA₁またはA層は15%を示し、このうちムルに属するもののA₁層は13%を示し、ゴンゲンスグが林床に優占するもののA₁層よりもやや少ない傾向を示している。藓類が林床に優占する地点は、モルによりおおわれているが、この下のA層は平均12%の有機物を含むにすぎない。ただこの場合には一部において17%の腐植を示し、ゴンゲンスグの優占する堆積腐植下のA₁層に匹敵するものもあるが、他ははなはだしく低く、わずかに7%内外を示すにすぎない。

この結果ムルにおいてゴンゲンスグが優占種として出現するものは、クマイザサなどの*Bambusaceae*

に属するものが優占種として出現しているものよりも、多くの有機物を含むことが認められ、また同様の林床植物、とくに後者が優占するムルとモダーとにおいては、モダーに属するものの A₁ 層が一般に多くの有機物量を含むことが知られる。

A₁ または A 層の有機物は林床植物の地下部のみによつて誘発されたものとは考えられないが、これら林床植物が分布するに適当な環境条件の支配下において、この有機物の変質過程ならびに移動などによる影響とともに、地下部の量ならびにこれらの遺体の変質作用が鉍質土壤表層への腐植供給に一因となりうるであろう。テツクス状モルの外観が 2 分されうるることについて、現在の状態を生ずる前に優占した林床植物の相違によるものであらうと想像したが、いまこれらのおのおの A 層中に含まれる有機物量からも同様のことがいわれるであろう。

第 3 項 堆積腐植の有機組成分

鉍質土壤表面に堆積する有機物の量については各形態においてやや見るべき相違があることを知り、また上層よりも下層に有機物量の減少が知られた。しかしてこの減少の状態も形態の相違とともに趣をことにすることがうかがわれるところである。この量的な関係とともに、これを構成する有機組成分の相違もまた想像される場所である。すなわち植物遺体を構成する有機物は、単一の有機組成分から構成されているものではなく、WAKSMAN¹⁴⁾によれば植物体内に多量に存在するものは次のようなものに分割される。

繊 維 素	20 ~ 50%
ヘミセルローズ	10 ~ 28%
リ グ ニ ン	10 ~ 30%
タンニンその他	1 ~ 8%
蛋 白 質	1 ~ 15%

なお、このほか林木においては樹脂、蠟分などが比較的多く含有されている。

これらのものが堆積腐植を構成する初期物質として存在し、このおのおのの変質作用に対する抵抗性に依じて、初め植物遺体を構成したものと漸次ことなるものを構成するにいたる。WAKSMAN によれば植物遺体の分解の進ちよくとともに、最初の組織は漸次失われ、分解生成物が生じ、暗色の無定形有機物が生ずる。すなわち糖分や澱粉のようなものは分解の初期において速やかに土壤微生物によつて利用され、セルローズならびにペントーザンのような組成分は長時間分解をこうむり、リグニンはただ小範囲に変化をこうむる。かかる分解過程が進ちよくとともに、一方土壤中には新しい有機物が合成され、その結果腐植中に蛋白の増加、ヘミセルローズの生成をきたすと述べている。また MAIWALD⁶⁷⁾ は一般に水溶性有機組成分がまず土壤微生物によつて分解され、それについてペントーザンが減少し、セルローズはこれよりもいくぶん遅れると述べている。

土壤中に加えられた有機物のうち、水溶性有機物は容易に分解し、ヘミセルローズ、セルローズなどはやや分解が遅れ、ヘミセルローズならびに蛋白質などは一時速やかに分解、消失するが、その後微生物の細胞構成物質としてふたたび生成され、樹脂分やリグニンなどは土壤微生物の作用に対して強い抵抗性を有するため、有機物中に相対的な増加をすることが認められ、とくにリグニンは腐植の主要な母体として多数の学者が認めている。しかしこのリグニンもけつして植物遺体中に存在したままのものとして残留するものではなく、しかも特定の状態においては分解、消失することが認められている。PHILLIP⁷⁹⁾ はある

状態のもとでは土壤微生物はリグニンを分解する能力を有するとし、適当な条件に置かれるときは、リグニンの分解はセルローズやペントーザンのそれと同様の速度で行われると述べている。WAKSMAN¹⁴⁰⁾ もリグニンを炭素源として利用、分解する土壤微生物の種類はきわめてわずかで、多くの *Actinomyces* およびある種のバクテリアがこれに属すると述べており、NORMAN⁷³⁾ らは好氣的条件にあつてはリグニンは緩慢ではあるが分解し、エンバク稈の場合 12 カ月のうち少なくとも 40%、大体 50% 以上のリグニンは変化することを認めた。FALCK¹⁴¹⁾ は木材の腐朽に対して *Korrosiv* および *destruktiv* とに分け、両種の腐朽過程によつて木材の有機組成分の分解状態がことなることを認め、*Korrosiv*-腐朽においては木材中のリグニンは分解、消失し、セルローズが残留する傾向があるに反し、*destruktiv*-腐朽による場合にはセルローズは速やかに分解し、リグニンは残留することを認めている。

WAKSMAN¹⁴²⁾ も両種の腐朽をうけた材の有機組成分を定量し、*destruktiv*-腐朽については FALCK と同様な結果を得たが、*korrosiv*-腐朽においてはリグニンおよびセルローズはともに分解しることを認めている。著者¹³⁷⁾ は本道の林地にいわれる倒木といわれて横たわる腐朽材の有機組成分を知る目的で、トドマツの赤腐朽材および白腐朽材について、有機組成分を求めた結果、WAKSMAN らの結果と同様の傾向を認めることができた。腐朽の状態はこれに作用する微生物の種類によつてことなるであろうと想像されるが、土壌中ならびに落葉などのなかに存在する微生物のうちにも、かかる有機物の変質過程を行いうるものがあるであろうと想像される。

FALCK¹⁴³⁾ は *korrosiv*-腐朽の場合にはセルローズが増加し、ついで *destruktiv*-腐朽に都合がよくなるが、*destruktiv*-腐朽の場合にはリグニンの増加とともに、残留物の炭素含量は増加し、これは *Fadenpilz* によつてこれ以上の分解は不可能になるか、非常に困難になつて、このものは腐植として多量に残留するにいたるとし、針葉樹林においてリグニン分解者が不十分であるため、針葉樹落葉の *korrosiv*-腐朽は不完全であると述べている。WAKSMAN¹⁴⁵⁾ らによればセルローズならびにヘミセルローズの分解はこれらを分解する微生物の存在ならびに有効態窒素の量に左右され、セルローズとリグニンとの結び付きが化学的ないし物理的いずれにせよリグニンの存在は明らかにセルローズ分解に対する微生物の活動に影響するとしている。また蛋白質の分解に際してリグニンが多量に存在すると、蛋白質分解に支障をきたすことを GROSSKOPF²⁷⁾ は認め、WAKSMAN¹⁴⁵⁾ もリグニンと蛋白質との結合からこの結果を招来することを認めている。そのほか針葉樹の落葉中に含まれる樹脂分は、有機物分解に対して大きな障害となることは従来から述べられているところであり、またその他タンニン物質が有機物分解を阻害する一因としてあげられている。

かく植物遺体は各種の有機組成分によつて構成されており、そのおのおのの成分は土壤微生物などの利用に対する抵抗性の相違により、速やかに分解しるもの、また緩慢な作用をうけ、ために他の有機物に対し相対的増加をきたすものなどが存在するとともに、おのおのの相互作用によつて分解が影響されるにいたるものなどが考えられ、他の条件が同一の場合、植物の有機組成分の構成状態、作用する微生物の種類によつてその分解過程の上に相違するものがあると考えられる。WAKSMAN¹⁴³⁾ は泥炭形成においてことなつた泥炭の分解過程は同一でない、すなわちそれらは同一の方向に進むが、低位泥炭ならびに高位泥炭は両者の過程を明らかに示し、両者を構成する有機組成分の相違による分解過程の相違を示すと述べている。環境条件、作用する微生物の種類、母材である植物遺体の種類などの相違は有機物の変質過程をこととする原因となり、結果、同様の有機物含量を示す各層位も、これらのために組成の上に相違を示している

であろう。ゆえに各形態の各層位について有機物の組成を知ることはそれらの変質過程の一部をうかがうことができると思える。

植物体を構成する有機組成分を分離定量する方法は種々考案提唱されているが、土壌有機物の研究に対する立場から WAKSMAN¹⁴⁶⁾ らはこれらの分離定量に関する方法を考案提唱している。しかして同氏らは植物体を構成する有機組成分を次のように大きく包括し、分離した。

(1) エーテル可溶性部分。(2) 冷水可溶性部分。(3) 温水可溶性部分。(4) ヘミセルローズ。(5) セルローズ。(6) リグニン様物質。(7) 蛋白質。

エーテル可溶性部分について STADNIKOW¹¹⁷⁾ は泥炭中の Bitumen 部分はエーテルに抽出されることはできないから、WAKSMAN らによつて分離されたリグニンはリグニン、腐植酸およびこの Bitumen 部分の混合物であるとし、同氏はアルコール：ベンゾール混合液を使用している。

HÄAGLUND²³⁾ もエーテルのみでは木材の樹脂分中の一部が溶出してくるにすぎず、縮合や重合を起している樹脂分は溶出されないとしている。しかるに WAKSMAN¹⁴¹⁾ らはアルコールは植物物質からある種の糖類やアミノ酸を溶解するとともに、分解に抵抗性を有し、アルカリに可溶性部分として示されるある種のリグニンが溶解することを認め、同氏らはアルコール抽出物を塩酸ならびに硫酸混合液による方法で処理し、62.2% のリグニンを得たとし、この部分の含有物は樹脂分として正しいものではないとしている。泥炭についても同氏らはアルコール：ベンゾール混合液は泥炭リグニンを消費することを認めた。POZDENA⁸¹⁾ もアルコールはすべての泥炭からエーテルが溶解する以上に多くのものを溶解し、これは腐植化作用によつてわずかに侵された安定な化合物に関係するものであると述べており、SIMEK⁹⁹⁾ は Kassel Brauer に類似した Kapuziner 炭を用いて腐植酸をつくり、これについてのアルコール可溶性部分からエーテル可溶性部分とアルコール可溶性部分を分け、後者をヒマトメラン酸として示している。BRAUNS⁷⁾ は木材にエチルアルコールをくり返して作用せしめ、リグニンが溶出することを認め、これを Naturallignin とよんだ。STADNIKOW¹¹⁷⁾ もアルコールに可溶性腐植酸が腐植酸にいたる中間生成物として存在することを認めている。しかしてこのアルコール可溶性リグニン様物質については STADNIKOW らと同様に SIMON¹⁰⁰⁾、SPRINGER、WAKSMAN¹⁴⁰⁾ らもリグニンより腐植酸にいたる中間生成物であろうとしている。

堆積腐植の有機物は新鮮な植物の有機組成分から順次分解変質して、初めのものことなつた有機成分から構成されるにいたり、リグニンもそのままの形では存在せず、フモリグニン酸、リグノフミン酸などの中間生成物の存在が考えられる。堆積腐植をアルコールで処理するとき、アルコール可溶のこれらリグニン様物質が樹脂分とともに溶出し、樹脂分に加わることが想像される。

堆積腐植の 2, 3 について次の方法によりアルコール可溶性有機物中のリグニン様物質を求めた。

試料を常法のようにアルコール：ベンゾール (1 : 1) 混合液をもつてソックスレー抽出器により、抽出液が着色しなくなるまで抽出し、抽出物をアルカリをもつて処理し、これに溶解せしめ、この液ならびに不諭化物をそのまま液体抽出器に移し、希塩酸を加えて弱酸性とした。この時酸性になるとともに液は急激に色彩を変化し褐色を呈する沈殿物を生ずる。これをそのままエーテルで洗浄し、上層のエーテルが無色になるまで処理を続けた。沈殿を有する酸性液を濾紙に移し、塩酸を含む水で洗浄し、さらに水で塩素の反応が消失するまで洗浄し、この沈殿を乾燥し、リグニンの定量と同様に 72% 硫酸法で処理し、その量を求めた。その結果は第 14 表のとおりである。

第 14 表 アルコール、ベンゾール可溶のリグニン様物質
Alcohol-benzol mixture soluble lignin-like matter

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層位 Layer	乾 物 中 On basis of dry matter			有機物中アルコール可溶、水に不溶の有機物 Alcohol-soluble, water-insoluble org. matter in org. matter	アルコール、ベンゾール混合液に可溶性有機物中のリグニン様物質 Lignin-like matter in alcohol-benzol soluble org. matter
		エーテル可溶性有機物 Ether soluble org. matter	エーテル、アルコール可溶性有機物 Ether and Alcohol soluble org. matter	アルコール可溶、水に不溶の有機物 Alcohol-soluble water-insoluble org. matter		
Crumb mull	F	2.117	2.488	0.942	2.105	37.9
	A ₁	0.528	1.072	0.208	1.128	19.4
Root mull	F	2.924	4.208	1.800	2.513	42.8
	A ₁	1.046	1.540	0.056	0.320	3.6
Pow-dery moder	F	0.402	4.584	0.988	1.575	21.6
	H	1.776	2.740	0.960	1.558	35.0
	A	1.312	2.348	0.484	1.219	20.6
Detritus mor	F ₁	4.984	5.476	1.948	2.745	35.6
	F ₂	1.820	2.400	0.330	0.576	13.8
	A	1.300	1.760	0.632	2.616	35.9
Spongy mor	F ₁	3.776	5.012	1.456	2.142	29.1
	F ₂	1.340	2.404	1.440	2.114	60.0

しかしてアルコール：ベンゾール混合液に抽出されたもののうち、ムルならびにモダーのF層またはモルのF₁層は22~43%がリグニン様物質と考えられるものから、またモダーのH層やモルのF₂層は14~60%を、A₁またはA層においては4~36%のリグニン様物質からなることが知られた。しかして有機物中のこのリグニン様物質含量についてみると、一般に上層より下層に漸次減少する傾向を示すが、細屑状モルの場合にはA層にF₁層と同様の結果を示している。

アルコール：ベンゾール混合液によつて堆積腐植を処理する場合、目的とする樹脂分以外に相当量のリグニン様物質が伴つてくることを知ることができた。このため本試験における樹脂分の定量は、アルコール：ベンゾール混合液の抽出物をさらに前記の方法をもつて液体浸出器によりエーテルをもつて処理し、これに溶出するものを樹脂分とした。

WAKSMAN¹⁴⁶⁾は植物体内のヘミセルローズの定量に際してアルカリ可溶性のものと、2%硫酸により加水分解されるものとを定量しているが、泥炭について有機組成成分の分離を行う際には、Sphagnumは希酸による長時間処理のもとに加水分解される多量のヘミセルローズを含有し、この処理による成分中の全損失と加水分解の結果生じた還元糖間には相当の隔りがあり、この隔りはヘミセルローズ以外の有機酸やペクチン類が同時に溶解するためであろうとし、Sphagnum中のヘミセルローズの定量には、2%塩酸を用いて2回処理することによつて全てのヘミセルローズは溶液中に現われると述べている¹⁴³⁾。植物体内のヘミセルローズは多種類のものからなり、植物の種類によりヘミセルローズの種類もことにより、また土壌中においては有機物分解の際ヘミセルローズ類が生じることが述べられている。ために共通的な方法によつて各種類のヘミセルローズ類を求めることは困難であろう。ことに本試験に供用した堆積腐植は蘚類を優占種とするもの、ゴンゲンスグを優占種とするもの、またはクマイザサを優占種とするものなど種々母材をことにしたものが選ばれているため、そのなかに含まれているヘミセルローズ類も種々のものからなると想像される。この結果種類をことにする堆積腐植中のヘミセルローズ含量の比較を行うに、従来のように共通的な方法により得た結果をもつてすることは困難であると考えられ、またヘミセルローズ以外の植物有機組成成分の動向により堆積腐植各層位間の有機成分分解の推移をうかがうことができ

ると考え、ヘミセルロースの定量を行わず、2% 塩酸により 2 回処理した残査を直ちにセルロースの定量に用いた。

セルロースの定量は WAKSMAN¹⁴⁶⁾ らの提案した方法によれば、80% 硫酸により加水分解し、生じた還元糖量から算出するが、本試験においては F 層または F₁ 層のような有機物に富むものは硝酸法を用い、鉍質物を比較的多量に含む H 層、ならびにその下の A₁ 層などについてはセルロース含量も僅少であり、直接重量を求むることは比較的誤差を多くすることが考えられるので WAKSMAN の方法によつた。

リグニン様物質の定量については WAKSMAN らはセルロース定量後の残査を 80% 硫酸で処理し、その残査から灰分および残査中の全窒素に 6.25 を乗じて得た蛋白質量を差し引いたものをリグニン様物質としたが、本試験においてはアルコール：ベンゾール混合液によつて樹脂分を除いたものを 72% 硫酸による KLASON 法によつて処理し、この残査から含まれる灰分および蛋白質を WAKSMAN に準じて差し引き、これにアルコール：ベンゾール混合液に溶解したリグニン様物質量を加算して求めた。

この残査中に含まれる全窒素が、すべて蛋白質に由来するものでないということについては諸種の研究があり、この算定に対して異論が述べられているが、本試験においてはまだ十分変質作用の進ちよくしておらないと考えられる有機物、ことに F 層などにおいては腐植化作用の進ちよくしておらない有機物から、多く構成されると考えられるため、WAKSMAN らの提案に従うことにした。

以上の方法によつて各種の堆積腐植各層位について有機組成成分の分離定量を行つた結果第 15 表を得た。

第 15 表 堆積腐植各層位の有機組成成分 (有機物中)
The organic components in the several layers
of the forest humus layers
On basis of organic matter

調査地 番 Plot No.	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層 位 Layer	エーテル可溶 性有機成分 Ether solu- ble fraction	水溶性有 機成分 Water solu- ble fraction	セルロース Cellulose	リグニン 様物質 Lignin-like matter	蛋白質 Protein
			%	%	%	%	%
[42]	粒 状 ム ル Crumb mull	F	6.74	3.14	15.56	40.24	18.77
		A ₁	4.21	2.73	2.31	52.38	20.39
[37]	粒 状 ム ル Crumb mull	F	7.12	3.75	7.23	48.45	13.10
		A ₁	5.81	3.09	2.14	49.91	23.02
[35]	根 網 ム ル Root mull	F	5.88	5.92	28.68	43.34	6.77
		A ₁	8.79	5.67	3.54	50.43	17.95
[9]	粉 状 モ ダ ー Powdery moder	F	7.31	8.50	10.42	44.54	8.89
		H	4.45	2.55	7.09	50.93	10.64
		A ₁	5.91	3.65	3.77	52.80	12.45
[38]	細 屑 状 モ ル Detritus mor	F ₁	7.72	4.31	20.07	40.09	11.76
		F ₂	4.19	3.61	17.51	40.24	14.87
		A	7.29	4.11	6.23	49.50	16.93
[45]	海 綿 状 モ ル Spongy mor	F ₁	7.36	2.89	21.13	33.34	11.76
		F ₂	4.14	2.30	15.16	41.16	16.88

有機物中樹脂分として考えられるエーテル可溶性部分は、分解に対して抵抗性を有するため、植物遺体の分解が進展するとともに、しだいに相対的增加を示すと考えられているが、本試験結果においては必ずしもこの傾向を示さず、下層にむしろ減少するものも認められた。しかるにエーテルに可溶性の有機物のすべてが、分解困難な樹脂分のみからなるものではなく、樹脂分や蠟分のほかに葉緑素その他の有機物が含まれており¹⁵⁴⁾、これらのうち分解に対して抵抗力の少ないものは分解、消失するだろう。本試料のご

く上層ははまだ原植物体の有機組成に近いものからなるとかかわれるものには、エーテル可溶のかかる有機物の存在が想像される。その結果上層より下層に減少し、樹脂分などの動向とことなる結果を現わすものであろう。このことは有機物分解が緩慢にしてF層よりも植物遺体の有機組成から遠ざかった有機組成を示すと考えられるH層またはF₂層を有するモダーまたはiモルにおけるエーテル可溶性有機物の動向から想像できる。たとえば粉状モダーに属する〔9〕、ならびに細屑状モルに属する〔38〕調査地の各層位の例についてみると、F層よりH層またはF₂層に一時この部分は減少するが、AまたはA₁層にふたたび増加する傾向を示している。F層またはF₁層においては分解をこうむることが少なく、残留するエーテル可溶性成分も、H層またはF₂層にいたれば分解の困難な樹脂分などは残留するが、分解の比較的容易なエーテル可溶性成分は減少し、AまたはA₁層にいたれば他の有機組成成分の消失とともに、有機物中樹脂分などが相対的増加をきたすものであろう。

水に可溶性成分として冷水ならびに温水可溶性成分を含めたが、この部分のものは分解の進展とともに速やかに減少するといわれている。本結果においても一般に上層から下方に下るとともに、減少する傾向が認められる。ただリグニンなどの変質過程において腐植化作用の進行に不十分な環境条件が存在する場合、低分子化合物になった水溶性有機物は、そのままの姿で存在することが多いと想像されるが、本試験においてモダーならびにモルなどに属するもののA₁またはA層において、わずかながら有機物中にこの有機物の増加を示している。かかる形態の堆積腐植は酸度高く、かつ置換性石灰含量も低い結果を示し、水溶性腐植化作用緩慢にして、植物遺体中の水溶性有機物以外に新生されたものがそのままA₁またはA層に存在することに起因するものと考えられる。

セルローズの推移についてみると、各形態とも上層から下方に減少しているが、形態とともにこの成分の量的相違を認めることができた。すなわちムルに属するものうち、クマイザサ、ゴンゲンスグを林床に優占種とする地点の堆積腐植はF層よりA₁層に急激にセルローズの減少を示すが、オガラバナ、シロバナシヤクナグなどを林床に優占種とするモダーやモルにおいては、F₁層からHまたはF₂層にセルローズ含量の減少は著しくはないが、A₁またはA層に急激な減少をきたしている。藓類を林床に優占種とするモルのF₁層とF₂層間のセルローズ含量も大きな差を認めることができなかった。しかしオガラバナを林床に優占種とするもののF層やシロバナシヤクナグ、藓類などを林床に優占種とするもののF₁層のセルローズ含量には大きな差を認めることができ、ムルに属するものにおいても林床に優占する林床植物の種類によつてF層のセルローズ含量はことなっている。セルローズは比較的分解の速やかな植物有機成分として考えられているにかかわらず、かかる結果を示すことは、FまたはF₁層が下層位よりも比較的新鮮な植物遺体から構成されているため、林床に優占する林床植物の遺体の有機組成成分に直接影響されるものであろう。すなわち本調査において林床植物のうち、優占種としてあらわれた林床植物のセルローズおよびリグニン含量を第16表についてみると、クマイザサ、ゴンゲンスグの有機物中セルローズ含量は55%以上に達し、藓類のそれは21%を示すが、シロバナシヤクナグ、シラネワラビ、オガラバナなどは15%以下のセルローズ含量を示すにすぎず、これと反対に、クマイザサ、ゴンゲンスグなどは20%以下のリグニンを示すが、シロバナシヤクナグ、シラネワラビ、オガラバナなどは35%以上50%に近いリグニン含量を示している。かかる結果からF層やF₁層のごとく堆積腐植表面に位置する部分ははまだ十分に分解をこうむることなく、植物遺体に近い有機組成を示し、またモルに属するもののF₂層がF₁層の有機組成、とくにセルローズ含量に近似性を示していることは分解が緩慢であることを示すものであり、モダー

の F 層のそれはムルやモルのそれに比較して分解が進ちよくしていることを思わしめる。ムルの F 層に比べてモダーの F 層が比較的分解が進ちよくしている結果を示すは、ムルの F 層を構成する有機物質はモダーのそれよりも新鮮なことを示すものであるとともに、旧いものは速やかに分解、消失するか、他の変質作用をこうむり、もとの植物遺体の有機組成とことなるものを構成し、ムルの F 層を構成する植物遺体はつねに速やかに輪廻を繰り返えずに反し、モダーの F 層は分解、消失の容易な部分はモルなどに比べて速やかに消失するも、その反面分解に抵抗性を有する有機組成分は変質作用緩慢なため、有機物中に残留、堆積するにいたり、ムルなどに比べて分解の進ちよくを思わしむるものであろう。

第 16 表 優占する林床植物、針葉樹の葉部に含まれる有機組成分 (有機物中百分率)

The organic components in the leaves of the dominant ground flora, conifers, etc. On basis of organic matter

植 物 名 Name of plant	セルローズ Cellulose	リグニン Lignin	全 窒 素 Total-N
	%	%	%
ト ド マ ツ <i>Abies sachalinensis</i>	15.93	49.96	1.68
エ ズ マ ツ <i>Picea jezoensis</i>	16.42	49.23	1.87
アカエゾマツ <i>Picea Glehnii</i>	13.42	45.74	1.02
シロバナシヤクナゲ <i>Rhododendron Fauriae</i>	12.82	36.10	0.99
オガラバナ <i>Acer ukurunduense</i>	15.34	34.49	2.04
シラネワラビ <i>Dryopteris austriaca</i>	15.79	48.13	1.10
クマイザサ <i>Sasa paniculata</i>	55.96	19.83	3.40
ゴンゲンスグ <i>Carex sachalinensis</i>	60.52	16.38	2.01
蘚 類 Mosses	20.59	26.33	1.75

各層位中のセルローズ含量の趨勢から、植物遺体を構成する有機物分解の傾向をうかがい、各形態の F または F₁ 層の分解状態を推測したが、これと同時に分解に対して抵抗性を有する有機組成分の残留が生ずる。しかしこのものの各形態の各層位中における趨勢も分解の進ちよく状態を物語りうるものであろう。腐植の母体として重要な位置を占めるリグニンならびにこれに近い有機物質、すなわち WAKSMAN らのリグニン様物質についてみると、各層位とも大略 40% 以上を含むことが認められた。この有機組成分はセルローズとことなり、下層位にいたるにしたがい、有機物中の大きな部分を占めるにいたるが、セルローズほど急激な変化を示しておらない。各形態の F 層についてリグニン様物質含量を見ると、蘚類が林床に優占種として出現している海綿状モルの F₁ 層もつとも少なく、これについてクマイザサ、シロバナシヤクナゲが林床に優占する粒状ムルならびに細屑状モルの F または F₁ 層に少なく、ゴンゲンスグやオガラバナなどが林床に優占するものの F 層やや高く、シラネワラビが林床に優占する地点の F 層もつとも高い。

第 16 表の結果から、セルローズの場合と同様に林床に優占する林床植物遺体中のリグニン含量が、F 層のリグニン様物質含量と密接な関係にあるようで、F 層のリグニン様物質の含量は堆積腐植の形態によるものよりも、その地点の林床に優占する林床植物の種類に左右されるようである。粉状モダーの H 層と細屑状または海綿状モルの F₂ 層に含まれるリグニン様物質含量は F または F₁ 層に比べて多く、H 層の場合には 51% に達し、2 つのモルの F₂ 層は約 40% を示している。細屑状モルの F₁ 層と F₂ 層におけるリグニン様物質含量は非常に類似した結果を示し、セルローズ含量において知られたと同様に、F₁ 層

から F₂ 層への植物遺体の変化は他のものの場合よりも比較的緩慢であろうと推測せしめる。粉状モダールの F 層がクマイザサを林床に優占する粒状ムルの F 層よりも、分解が進ちよくするような結果をセルローズ含量の比較において示しているが、リグニン様物質の場合も同様に比較的この有機組成分に富んでいる。これは両地点の林床に優占する林床植物遺体の種類によるとともに、セルローズ含量から考察されたように粒状ムルの F 層を構成する有機物の分解、消失が速やかで、つねに新鮮なものの堆積に原因するものであろう。

A₁ 層または A 層のリグニン様物質についてみると、各形態ともに上層よりもつねに高い結果を示し、約 50% に達している。

リグニン様物質は上層より下方にしたいに増加の傾向を示し、セルローズと反対の傾向を示した。このことは植物遺体中のリグニンが内部的な変質過程をこうむるとするも、漸次相対的な増加をきたし、集積することを明らかに物語るものであろう。

WAKSMAN らが述べているように腐植中の全窒素は蛋白質によつて占められるということについては諸種の異論が現在においては多く述べられているところであり¹⁰⁶⁾¹⁰⁹⁾¹²⁰⁾、リグニン様物質として硫酸により処理されたものの中にある全窒素が、すべて蛋白質として考えられるかは疑問とされるところである。しかし本試料は狭義の腐植として考えられるものよりも、むしろ植物遺体に近い有機組成をいまだ保持し、その中に含まれている全窒素も植物遺体中に含まれている含窒素化合物に近いものに由来するであろう。

窒素の多少が酸度や石灰とともに腐植化作用に対して大きな役割を演ずることについては、多数の学者が認めているところであり、また有機物分解に対する窒素の役割に関しても多くの学者が述べている³⁵⁾¹³⁵⁾。

本調査において堆積腐植を構成するに主要な役割を演ずると考えられる針葉樹ならびに林床植物の落葉に含まれる全窒素をケルダール法によつて求むるに第 16 表のごとく、林床植物中シロバナシヤクナゲの落葉がもつとも低い結果を示し、クマイザサの落葉はもつとも高い全窒素含量を示している。他の植物は 1.1~2.0% を示し、このうちシラネワラビがもつとも低い結果を示している。

ひるがえつて堆積腐植各層位の蛋白質と考えられるものについてみると、F または F₁ 層の有機組成分は比較的優占する林床植物の有機組成分に近いものを有するにかかわらず、蛋白質については第 16 表の結果と一致しておらない。しかし F または F₁ 層から H または F₂ 層を経て A₁ または A 層に増加することが認められる。

植物遺体中の蛋白質は分解の初期に他の有機組成分比べて比較的速やかに分解しきるも、分解の進ちよくに伴い微生物の増加をきたし、結果これらの菌体蛋白質の増加が生ずる。このことは優占する林床植物遺体中の蛋白質はその遺体中に含まれる炭水化物などと関連しながら分解しきり、土壤微生物の増加に伴い増加するにいたり、セルローズやリグニン様物質のごとく、植物遺体のみにその母材を求むるものとはやや趣きをことにするであろう。ゆえに初期における蛋白質含量が比較的少ない場合にも、土壤微生物の増加に適應する条件においては蛋白質の増加が考えられる。

各形態の堆積腐植各層位中に含まれる蛋白質量を比較すれば、F または F₁ 層は優占する林床植物の種類よりも形態の差にあらわれ、粒状ムルはともに多量の蛋白質を他の形態のものよりも含み、根網ムルにおいてやや劣る。しかし A₁ 層においては、根網ムルは粒状ムルの A₁ 層に劣るが、本試験結果にあらわれた粉状モダールまたは細屑状ムルの A₁ または A 層よりも富み、ムルの A₁ 層は他の形態の A₁ または A 層

に比較して、有機物中多くの蛋白質を含む傾向にあることがうかがわれるところで、この傾向を他の試料についてみると第 17 表のとおりである。

第 17 表 堆積腐植各層位の全窒素
Total-N in the several layers of the forest humus layers
On basis of org. matter

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層位 Layer	全 窒 素 Total-N %				Average
		1	2	3	4	
粒 状 ム ル Crumb mull	F	1.85	2.09	1.86	1.75	1.89
	A ₁	2.94	1.84	2.84	3.35	2.75
盤 状 ム ル Firm mull	F	1.20	1.45	1.76		1.47
	A	3.16	2.95	1.49		2.53
根 網 ム ル Root mull	F	1.09	1.04			1.07
	A ₁	1.76	2.44			2.10
粒 状 モ ダ ー Grain moder	F	1.45	1.37	2.02		1.61
	H	1.56	1.37	2.16		1.81
	A ₁	3.26	2.00	2.54		2.60
糊 状 モ ダ ー Pasty moder	F	1.13	1.92	1.99		1.68
	H	2.41	2.01	2.57		2.33
	A ₁	1.90	2.23	1.06		1.73
粉 状 モ ダ ー Powdery moder	H	1.21	1.43			1.32
	A ₁	0.87	1.86			1.37
毛 布 状 モ ル Matted mor	F	1.67	1.67			1.67
	H	1.26	2.77			2.02
	A	1.84	1.44			1.64
細 屑 状 モ ル Detritus mor	F ₁	1.09	1.42			1.26
	F ₂	1.15	1.49			1.32
	A	2.03	2.08			2.06
海 綿 状 モ ル Spongy mor	F ₁	1.31	0.94	1.84	1.37	1.37
	F ₂	1.46	1.34	2.09	1.27	1.54
	A	2.69	1.85	1.62	2.12	2.07
テ ッ ク ス 状 モ ル Tex mor	F ₁	0.84	1.67		1.66	1.39
	F ₂	1.37	2.03	2.02	1.66	1.39
	A	3.04	1.93	3.71	1.56	2.26

堆積腐植各形態の各層位について有機物中の全窒素含量をみると、粒状ムルのF層は1.9~2.1%、平均1.9%を示し、ムルのうちもつとも高い平均値を示している。根網ムルのF層はムルのうちもつとも低く、平均値1.1%を示すにすぎない。根網ムルは主としてゴングンスグによつて優占されている地点に発達することから、この植物遺体の含む窒素がこの形態のF層の全窒素に影響するであろうと考えられる。第 16 表の結果からこの植物遺体の窒素含量は比較的クマイザサよりも低く、この関係を裏書するものであろう。モダールのF層は粉状モダールを除いて有機物中の全窒素は平均1.7%に近く、粒状ムル以外のムルのF層よりも高い値を示している。モルのFまたはF₁層についてみると、毛布状モルのF層は他のモルのそれに比べてやや高く、テックス状モルのF₁層と近い結果を示している。

モダールならびにモルのHまたはF₂層についてみると、粒状モダールのH層は平均1.8%を示すが、糊状モダールは平均2.3%を示してモダールのH層のうちでもつとも高い値を示している。モルのうち毛布状モルのH層はモダールのH層よりも高い平均値を示すが、糊状モダールのH層よりはやや低い値を示している。モルのF₂層においては細屑状モルのF₂層はモルのうちもつとも低く、テックス状モルのF₂層がモルのうちもつとも高い値を示している。しかしモダールや毛布状モルのH層は、モルのF₂層よりも平均において多くの全窒素を有機物中に含む傾向を示している。

ついで堆積腐植の下に横たわる A₁ または A 層の有機物中全窒素含量についてみると、ムルのうち粒状ムルは平均 2.8% を示して最も高い結果を示し、根網ムルは F 層の場合と同様に、ムルのうちもつとも低い値を示している。モダーにおいては粒状モダーがもつとも高い平均値を示し、粒状ムルの A₁ 層に近い値を示している。粉状モダーははなはだしくことなる例を示し、両者ともにはほとんど等しい有機物を含むにもかかわらず、オガラバナが林床に優占するものは 0.9% を示すにすぎないが、シラネワラビが林床に優占する地点のものは糊状モダーの A₁ 層に近い結果を示している。モルの A 層についてみれば、テツクス状モルの A 層はモルのうちもつとも高い平均値を示すが、これも各箇所によつて大きな相違を示し、さきに述べたように根網ムルないしは糊状モダーに由来すると考えられるものの A 層は有機物中高い全窒素含量を示すが、海綿状モルのように、主として藓類に優占されたと考えられるものの A 層は、比較的低い値を示している。これについて細屑状モルならびに海綿状モルの A 層はほぼ等しい値を示し、毛布状モルは F または H 層における傾向とは逆にモルのうちもつとも低い値を示している。

以上の結果から、各形態の各層位における有機物中全窒素の平均値は粒状ムルの F 層が他のいずれのものよりも高く、これについて毛布状ならびにテツクス状モルの F ないし F₁ 層が高い値を示している。しかして根網ムルの F 層はもつとも低い平均値を示し、細屑状ならびに海綿状モルの F₁ 層はこれよりもややまさる値を示している。

また、モダーならびに毛布状モルの H 層は、テツクス状モル以外のモルの F₂ 層よりも高い値を示すようにうかがわれる。

A₁ または A 層についてみると、前の結果と同様にムルの A₁ 層は有機物中に多量の全窒素を含む傾向を示すが、粒状モダーならびにテツクス状モルの平均値も高い。ただテツクス状モルの場合、かかる堆積腐植を生成する林相を誘引した前の林床がムルまたはモダーにおおわれていたと考えられるものの A 層は有機物中多量の全窒素を示すが、しからざる場合には比較的低い値を示している。

以上のように各種形態の堆積腐植についてこれを構成する主な有機組成成分をみると、セルローズ含量は上層から下層に減少するが、リグニン様物質はセルローズほど明らかな変化を示さないが、一般に上層より下層に有機物中に増加する傾向を示している。シラネワラビが優占する粒状ムルのリグニン様物質の下方への増加が、他の場合のものに比して比較的少ないことはこの林床植物遺体中に含まれるリグニンが他の優占種よりもはなはだしく高く、その結果他の有機物の分解、消失による相対的増加があまり明りようでないことに帰因するものではないかと想像される。蛋白質は各形態とも下方に増大の傾向を示すが、A 層における有機物中の蛋白質含量はムルに属するものにおいて他の形態の A 層のそれよりも多い結果を示している。

しかしてセルローズやリグニンのごとく、植物遺体から供給され、分解をこうむるのみで、新生されないものは堆積腐植表層位では、比較的優占する林床植物のそれら成分に支配されるが、蛋白質などの土壤微生物の活動により新生されるものはこれらとは別の傾向を示すように見受けられる。植物遺体を構成する有機物は土壤微生物の作用に対する難易の度合によつて分解、消失するものがあるとともに、残留するものは堆積する。これと同時に土壤微生物の繁殖により新生される有機成分は増加し、かくして堆積腐植の各層位を構成する有機成分のうえに差が生じ、ここに堆積腐植の形態も相違をきたすであろう。

第 4 項 堆積腐植を構成する有機物の変質過程に関する考察

従来腐植として述べられているものには、広義の場合と狭義の場合とがあり、広義の場合には土壌上や

その中に含まれる動植物の遺体，土壤微生物の活動力のあるもの，死滅したもの，さらに分解その他の変質作用によつて生じた各種の生成物に，加うるに狭義の腐植としてあげられるものなど土壤中に存在する有機物を総称している。これに対し狭義のものは黒色ないし黒褐色を呈する無定形の有機物にして，膠質状態を呈するものを指すとされている。MAIWALD⁶⁷⁾ は従来これらの関する不明りような見解を次のように区別し定義している。すなわち土壤中の有機物は枯死しても不変化で残る動植物の残査および土壤微生物の生活力を有するものおよび死滅したものに狭義の土壤有機物を含み，狭義の土壤有機物は腐植随伴物 (Humusbegleistoﬀe) と真正腐植質 (echte Humusstoﬀe) を含むとし，真正腐植質は初期物質および腐植随伴物などのように，速やかに変化する群とはことなり，比較的安定であるが，多くの土壤微生物ならびに外界の作用によつて，緩慢な分解を続ける未知の物質からなる暗色の無定形自然物であると定義し，WAKSMAN らの定義する腐植は SPRINGER の真正腐植質に相当するように考えられる。

有機物より狭義の腐植，すなわち SPRINGER¹⁰⁸⁾ の真正腐植質に移る経過については，従来より諸種の研究が行われ，GROSSKOPF²⁷⁾ はドイツトウヒ林の堆積腐植の各層位について，リグニン，アンモニア可溶性有機物，およびアセチルプロミツド不溶性有機物の消長を求め，リグニンの消失とアセチルプロミツド不溶性有機物の増加との間に平行的関係があることを認め，リグニンは土壤中で速やかにアセチルプロミツドに不溶性の腐植に変化すると述べ，STADNIKOW¹¹⁷⁾ はリグニンから腐植酸にいたる経過について述べ，水ならびにアルコール可溶性腐植酸などを経て腐植酸にいたると述べている。この過程について WAKSMAN¹⁴³⁾ らは肯定しておらないが，アルコール可溶のヒマトメラン酸は腐植酸にいたる中間生成物であるとしている。SPRINGER¹¹²⁾ は土壤生成過程，ことに灰白土化作用に際して重要な役割を演じ，かつ有機物の性質を強く代表する腐植前段階物質 (Humusvorstufen) を無色のものと，着色したものと2種類に区別し，無色の前段階物質として最もよく知られているものにリグニン酸があるとしている。しかしてこれらは植物体内のリグニンが植物体の死後，酸化または生化学的にフェノール-OH 基およびカーボキシ基の存在が特徴的となり，腐植酸に類似し，明らかに酸性反応を呈するにいたるとしている。

さらに変化の進展とともに，リグニン酸はその中に含まれるメトキシ基を失い，同時に黒色を呈するにいたり，ここに腐植化したリグニン酸，SIMON¹¹²⁾ のいわゆるフモリグニン酸 (Humoligninsäure) が生ずるにいたると説明した。しかして同氏はフモリグニンを経てフモリグニン酸に変化し，さらにある種の合成反応が生じて，いわゆる真正腐植酸 (echte Huminsäure) が生成すると述べている。その他ポリウロンを原料とするもの，またある特定の環境においては炭水化物から腐植酸の生成が認められているが⁹³⁾，MAIWALD⁶⁷⁾ は狭義の腐植の生成に対して(1)有機物の微生物による破壊，すなわち腐植前段階物質の生成，(2)腐植の固有の生成とに分け，(1)の過程において特殊の性質により，あるものは(2)の過程を経て腐植の生成をするにいたり，またあるものは微生物の細胞物質の形成において新生プラズマの合成により，これから自己消化ないし他の微生物による分解にあつて腐植の生成が行われるとしている。かくしてリグニン腐植 (Ligninhumus)，鞣素腐植 (Gerbstoffhumus) およびメラニン腐植 (Melaninhumus) などが生成されるが，このうちリグニン腐植の生成が一般に土壤中において量的に大きいとしている。かように主として植物遺体中に含まれるリグニンが腐植の主要な母材となり，漸次諸種の変質作用をこうむり，腐植酸の生成が行われると考えられているとともに，WAKSMAN¹⁴⁴⁾ らはリグニンと蛋白質とを反応せしめ，これをリグノプロテネート (Lignoprotenate) とよび，土壤腐植とあらゆる点で類似の性質を有することを認め，これを腐植核 (Humusnucleus) とよんだ。しかし WAKSMAN らのリグノプロテネー

トに対して SÜCHTING¹²⁰⁾ らは堆積腐植中の窒素はほとんど不溶性のもので、その大部分は異節環状化合物として存在するものであろうとし、SPRINGER¹¹⁰⁾ は 80% 硫酸による処理で残った残渣中の窒素は WAKSMAN らの述べたような蛋白質に由来するものではなく、この窒素のわずかな部分が蛋白質の性質を有するにすぎないとし、SOWDIN ならびに ATKINSON¹⁰⁶⁾ らもほぼ同様の見解の上に立っている。しかし腐植化の進展に対して窒素は重要な役割を果すものようで、SAUERLANDT⁹²⁾ はアンモニアとリグニンから腐植酸類似の物質が合成されることを認め、THIELE¹³⁵⁾ らは腐植酸はベンゾール類似の核を有する重合した多価フェノール (polymere Polyphenol) であると考え、腐植酸、ヒマトメラン酸ならびにフルボ酸の順に重合度は減少し、分子分散物質 (molekulare-dispersen Stoffe) からフルボ酸、ヒマトメラン酸ならびに腐植酸を経て炭化物質が生ずるとし、この際窒素化合物の存在は腐植酸の生成を良好ならしむるとともにその安定性を高めると述べている。SCHEFFER⁹³⁾ らも同様にリグニンが酸素摂取を行う間に蛋白質分解によつて生じたアンモニアやアミノ態窒素を摂取し、分子結合 (Molekülverband) が行われるとしている。

ゆえにたとえ、腐植酸中の窒素の大部分が蛋白質に由来するものでないにしても、腐植化作用に対して蛋白質やこれに由来する窒素は必要な条件を与えるものであろうと考えられ、しかもこの窒素はアンモニア態ないしはアミノ酸態のような窒素であることが必要のようにみうけられる。

リグニンから諸種の段階を経て腐植酸が生成されることについては、諸学者の認めたところであるが、この過程について常に同種の腐植酸が生成されるものではないとされている。すなわち SCHEFFER⁹³⁾ らはリグニンは土壤微生物の働きにより、細胞膜から分離し、漸次増加するにいたり、このとき空気中の酸素ならびに酵素の共同作用のもとに自己酸化により脱メチル化 (Entmethylierung) ならびに反応基の遊離が結果し、高分子化合物への縮合が起ると述べ、さらにこの過程はアルカリ性反応のもとにおいて急激に進み、いわゆる灰色腐植酸 (Grauhuminsäure) が構成されるが、酸性性を呈し、窒素欠乏のもとにおいては窒素に乏しい腐植酸が生成される。この条件がさらに思わしくない場合にはリグニンは腐植酸前段階物質に変化するにとどまり、モデル実験においてリグニンからフモリグニン酸、リグノフミン酸を経て褐色腐植酸への高い酸化段階物 (Oxydationstufe) や縮合段階物 (Kondensationstufe) の生成を追究できるとしており、この中間物をフルボ酸とともに粗腐植、泥炭ならびに灰白土中に見出すとしている。

SPRINGER¹¹⁴⁾ らはフモリグニン酸やフモウロン酸のような腐植酸前段階物質は種々の腐植生成において量的な相違を示しており、チエルノーゼムのような良好な土壤や、非常によく有機物が分解し石灰に富む中性の泥炭土壤ではこれらの物質はわずかに存在するか、または存在しないが、灰白土化土壤、高位泥炭や粗腐植のように価値の低い土壤では多く存在すると述べている。

また HOCK³⁵⁾ はフルボ酸の行動について述べ、かかる腐植酸は灰白土化土壤に富むことを認めているが、フルボ酸が THIELE¹³⁵⁾ らの述べたようにフミン酸の前段階物質であり、フミン酸などに比べて重合度の低い化合物で、フミン酸合成に対する基礎物質であるとするならば、腐植酸合成に対して条件が備わっていないところではフルボ酸やこれに近い低分子化合物が多く存在することもうなずけるであろう。

WITTICH¹⁴⁹⁾ は諸種の条件を有する落葉からの真正腐植質の生成ならびに堆積腐植の性状に論及し、窒素ならびに石灰に富む落葉は土壤微生物の活動を促進し、かかる落葉の分解の特徴として、速やかな鉱物化と真正腐植質の著しい生成があげられ、この真正腐植質は多量の窒素を含むが、これに対し石灰に富むも、窒素に乏しい落葉からは同様の腐植化過程をたどるが、真正腐植質の生成は少なく、かつこの真正腐植質

の窒素含量は少ないとしている。これらの場合にはムルが多く発達するとしている。これに反して塩基に乏しい土壤上の落葉は窒素ならびに石灰に乏しいため、酸性を呈し、微生物は少なく、Actinomyces による腐植酸生成を欠き、結果炭水化物からなる細胞膜が緩慢な分解をうけるために、リグニン遊離することが困難で、緩慢かつわずかに鉱物化し、大部分は腐朽生成物として集積する。この際酸性であるため、リグニンのフェノール系基礎物質 (Phenolische Baustein) のキノンへの酸化は弱くなると述べている。

以上のように腐植酸生成は非常に複雑な過程を踏み、塩基に富み、中性にして微生物の繁殖に利用される窒素が十分に存在する状態においては、炭水化物はリグニンとともに腐植酸生成に役だが、適当な条件が備わっていない場合には微生物の活動は緩慢にして、腐植酸生成は遅延し、ことにはなはだしいときは腐朽生成物や腐植酸生成への中間生成物としての低分子化合物の共存が考えられる。

さきに述べた本試験結果を見ると、各種の堆積腐植は林床に優占する林木ならびに林床植物との間に関係があり、さらに堆積腐植の各形態が示す pH や置換性石灰などにも相違が認められた。また優占する林床植物の落葉の pH はその種類に応じてことなことが推測された。これらのことは前に述べたように有機物の変質過程に影響をもたらす、条件に応じて堆積腐植には種々の変質過程をこうむつた生成物が存在するであろう。

第 5 項 実験方法および堆積腐植各層位の有機物の変質状態

従来腐植酸の定量については弱アルカリ溶液が使用されたが、この溶剤による場合はいわゆる真正腐植質ないしは真正腐植酸と考えられるもの以外に、リグニンよりの腐朽生成物と考えられるフモリグニン酸またはこれに類似の中間生成物が混合してくることが知られている¹⁰⁵⁾。GROSSKOPF²⁰⁾、SPRINGER¹⁰⁸⁾らは腐植化をこうむつた有機物はアセチルプロミッドによる処理で不溶のまま残存することから真正腐植質の定量に対してこの方法を用い、SPRINGER は最近これにかわる無水酢酸、氷酢酸および硫酸による Sulfacetolyseverfahren を提案している⁴⁹⁾。また SIMON¹⁰⁰⁾ は石灰沈殿性中性塩、すなわちシユウ酸ソーダ、弗化ソーダなどに可溶の腐植酸は真正腐植酸を意味し、腐朽生成物はこの溶液には溶解しないと、さらに酢酸塩緩衝液 (pH 4.0) は真正腐植酸のみを溶解し、か性ソーダは腐植酸のみならず腐朽生成物、粗腐植中の溶解容易な中間生成物ならびに低分子化合物であるフルボ酸を溶解するとしている。しかして腐朽生成物と腐植酸とはその生成に必要な条件をことにし、腐植化の順調な進みよきには石灰に富み、反応は中性を呈し、かつ可溶性窒素の十分な存在があげられる。しかして前述の本試験結果から、堆積腐植各形態の pH や置換性石灰含量、塩基不飽和度その他全窒素などをみると、形態をことにするとともにこれらの諸性質をことにすることが知られ、ムルは他の形態のものに比べて、比較的にかかる条件を満たすようにうかがわれる。

以上の諸性質を有する腐植性物質を究明し、堆積腐植各形態の有機物の腐朽化ならびに腐植化の状態を求むるため、代表的な堆積腐植について、次の方法により、か性ソーダ可溶性有機物、ならびに SIMON のいわゆる真正腐植酸を求め、各堆積腐植形態間の腐朽生成物や真正腐植酸の比較を行つた。

1. 弗化ソーダ可溶性有機物 SIMON¹⁰⁵⁾ に従い試料一定量に 50 倍の N/4 弗化ソーダ溶液を加え、24 時間ときどき振とうしつつ室温で放置、その後さらに前液量と同量の蒸留水を加え、ときどき振とうして 24 時間室温で放置した。この処理後遠心分離器で上澄液を分離し、滲液一定量に微酸性になるまで塩酸を加えて沈殿をつくり、1 晩放置後、この沈殿を遠心分離器により分離し、これを 1% 塩酸で滲

紙上に移し、はじめ1%塩酸で洗浄し、漸次塩酸濃度を薄め最後に蒸留水で洗浄し、いまだ滷液に塩素の反応をわずかに示すものを、-15°C以下の低温において1昼夜以上放置し、凍結せしめたのち、蒸留水で洗浄し、塩素の反応を消失せしめた。これを希アンモニア液に溶解、常法によつて重量的に求めた。

2. か性ソーダ可溶性有機物 前述の弗化ソーダ液にかえて、N/4か性ソーダ溶液を用い、処理は前述のとおりに行つた。

以上の方法で得た結果は第18表のとおりである。

第18表 堆積腐植各層位の有機物、N/8か性ソーダ可溶性有機物およびN/8弗化ソーダ可溶性有機物(乾物中)

The organic matter, N/8 NaOH-soluble organic matter, and N/8 NaF-soluble organic matter in the several layers of the forest humus layer

On basis of dry matter

調査地 番号	堆積腐植の形態	層位	有機物	N/8-NaOH	N/8-NaF	有機物中		腐植化度
				可溶性 有機物	可溶性 有機物	In org. matter	In org. matter	
Plot No.	Type of forest humus layer	Layer	Org. matter	N/8NaOH soluble org. matter	N/8NaF soluble org. matter	N/8-NaOH 可溶性有機物 soluble org. matter	N/8-NaF 可溶性有機物 soluble org. matter	Humic acid quotient
			%	%	%	%	%	
[5]	粒状ムル Crumb mull	F	85.470	11.829	1.600	13.84	1.87	13.5
		A ₁	17.660	9.398	5.200	53.22	29.44	55.3
[36]		F	75.426	11.398	2.279	15.11	3.02	20.0
		A ₁	9.788	5.932	3.675	60.65	37.55	62.0
[37]		F	55.141	15.682	1.472	27.93	2.62	10.0
		A ₁	19.820	9.703	4.954	49.00	24.99	51.1
[39]		F	77.739	29.117	2.065	32.31	2.49	8.2
		A ₁	13.146	5.027	3.948	54.95	30.00	78.5
[13]	盤状ムル Firm mull	F	73.088	15.607	1.130	21.35	1.55	7.2
		A	16.010	7.950	6.203	49.72	38.74	77.9
[17]		F	82.237	10.255	2.566	12.47	3.12	25.0
		A	8.815	6.950	3.192	78.84	36.22	45.9
[21]	根縮ムル Root mull	F	72.400	16.295	2.073	22.51	2.86	12.7
		A ₁	17.570	3.254	2.560	18.52	14.80	78.7
[34]		F	77.979	19.485	1.454	24.99	1.87	7.5
		A ₁	18.817	5.374	3.422	28.56	18.18	63.7
[35]		F	75.940	18.390	2.430	24.22	3.20	13.2
		A ₁	15.055	4.374	2.015	29.06	13.38	46.1
[10]	粒状モダー Grain moder	F	75.740	13.572	3.981	17.92	5.24	29.9
		H	43.902	13.293	5.017	30.28	11.43	37.7
		A ₁	15.374	5.594	3.410	36.39	22.18	61.0
[11]		F	81.723	7.996	1.543	9.78	1.89	19.3
		H	55.875	10.192	5.240	17.92	9.21	51.4
		A ₁	21.087	10.406	5.588	49.35	26.50	53.7
[26]		F	87.130	14.500	1.594	16.64	1.85	11.0
		H	73.460	15.080	3.437	20.53	4.68	22.8
		A ₁	12.790	3.580	2.258	27.99	17.65	63.1
[23]	糊状モダー Pasty moder	F	85.090	14.140	1.887	16.42	2.19	13.4
		H	46.730	16.270	5.020	34.81	10.74	30.9
		A ₁	18.230	7.090	3.708	38.89	20.34	52.3
[32]		F	78.049	20.896	2.875	26.77	3.68	13.8
		H	30.680	11.842	3.771	38.60	12.29	21.8
		A ₁	15.482	6.640	2.552	43.53	16.48	37.9

調査地 番号	堆積腐植の形態	層位	有機物	N/8-NaOH	N/8-NaF	有機物中		腐植化度
				可溶性	可溶性	In		
				有機物	有機物	org. matter	org. matter	
Plot No.	Type of forest humus layer	Layer	Org. matter	N/8NaOH soluble org. matter	N/8NaF soluble org. matter	N/8-NaOH 可溶性有機物 soluble org. matter	N/8-NaF 可溶性有機物 soluble org. matter	Humic acid quotient
〔9〕	粉状モダー Powdery moder	F	75.541	8.911	2.328	11.80	3.08	26.1
		H	72.307	11.576	2.941	16.01	8.22	25.4
		A ₁	45.167	24.036	9.916	53.22	21.95	41.3
〔6〕	毛布状モル Matted mor	F	80.640	14.795	1.746	18.35	2.17	11.8
		H	44.900	15.559	2.973	34.65	6.62	19.1
		A	5.120	3.600	2.440	70.31	47.66	67.8
〔27〕		F	89.590	13.700	1.613	15.29	1.80	11.8
		H	65.990	15.980	2.856	24.06	4.33	17.8
		A	12.890	4.660	2.217	36.16	17.20	47.6
〔8〕	細屑状モル Detritus mor	F ₁	89.008	22.977	1.705	25.82	1.92	7.4
		F ₂	80.860	20.890	3.249	25.84	4.02	16.0
		A	17.977	12.020	2.649	66.86	14.74	22.0
〔14〕		F ₁	88.354	20.377	1.302	23.06	1.47	6.4
		F ₂	80.156	18.603	2.466	23.21	3.08	13.3
		A	20.875	12.833	6.148	61.48	19.14	47.9
〔38〕		F ₁	85.388	14.000	0.902	16.06	1.06	6.4
		F ₂	78.813	23.840	4.098	30.24	5.20	17.2
		A	14.147	7.120	2.736	50.32	19.43	38.4
〔24〕	海绵状モル Spongy mor	F ₁	87.606	17.490	3.498	19.96	3.99	20.0
		F ₂	80.401	16.112	4.429	20.04	5.51	27.5
		(H)	51.899	16.242	5.850	31.30	11.27	36.0
		A	10.865	5.338	3.867	49.13	35.55	72.4
〔45〕		F ₁	80.206	16.030	2.723	19.98	3.40	16.7
		F ₂	68.964	11.359	3.133	16.47	4.54	27.6
		A	5.177	1.125	1.027	21.71	19.82	91.3
〔46〕		F ₁	75.117	15.791	2.760	21.02	3.67	17.5
		F ₂	75.604	20.701	2.800	27.38	3.70	13.5
		A	7.559	1.737	1.420	22.98	18.79	81.8
〔25〕	テックス状モル Tex mor	F ₁	78.390	15.190	3.056	13.38	3.90	20.0
		F ₂	83.340	14.520	3.172	17.42	3.81	21.9
		A	31.968	8.056	5.503	25.19	17.22	64.7
〔30-1〕		F ₁	89.524	11.075	1.578	12.37	1.76	14.3
		F ₂	65.487	15.930	3.687	24.32	4.71	23.2
		A	5.900	1.715	1.566	29.07	26.54	91.2

有機物中の N/8 可溶性ソーダ可溶性有機物、すなわち有機物中の腐植生成物および真正腐植酸と称せられるものによつて、構成されている部分についてみると、粒状モルならびに盤状モルの F 層は根網モルの F 層に比較して、高い値を示すものと低いものとが認められるが、平均値において盤状モルが他の 2 者よりも低く、他のモルは大差ない値を示している。モダーのうち、粒状モダーと糊状モダーとの F 層についてみれば、両者はモルのそれによく類似した傾向を示し、15~22% を示している。粉状モダーは一地点にすぎないが、前のモダーよりも低い値を示している。モルの F 層または F₁ 層についてみると、これも、とくにモルやモダーの F 層と明らかに区別される平均値を示しておらない。

ササ、ゴンゲンスグ、または蘚類の遺体のように、他の植物遺体よりもリグニン含量に乏しいものを主として原料とするモルやモダーまたは海绵状モルの F または F₁ 層が、その有機物中の N/8 可溶性有機物含量の平均値において、他の形態の F または F₁ 層に比べて大きな差を示さないことが注意される。しかし各形態の結果をさらに詳細に比較すると、2、3 のものを除けば、各形態ごとに大きな広がりを見せていることが注意される。すなわち粒状モルにおいて 14% を示す〔5〕や 32% を示す〔39〕が

認められ、粒状モダーにおいては10%を示す〔1〕とともに、18%を示す〔10〕を認めることができるが、また一方根網ムル、毛布状モル、海綿状モルやテツクス状モルは各形態ごとに比較的類似した値を示している。前者に属する同一形態のF層が諸種の値を示すは、林床に優占する林床植物の種類や変質過程の度合をことにすると考えられるが、後者に属するものはその主たる原料である植物の種類が等しいこと、比較的環境条件が等しいことに原因するものであろう。すなわち根網ムルのF層はゴンゲンスグの地上部ならびに根系の遺体が多くこれを構成し、海綿状モルのF₁層はほとんど藓類の遺体によつて占められ、またテツクス状モルにおいてはほとんどがトドマツなどの針葉樹落葉で構成され、かつこの形態を構成する現在の林床状態はほとんど等しいことに起因するだろう。

つぎにHまたはF₂層についてみると、これらの層は外観的にはなほだしく相違し、また有機物の変質過程はFまたはF₁層よりもさらに進んでいることが考えられ、粒状モダーのH層は平均23%を、糊状モダーはやや高く37%を示し、毛布状モルのH層は29%を示すが、細屑状モルのF₂層は26%を、海綿状モルは21%、テツクス状モルのF₂層も21%を示し、糊状モダーのH層がもつとも高い平均値を示し、海綿状モルならびにテツクス状モルのF₂層はもつとも低く、その平均値からすれば、H層は有機物中N/8か性ソーダ可溶性有機物をF₂層より比較的多量に含む傾向を示している。しかしここでも同一形態において、大きな広がり示すものが認められ、粒状モダーのH層は18~30%を、毛布状モルのH層は24~35%を、細屑状モルのF₂層は23~30%を示し、海綿状モルのF₂層は16~27%を、テツクス状モルのF₂層は17~24%を示し、F層またはF₁層では比較的均一な値を示すものもこの層位になると、大きな広がり示している。

これらの下に横たわるA₁またはA層について比較すると、粒状ムルは平均値54%を、盤状モルのA層は64%を示している。ただ盤状モルは大きな広がり示し、一部は粒状ムルのA₁層の最低値に近いものを示すが、一部は79%に達している。根網ムルのA₁層は以上の2つのムルよりも低く、わずかに平均25%を示すにすぎない。しかも前二者はF層より急激に有機物中か性ソーダ可溶性有機物含量が増加するも、根網ムルのA₁層はF層に近い値を示している。この結果は根網ムルのA₁層にはクマイザサなどの地下茎とことなり、多量のゴンゲンスグの根系が存在し、これが枯死残留するため、比較的新鮮な有機物が存在することに起因するものであろう。粒状モダーのA₁層は38%を示し、粒状ムルのA₁層に劣り、糊状モダーは41%を示して、粒状モダーよりもやや高い平均値を示している。さらに毛布状モルのA層は粒状ムルのA₁層の平均値に近い値を示すが、盤状ムルのA層と同様に大きな広がり示している。細屑状モルのA層は平均60%を示し、海綿状モルはこれに反して低く、わずかに平均30%を示すにすぎず、さらにテツクス状モルのA層は平均27%を示している。かくその平均値からすれば、盤状ムルのA層もつとも高く、これについて細屑状モル、粒状ムル、毛布状モル高く、これより粒状モダーやや低く、海綿状モルならびにテツクス状モルのA層はもつとも低い値を示している。

各層位間において有機物中N/8か性ソーダ可溶性有機物含量をみると、FまたはF₁層からHまたはF₂層を経てA₁またはA層に各形態とも増加する。しかしムルのようにF層から直ちにA₁層に移る形態のものは、その含量も根網ムル以外は急激に増加するが、モダーならびに毛布状モルにおいてはF層よりH層への変化の度合は毛布状モル以外のモルのF₁層からF₂層への変化の度合よりもやや強い傾向を示すようである。HまたはF₂層からA₁またはA層への変化は細屑状モルや粉状モダーの場合急激に増加するが、他のものでは大きな差は認められない。

SPRINGER¹⁰⁸⁾ は腐植とアセチルプロミッド不溶性腐植との割合を分解度(Zersetzungsgrad, Z. G.)としてあげ、腐植化の程度を求めているが、SIMON¹⁰⁹⁾ は N/8 か性ソーダ液に溶解し、酸に沈殿する有機物に対する酢酸塩緩衝液(pH 4.0)可溶性有機物の過マンガン酸カリ消費量の割合から腐植化度(H. Q.)を求めている。これと同時に SIMON¹⁰¹⁾ は N/8 弗化ソーダ可溶性有機物はアセチルプロミッドに不溶解であるとしている。著者は N/8 弗化ソーダ液により真正腐植酸を求めて SPRINGER の Z. G. になり、有機物中の N/8 弗化ソーダ可溶性有機物の百分率を求めた。

F または F₁ 層の有機物中 N/8 弗化ソーダ可溶性有機物、すなわち SPRINGER の Z. G. に相当するものは各形態ともきわめて低く、粒状モダの 1 つが 5% を示す以外はすべてこれ以下の値を示している。H または F₁ 層についてみると、モダの H 層は 5~12% を示すが、モルの H または F₂ 層は 3~7% を示し、海綿状モルのうちの H 層が 11% を示し、モダの H 層に似た値を示すにすぎない。有機物中 N/8 か性ソーダ可溶性有機物含量は、H 層と F₂ 層において、H 層にやや多い傾向を示したが、有機物中 N/8 弗化ソーダ可溶性有機物もこれと趣をひとつにし、やや明らかな差を示すようである。しかして糊状モダの H 層は他の H 層や F₂ 層に比べて、有機物中 N/8 か性ソーダ可溶性有機物含量大であるとともに、N/8 弗化ソーダ可溶性有機物含量もまた他に比べて比較的大きい。これに反しモルの F₂ 層は有機物中か性ソーダ可溶性有機物含量大であるにもかかわらず、有機物中 N/8 弗化ソーダ可溶性有機物含量は少なく 5% に達するものはまれである。

A₁ または A 層についてみると、粒状ムルならびに盤状ムルは有機物中 N/8 弗化ソーダ可溶性有機物は 25% 以上を示しているが、根網ムルは有機物中の N/8 か性ソーダ可溶性有機物含量と同様に低く、20% に達しない。モダにおいてみると、粒状モダの A₁ 層は他のモダのそれよりもやや高い傾向を示すが、根網ムル以外のムルに劣る結果を示し、糊状モダは有機物中多量の N/8 か性ソーダ可溶性有機物を含むにもかかわらず、有機物中の N/8 弗化ソーダ可溶性有機物含量は低い。モルの A 層は毛布状モルの 1 つがはなはだしく高い比率を示す以外は一般に低く、細屑状モルにおいては 20% に達するものは認められない。

N/8 か性ソーダ液は有機物中の腐朽生成物ならびに真正腐植酸を溶解するものとすれば、根網ムルの N/8 か性ソーダ可溶性有機物中には多くの真正腐植酸が含まれるに反し、糊状モダや細屑状モルのそれはこれに比べて、むしろ多くの腐朽生成物から構成されていると想像される。これらの関係を明らかにするため、か性ソーダ可溶性有機物中の弗化ソーダ可溶性有機物含量の百分率を SIMON にならつて腐植化度(H. Q.)として比較すると、F または F₁ 層のそれは各形態ごとに差はほとんど認められないが、ただ細屑状モルの F₁ 層は他の形態のものに比べてはなはだしく低い値を示し、これに反し海綿状モルの F₁ 層は他に比べて比較的高い値を示しているものが多い。

H または F₂ 層についてみると、モダの H 層は海綿状モル以外のモルの H ならびに F₂ 層よりも比較的高い値を示し、海綿状モルやテツクス状モルの F₂ 層はモルのうち比較的高い値を示すものが認められ、F₁ 層の場合と同様の傾向を示すようであり、細屑状モルの F₂ 層は F₁ 層と同様に他の形態のものよりも低い。

H または F₂ 層の有機物中の N/8 か性ソーダ可溶性有機物とこの結果とを比較すると、か性ソーダ可溶性有機物の比率が高く、かついわゆる腐植化度もまた高いものと、前の比率は比較的高いにもかかわらず、低い腐植化度を示すものが認められる。またときに前の比率が低いにもかかわらず、高い腐植化度を

示すものがある。糊状モダー、毛布状モルならびに細屑状モルは前の比率は高いが、低い腐植化度を示し、海綿状モルの大部分は比較的前の比率は低いにもかかわらず、高い腐植化度を示している。前の比率とともに腐植化度の高いことは、腐植化度の進ちよくを思わしむるとともに、糊状モダーその他の場合には腐朽化の進ちよくを想像せしむる。また海綿状モルのごとく、前の比率は低い、腐植化度の高いことは有機物の腐朽化、腐植化ともにあまり進ちよくしておらないことを想像されるが、ただか性ソーダ可溶性有機物中には腐植化の進ちよくしたものが多く含まれていると考えられる。

これらの下に横たわる A₁ または A 層のこの比率、すなわち SIMON の腐植化度に相当するものを見ると、ムルのうち、その平均値においては各形態ともほぼ同様の結果を示し、他の形態よりも高いが、盤状ムルならびに根網ムルの一部には比較的低いものが認められる。粒状モダーの A₁ 層はその平均値においてはムルに近い値を示し、糊状モダーの A₁ 層は有機物中 N/8 か性ソーダ可溶性有機物は多いにもかかわらず、そのうちには非化ソーダ可溶性有機物は少なく、ムルやモダーに劣る傾向を示している。粉状モダーは 1 試料にすぎないが、これについてみると、糊状モダーと同じく有機物中の N/8 か性ソーダ可溶性有機物は多いが、これのなかに含まれる N/8 非化ソーダ可溶性有機物は少ない。毛布状モルの A 層は有機物中 N/8 か性ソーダ可溶性有機物含量の大きいものはこの比率も高く、前者の低いものはこの比率もまた低い傾向を示し、細屑状モルの A 層における有機物中の N/8 か性ソーダ可溶性有機物量は比較的多いにもかかわらず、腐植化度は今までに述べたものよりも低い値を示し、糊状モダーや粉状モダーとやや規をひとつにする。ついで海綿状モルはこれに反して有機物中の N/8 か性ソーダ可溶性有機物は少ないにもかかわらず、か性ソーダ可溶性有機物の大部分は N/8 非化ソーダ可溶性有機物からなることを示し、F₂ 層のそれと規をひとつにしている。テックス状モルの A 層は両試料とも有機物中の N/8 か性ソーダ可溶性有機物量はほぼひとしいが、これの中に含まれる N/8 非化ソーダ可溶性有機物量ははなはだしくことなり、ひとつは大部分が N/8 非化ソーダ可溶性有機物よりなり、この点において海綿状モルの A 層に近い傾向を示している。前に述べたようにテックス状モルは植生推移の 1 段階と考えられる林相下に発達し、この林相を招来するものとして、林床に藓類またはゴンゲンスグが優占したところが考えられた。しかして A 層の形態から [28], [30—1] は藓類が林床に優占したところから、[25], [40] はゴンゲンスグが林床に優占したところから出発したものであろうと推論した。この形態の A 層の有機物含量、有機物を構成するこれらの各種変質物などの傾向と、ムル、モダーまたは海綿状モルの A₁ 層または A 層の有機物の状態とを比較すると、この推論をさらに裏書するように思われる。

N/8 非化ソーダ可溶性有機物を SIMON に従つて真正腐植酸と考え、N/8 か性ソーダ可溶性有機物中に含まれる真正腐植酸の割合を腐植化度と考えるならば、F 層から下層に向つて腐植化度は増大する傾向が知られる。しかしこの傾向は各形態により、やや趣きをことにし、ムルにおいては 3 形態ともに、F 層より A₁ 層に急激に増大するが、モダーならびにモルにおいては、F 層または F₁ 層より H 層または F₂ 層への変化は大きくないが、H 層または F₂ 層より A₁ 層または A 層に増大する。ただそのうち海綿状モルならびにテックス状モルの一部は急激に増大する傾向を示した。

これらの傾向から、一部のムルの F 層は腐植化の進展が細屑状モルの F₁ 層と同様に円滑でないように思われるが、これはムルの F 層を構成する有機物が分解速やかであるため、常に新鮮な植物遺体が F 層を構成するに反し、細屑状モルの場合には、F₂ 層の腐植化などと照合するとき、F₁ 層を構成する有機物の変質過程が十分でないため、かかる結果を示すものであろうと推測される。また盤状ムルや根網ムルの一

部のもの以外のムルの A₁ 層中に含まれる有機物が比較的高い H. Q. を示すことは、有機物中のか性ソーダ可溶性有機物含量と照合し、腐植化の進展を思わせる。根網ムルの A₁ 層は有機物中か性ソーダ可溶性有機物が少ないにもかかわらず、この値の大きいことは、さきにも述べたように、この種形態のものに含まれる有機物は比較的多量のセルロースやこれに類似の有機成分が含まれ、リグニンなどに由来するものが少ないことに原因するとともに、これに由来する変質物質は腐植化が進ちよくしているものであろうと推測される。海綿状モルならびにテツクス状モルの一部の A 層もこれに似た傾向を示しているが、各層位の変質状態などから、根網ムルの場合と同様な見地においてはその有機物の腐植化の状態を推測できないようである。

第 6 項 堆積腐植各層位の腐植酸の諸性質

真正腐植質または真正腐植酸と称せられるものも成因をことにするものが含まれ、SPRINGER¹¹²⁾ らはアセチルプロミッドに不溶性の真正腐植質は Kasseler Braun の腐植質と黒色土の腐植質に分けられ、この 2 つは色調をことにし、前者はアルカリ溶液において褐色を呈し、後者は灰褐色ないし黒褐色を呈し、かつ電解質に対する安定性をことにするとしている。

さらにその成因に対し、SPRINGER¹⁰⁸⁾ らはあまり強力でない腐植化作用の行われる土壤に褐色腐植質は認められ、灰色腐植質は中性ないしアルカリ性土壤で強い腐植化作用が行われているところに常に生成されるとし、酸性土壤においては植物遺体中のリグニンを腐植質の主要な母体と考え、これがリグニン酸、フモリグニン酸などの中間生成物を経て腐植酸になるとしている。また SCHEFFER⁹³⁾ らはアルカリ溶液中の色調、電解質に対する安定度、窒素含量などの点から、腐植酸を灰色腐植酸と褐色腐植酸に区分し、土壤中に石灰少なく、酸性を呈し、窒素含量が少ないときには褐色腐植酸が生成されるとし、さらにモデル実験において、その条件が満されなときは、中間生成物を残し、粗腐植においては、かかる中間物質とともにフルボ酸を見出すとしている。SIMON¹⁰⁵⁾ らは N/8 非化ソーダ可溶性腐植酸のうち、酢酸塩緩衝液 (pH 4.0) に溶解する腐植酸を真正腐植酸とし、これを硫酸マグネシウムによつて沈殿する部分と、しからざるものとに分け、前者を A 型の腐植酸、後者を B 型の腐植酸とよんだ。

以上の諸学者の研究結果から、真正腐植酸または真正腐植質とよばれているものも、大きく 2 群の腐植酸に区分でき、電解質に対する態度ならびにその窒素含量などより、SIMON の A 型腐植酸は SPRINGER らの灰色腐植質ないしは灰色腐植酸に、B 型腐植酸は褐色腐植質ないしは褐色腐植酸に相当するように考えられる。しかもこれら 2 つの腐植酸群はその生成過程に対する環境条件をことにし、さらにこの条件が思わしからざる場合には、これら以前のものも考えられるところである。

しかして SPRINGER¹¹²⁾ らによれば、これらの腐植酸群はおのおの特有の色調曲線 (Farbkurve) を有し、Kasseler Braun の色調曲線は Acidium huminum Merck ならびに褐色土の腐植酸に類似し、これらはリグニン酸ならびにフモリグニン酸を腐植酸のほかにも含むとしている。このリグニン酸を多く含む浸出液の色調曲線は急角度の上昇を示すが、黒色土の浸出液は前者に比べて平滑な状態を示すことを述べている。SIMON¹⁰⁵⁾ らもフモリグニンならびにこれから導かれた物質は赤から青に急激に上昇し、これと反対に黒色土の安定した腐植酸は平滑な色調曲線を示し、Kasseler Braun の腐植酸はリグニンのそれと類似の曲線を示すとし、同氏の A 型腐植酸の色調曲線は黒色土の腐植酸のそれに類似するとしている。

各腐植酸群は前に述べた諸性質の相違とともにその成因をことにし、各波長における吸光度をことにし、おのおの特有の吸光曲線を示すことがうかがわれる。しかして HOCK³⁶⁾ は有機土壌成分は初期の物

質から中間の段階を経て、特有の腐植質または腐植生成の最後の生成物に近づくほど暗色を増加し、腐植の性質は外観的に単一性を帯びてくるとし、腐植化の進展とともに土壤有機物は漸次色彩を変じ、暗色を呈するにいたるとしている。熊田⁵⁾も各種の腐植酸について光の吸収に関する研究を行い、吸収の大きさは腐植化の進行程度に対応し、各腐植酸間の質的な相違は腐植酸単位当りの吸収の大きさまたは吸収曲線の傾きをもつて表現される量的な相違に還元され、腐植化の進行には吸収の増大または吸光曲線の傾きを伴うとしている。これら各学者の研究結果からすれば、吸光度ならびに吸光曲線の傾きは腐植酸の質的な関係を示し、生成された腐植酸の腐植化過程の相違を物語るものであろう。

2, 3 の堆積腐植の各層位について、N/8 弗化ソーダ可溶性有機物を前述の方法によつて調製し、これを酢酸塩緩衝液 (pH 4.0) に溶解した。1 昼夜放置し、液が桜桃色の透明に近くなつたものを濾過し、濾液に1 規定になるように硫酸マグネシウムを加え、これを溶解せしめたのち、そのまま放置した。ここに生じた沈殿を濾紙で上澄液と分離し、1 規定硫酸マグネシウム溶液で洗浄後、沈殿を初め2%塩酸で十分洗浄、漸次塩酸濃度を薄めて洗浄した。その後いまだ塩素の反応が濾液にわずかに認められるままに、 -15°C 以下で凍結せしめ、のち塩素の反応が消失するまで蒸留水で洗浄した。この部分の腐植酸をA型腐植酸とした。濾液に塩酸を加えて、沈殿をつくり、濾過し、この沈殿をA型腐植酸と同様の方法で、洗浄、凍結後ふたたび塩素の反応が消失するまで蒸留水で洗浄し、兩者ともアンモニア液に溶解、乾燥、秤量した。その結果は第19表のとおりである。

いわゆる黒色土の腐植酸型に属すると考えられているA型腐植酸についてみると、ムルのF層は概してB型の腐植酸に比して多く、A₁層においてはややB型腐植酸がA型のものに比して多い傾向を示している。ただ盤状ムルの1つは極度にB型腐植酸に富むものが認められた。モダーについてみると、F層のA型腐植酸はB型腐植酸に劣る傾向を示し、H層のそれはおのおのモダーにおいてA型がまさるも、ただ粉状モダーの1つがB型に富む結果を示している。モルについてみると、FまたはF₁層はB型の腐植酸に富み、海綿状モルの一部は90%以上がB型によつて占められるものすら認められた。さらにH層またはF₂層についてみると、毛布状モルのH層はモダーのH層と類似し、ややA型腐植酸が富む結果を示しているが、他のF₂層においては常にB型腐植酸に富み、テックス状モルのF₂層は90%までB型腐植酸によつて占められている。A層についてみると、常に多くのB型腐植酸によつて占められ、ことに海綿状モルならびにテックス状モルのA層は、N/8 弗化ソーダ可溶性有機物のほとんどがB型腐植酸により構成され、テックス状モルのF₂層とA層におけるN/8 弗化ソーダ可溶性有機物はA型とB型腐植酸について全く等しい状態を示している。

これらの結果を前述の腐植化度についてみると、腐植化度として量的に示されるものも、その質的關係についてみれば、常に同様の腐植酸から構成されたものとして判断されるものではなく、堆積腐植の種類に応じて腐植酸の種類をことにし、ムルに属するものならびに粒状モダーのF層は比較的A型腐植酸に多く占められる腐植酸からなり、糊状モダー、粉状モダーおよびすべてのモルのF層またはF₁層のN/8 弗化ソーダ可溶性腐植酸はB型腐植酸に多く占められることが推測される。ついでH層の多くはA型腐植酸に富む傾向を示すが、F₂層のそれはほとんどB型腐植酸に占められる。A₁層またはA層のN/8 弗化ソーダ可溶性腐植酸についてみると、ムルのA₁層において盤状ムルのそれ以外はややB型腐植酸がまさる傾向を示すにすぎぬが、盤状ムルの一部にはきわめて多くのB型腐植酸を示すものも認められた。モダーのA₁層のそれもムルのA₁層と同様にB型腐植酸に富むが、その割合は盤状ムルの一部以外のムルより

第19表 N/8 NaF 可溶性有機物中のA型およびB型腐植酸
The contents of A- and B-type of humic acids in N/8 NaF
soluble organic matter
On basis of dry matter

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層位 Layer	N/8 NaF 可溶性有機物中 In N/8 NaF soluble organic matter	
		A-type humic acid	B-type humic acid
粒状ムル Crumb mull	F	51.2%	48.8%
	A ₁	47.4	52.6
	A ₁	46.2	53.8
盤状ムル Firm mull	A ₁	57.7	42.3
	F	52.1	47.9
	A	9.6	91.4
根網ムル Root mull	F	63.8	36.2
	A	48.6	51.4
粒状モダー Grain moder	F	54.1	45.9
	A ₁	39.0	61.0
糊状モダー Pasty moder	H	50.6	49.4
	A ₁	37.0	63.0
	F	38.1	61.9
粉状モダー Powdery mor	H	53.8	46.2
	A ₁	33.3	66.7
	F	25.5	74.5
	H	35.8	64.2
	A ₁	35.8	64.2
毛布状モル Matted mor	H	61.6	38.4
	A ₁	53.9	46.1
	F	48.4	51.6
	H	53.8	46.2
	A	45.8	54.2
細屑状モル Detritus mor	F ₁	25.4	74.6
	F ₂	26.4	73.6
	A	23.9	76.1
	F ₁	27.9	72.1
	F ₂	30.9	69.1
	A	31.8	68.2
	A	31.8	68.2
海綿状モル Spongy mor	F ₁	9.4	90.6
	F ₂	28.2	71.8
	A	6.1	93.9
	F ₁	25.5	74.5
	F ₂	20.3	79.7
	(H)	42.6	57.4
	A	Trace	100.0
テックス状モル Tex mor	F ₁	27.6	72.4
	F ₂	10.0	90.0
	A	9.0	91.0
	F ₂	9.6	90.4
	A	8.6	91.4

酢酸塩緩衝液に不溶のものは微量であつたので、A+B=100 して各型の百分率を求めた。

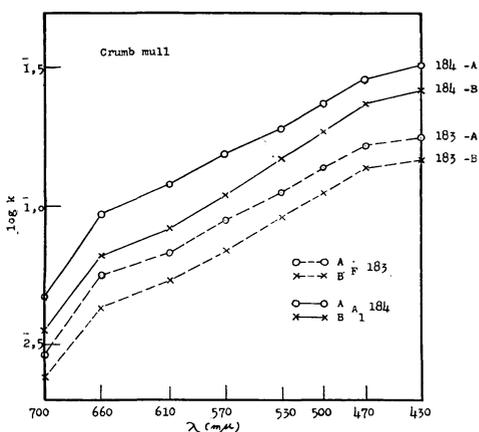
もやや多い結果を示している。モルのA層においてはN/8 弗化ソーダ可溶性腐植酸はさらに多くのB型腐植酸によつて占められている。A₁ またはA層の腐植化度を比較した場合、海綿状モルのA層は、はなはだしく高い価を示したが、この結果は粒状ムルの腐植化の様相とはことなることを示し、ほとんどがB型腐植酸により占められている。この結果から粉状モダーの一部およびモルのすべては、酸性土壌のごとく腐植化作用の円滑に行われがたいところに生ずるとされているB型腐植酸が多く、粒状ムルなどにおいて

は比較的腐植化作用の速やかな状態において生ずる A 型腐植酸に富む傾向が認められる。

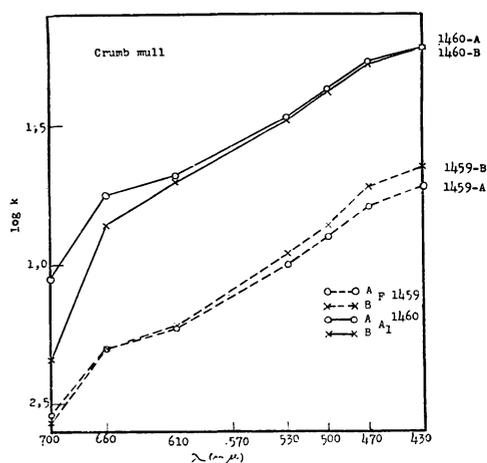
つぎに堆積腐植の各形態における各層位の各型腐植酸を次の方法により東京光電研究所製光電比色計により各波長における吸光度を求め、吸光曲線を求むると第 4 図 1~10 の結果を得た。

前述の方法によつて調製された N/8 弗化ソーダ可溶の A 型ならびに B 型腐植酸につき、試料 20~25mg を比較的色調変化の少ないとされているアンモニア¹¹⁵⁾の 1/2 規定液 100 cc に溶解し、溶解後直ちに各波長の吸光度を求め、のち無灰乾物腐植酸 0.01% 溶液の吸光度を求めた。なおこの測定濃度範囲においては BEER の法則はなりたつとされている³⁶⁾。

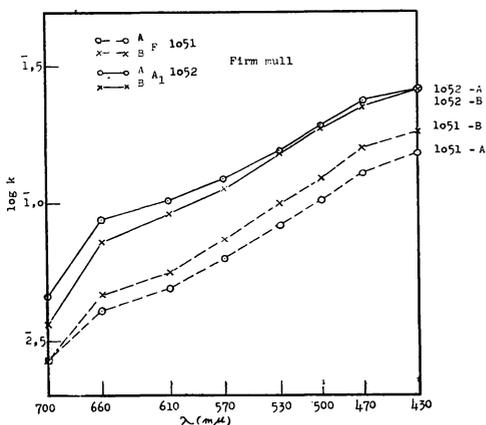
各形態の各層位についてみると、各型の有機物の吸光度は F 層から H または F₂ 層を経て A₁ または A 層



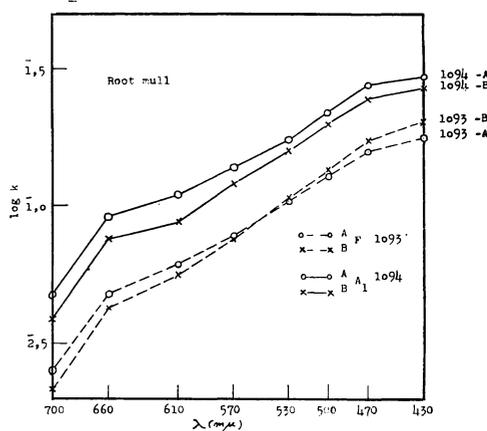
第 4 図—(1) Crumb mull



第 4 図—(2) Crumb mull

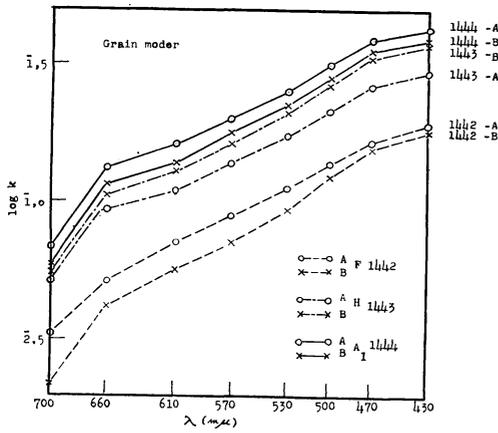


第 4 図—(3) Firm mull

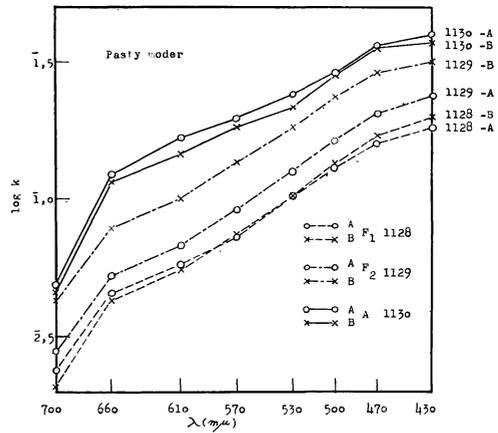


第 4 図—(4) Root mull

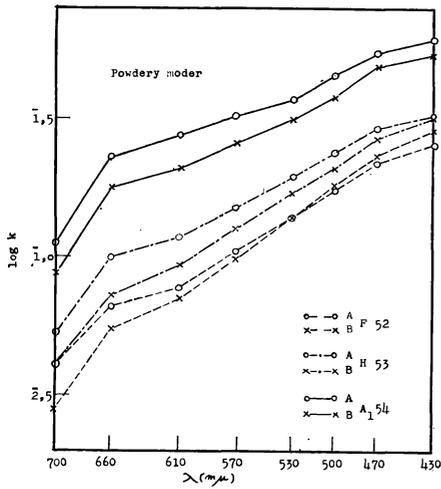
第 4 図 堆積腐植各層位の N/8 NaF 可溶性有機物の吸光曲線
Absorption spectra of N/8 NaF-soluble organic matters of
the several layers in the forest humus layers



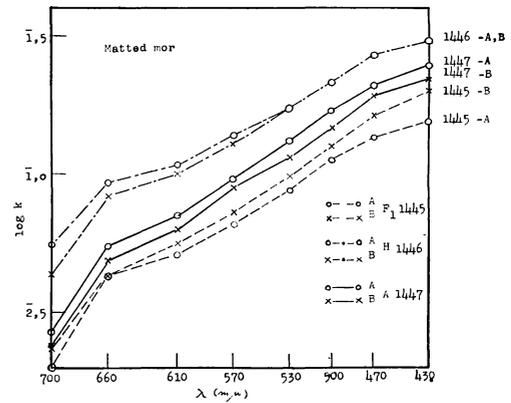
第 4 图—(5) Grain moder



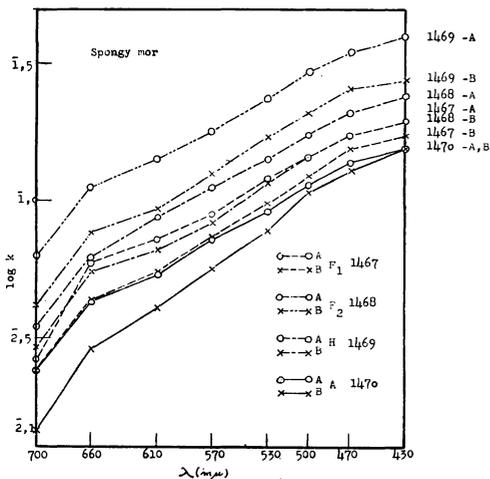
第 4 图—(6) Pasty moder



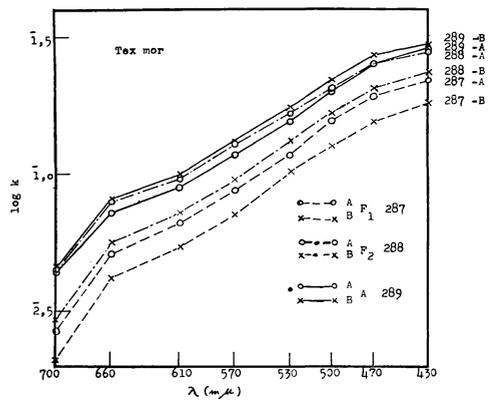
第 4 图—(7) Powder moder



第 4 图—(8) Matted mor



第 4 图—(9) Spongy mor



第 4 图—(10) Tex mor

に増大する傾向を示すが、毛布状モルの場合にはF層よりH層に上昇し、A層においてH層のそれよりも下に位し、海綿状モルのA層はふたたびF₁層の下に位置する。

またテツクス状モルはF₁よりF₂層を経てA層に上昇するが、F₂層のA型とA層のA型とB型とはほとんど相等しい吸光曲線の位置ならびに傾きを示している。

ついでA型の腐植酸の吸光度とB型のそれとを同一堆積腐植ごとに比較すると、一般にA型のものがB型よりも大きい吸光度を示すが、F層のあるもの、粒状ならびに糊状モダのH層においてはこれは反転し、A型に比べてB型に大きい吸光度を示すものが認められる。またF層においてA型とB型とが610m μ 付近で交叉し、B型の吸光度がこれ以下の波長では増大するものが認められ、この傾向は1地点の粒状モル以外のモル、粉状モダ以外のモダならびに毛布状モルに見られる。

堆積腐植の各層位の同一型腐植酸についてその吸光度を比較すれば、F層またはF₁層のA型は吸光曲線の傾きはことなるが相互に近接し、とくに堆積腐植の形態とこの間に明らかな関係は認められない。ただ粉状モダのA型の吸光度が他のものよりもやや高いところにある。

B型の吸光度はA型のそれよりもさらに互に近似性を示しているが、粉状モダのそれはA型と同様、他と趣をことにし、570 m μ より急激に上昇する結果を示している。

HまたはF₂層についてそのA型の吸光曲線を見ると、粒状モダと粉状モダは比較的近似しているが、糊状モダのそれは低く、モルのうち、毛布状モルは粒状モダとほとんど同様の経過をたどり、他の2者はやや低い位置を占めている。しかしその差は僅少である。B型についてみると、粒状モダ以外のモダならびに毛布状モルのそれは、互に近似の曲線を示すことはA型と同様であるが、他のモルはA型とことなり、比較的近似の曲線位置を示している。

ついでA₁またはA層についてみると、ムルのA型が示す吸光曲線は、形態とともにその傾きをいくぶんことにするが、ほとんど相互に近似の位置を示しており、これよりも上位にモダのおのおのは位置し、粉状モダのそれはF層の場合と同様に特異の位置にある。モルはいずれもムルの下位に属し、海綿状モルのA型は最も低い位置を占めている。B型の吸光曲線もA型の場合とはほぼ一致し、ムルはいずれも類似の各波長における吸光度を示し、モダのうち、粒状ならびに糊状モダはA型と同様互に等しい結果を示すが、粉状モダのそれはA型と同様に他のモダよりも高い吸光度を示し、モルのうちテツクス状モルはこの場合ムルの吸光度に近く、毛布状ならびに海綿状モルはムルよりもやや低く、ことに海綿状モルの吸光度最も低い。

以上の結果を総合すれば、各堆積腐植のFまたはF₁層のA型腐植酸には形態間の区別は認められず、B型腐植酸もほとんど各波長において類似の吸光度を示している。HまたはF₂層にいたればやや区別され、糊状モダ以外のモダならびに毛布状モルのH層のA型腐植酸は他のモルのF₂層よりもやや各波長における吸光度を増加し、B型腐植酸においてはH層とF₂層との間にやや明らかな差を示している。ついでA₁またはA層においてはA型ならびにB型腐植酸ともにモダは各波長において最も高い吸光度を示し、これについてムル高く、モルのうち毛布状ならびに海綿状モルは低い吸光度を示している。ただ粉状モダはモダのうち著しく高い吸光度を示し、テツクス状モルはムルの各形態のものに近い結果を示している。

腐植化が円滑に行われている黒色土においての腐植酸の吸光曲線は平滑であり、褐色腐植質のようなもの場合には、急角度の吸光曲線を示すとされ、その吸光曲線の傾きは腐植酸の分子量に関係するとされ

ている¹¹³⁾。このことから、この吸光曲線の傾きは腐植酸形態の分類とその腐植酸膠質粒子の大小とを推測せしむるであろうことが想像されるところである。この吸光曲線の傾きを熊田⁵⁵⁾は 400~600 $m\mu$ の間の吸光曲線が比較的直線を示すことから、この間の差をもつて傾斜の状態を比較しているが、本試験結果においては 470~610 $m\mu$ 間がほぼ直線的であるので、この間の差 ($\Delta \log k = \log k \ 470 \ m\mu - \log k \ 610 \ m\mu$) をもつて傾斜の傾きを比較した。

第 20 表 堆積腐植各層位からの A-および B 型腐植酸の吸光曲線の傾き ($\Delta \log k$)
The slopes ($\Delta \log k$) of absorption spectra of A- and B-type humic acids in several layers of the forest humus layers

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	$\Delta \log k = \log k \ 470 \ m\mu - \log k \ 660 \ m\mu$					
	F or F ₁		H or F ₂		A ₁ or A	
	A	B	A	B	A	B
Crumb mull	0.3787	0.4051			0.3701	0.4449
	0.4258	0.4868			0.4127	0.4178
Firm mull	0.4204	0.4385			0.3527	0.3941
Root mull	0.3839	0.4858			0.3995	0.4535
Grain moder	0.3724	0.4365	0.3769	0.4126	0.3703	0.4060
Pasty moder	0.4796	0.4875	0.4729	0.4609	0.3448	0.3906
Powdery moder	0.4454	0.5307	0.3994	0.4534	0.3050	0.3664
Matted mor	0.4145	0.4521	0.3885	0.4039	0.4712	0.4826
Spongy mor	0.4326	0.4476	0.3943	0.4227	0.4043	0.4955
Tex mor	0.4570	0.4500	0.4191	0.4517	0.4437	0.4346

第 20 表のように、F または F₁ 層の吸光曲線の傾きのうち、盤状ムル以外のムルの A 型腐植酸は他の形態の A 型よりも平滑であることを思わせ、またモダーのうち粒状モダーの A 型腐植酸はムルの多くのものに近く、他のモダーはモルのそれに近く、モルとの間には明確な差を示しておらない。ただ糊状モダーの F 層は他のいずれの F 層または F₁ 層の A 型腐植酸の吸光曲線よりも大きな差を示すようである。B 型腐植酸の吸光曲線の傾きは A 型腐植酸のそれよりも強く、堆積腐植の各基本型間の差は明りようでないが、ただ粉状モダー最も大きく、これについて根網ムルならびに糊状モダーが比較的大きい結果を示している。

H または F₂ 層についてみると、A 型および B 型腐植酸ともにその吸光曲線の傾きは、おのおのの形態の F または F₁ 層のおおのに相等しいか、やや低い結果を示し、B 型腐植酸も A 型と同様に F または F₁ 層の B 型に近いものがあるとともに、やや平滑になるものも認められる。

A₁ または A 層についてみると、A 型腐植酸の傾きはモルにおいて比較的大きな差を示すが、ムルとモダーにおいては粒状ムル、粒状モダーはほぼ同様の差を示し、粉状モダーの A 型腐植酸はもつとも平滑であり、根網ムルが比較的大きな差を示すようである。B 型腐植酸のものについてみると、モルにおいて比較的大きな傾向を示すが、テックス状モルの B 型腐植酸は粒状ムルや根網ムルの B 型に近い結果を示している。しかしモダーは各形態とも F 層から H 層を経て A₁ 層に A 型ならびに B 型腐植酸ともに吸光曲線は平滑になることを示しているが、ムルにおいては A 型腐植酸は平滑になるが、B 型はむしろ傾きを増すような結果を示し、モルの A 型も F₁ 層よりも F₂ 層に一時平滑になるが、A 層にやや傾きを増す傾向を示し、B 型も同様の過程をたどっている。

この結果からA型が示す傾きの変化は上層から下層に移る場合、B型のそれほどはなはだしくない。このうち粒状ムル、根網ムルのA型腐植酸はF層とA₁層においてほとんど等しく、粒状モダーならびに糊状モダーもF層とH層は等しく、とくに粒状モダーにおいてはA₁層の場合も等しい。テツクス状モルのそれはB型とともにF₁層からA層に多少の差はあるにしても近似の価を示している。

この吸光曲線の傾きと吸光度とを合わせ検討すると、各ムルのF層においては近似の傾きを示すと同時に、各波長における吸光度も近似性を示して、相互に腐植化は類似することをうかがわしめる。ただこの場合盤状ムルのA型腐植酸の各波長における吸光度は他のムルのそれよりも低く、かつ吸光曲線の傾きはやや急で、他よりも腐植化の遅延をうかがわしむるものがある。B型の吸光曲線は粒状ムルのものがやや平滑な傾きであるが、比較的各形態の堆積腐植のF層は近似の状態を示している。この場合粉状モダーのB型は570 $m\mu$ から急角度の傾きを示しており、堆積腐植の各形態において粉状モダー以外はFまたはF₁層のB型はほぼ等しい腐植化を示しているものであろうと想像される。

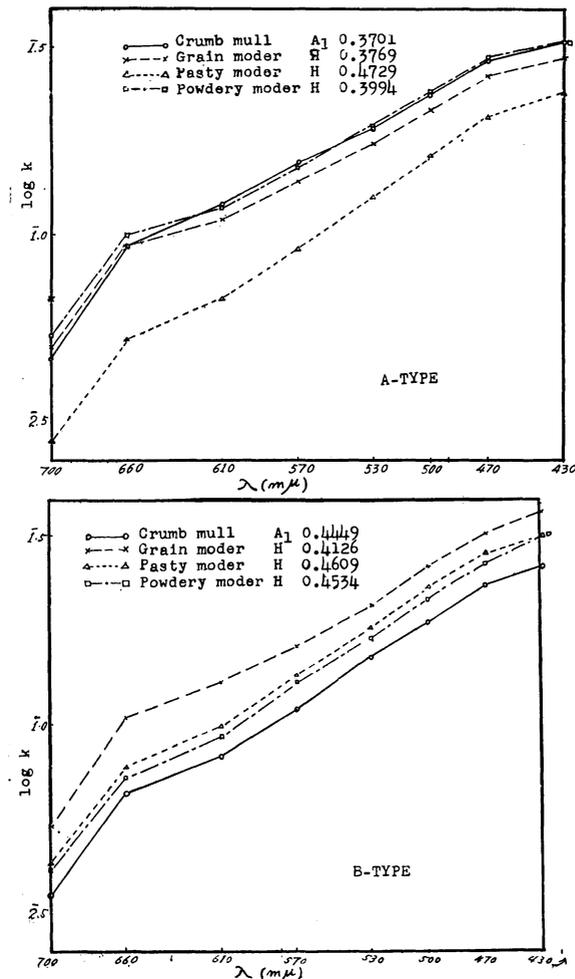
HまたはF₂層のA型腐植酸の吸光度は粒状ならびに粉状モダーではほぼ相等しく、吸光曲線の傾きもまた近似性を示しているが、糊状モダーのA型腐植酸は吸光度弱く、かつ、吸光曲線の傾きも他のモダーのそれよりも急で、A型腐植酸の腐植化は他のモダーよりもやや遅延していることを思わしむる。モルのHまたはF₂層についてみれば、A型腐植酸の吸光度は糊状モダーのA型腐植酸よりもやや強く、他のモダーのA型よりもやや弱く、吸光曲線の傾きは糊状モダー以外のモダーとはほとんど相等しく、この層位におけるA型腐植酸は糊状モダー以外のモダーと腐植化において大差ないか、やや遅延していることを思わしめる。ただ毛布状モルのH層におけるA型腐植酸はその吸光度、吸光曲線の傾きともに粒状モダーのH層のそれに近い結果を示している。B型腐植酸についてみると、粒状モダー以外のモダーの吸光度ならびに吸光曲線の傾きはともに等しく、毛布状モルの吸光度は粒状モダー以外のものに近いが、その傾きは粒状モダーのB型腐植酸のそれに近い。海綿状ならびにテツクス状モルはモダーに比べて吸光度は弱いが、吸光曲線の傾きはほぼ等しいか、やや平滑である。

A₁ またはA層についてみると、ムルのA型腐植酸は吸光曲線の傾きはやや相違を示すが、吸光度はほぼ近似性を示し、モダーのうち粉状モダーのA型腐植酸は吸光度強く、かつ吸光曲線の傾きも弱く、他の2形態のモダーは吸光度も吸光曲線の傾きも相等しい。モルのそれはムルのそれよりも吸光度弱く、かつ吸光曲線の傾きも急で、各形態のものよりもその腐植化の遅延を思わしめる。ここで以上の結果から一般にモダーのA型腐植酸はムルのそれよりも腐植化がややすんでいるような傾向を示し、この感を粉状モダーにおいてもつとも強くする。B型腐植酸についてはさらにこの傾向を強く示し、各ムルのB型は吸光度においても、吸光曲線の傾きもほとんど等しいが、モダーのB型はA型の場合と同様にムルのB型よりも吸光度強く、吸光曲線の傾きも比較的平滑であり、その腐植化は各ムルのそれに比べて進ちよくしていることを思わしめる。モルの場合にはテツクス状モルのB型は吸光度ならびに吸光曲線の傾きはともにムルのそれに近いが、他のモルは吸光度弱く、また吸光曲線の傾きも急で、堆積腐植のうちもつとも腐植化が遅延していることを想像せしめる。

以上の結果からA₁ またはA層におけるB型腐植酸はモダーにその腐植化もつともすすみ、ムルこれにつき、テツクス状モル以外のモルがもつとも遅延しているだろうと考えられる。これはまたB型腐植酸のうち分子量の大きい腐植酸がモダーのB型腐植酸を多く占め、ムルこれにつき、モルは分子量の小さいB型腐植酸に占有される部分が大であるとも考えられるだろう。

以上の結果を従来の諸学者の研究結果を基にして総合すれば、F層中に含まれる腐植酸は各形態とも、その腐植化は同程度のものを示すが、HまたはF₂層の腐植酸は各形態ごとにやや趣をことにし、多くの場合F₂層よりH層の腐植酸は腐植化の進ちよくを思わしめる。ただ糊状モダーのH層中に含まれる腐植酸は他のH層のそれと趣をことにし、A型腐植酸とB型腐植酸との吸光曲線の位置がはなはだしく反転し、その傾きも他よりも急である。A₁ またはA層について見れば、ムルは各形態ともほとんど近似の状態を示すが、その腐植化はモダーに劣り、モルにまさる傾向を示している。

ムルのA₁層は植物遺体が鉍質土壤に混合、諸種の変質過程を受け、諸種の生成物が存在するが、モダーのH層はこの生成物が鉍質土壤と混合することが比較的少なく、鉍質土壤表面で変質堆積したものと考えられるから、ムルのA₁層とモダーのH層を構成する変質生成物は、両者のA₁層間よりも類似のもの



第 5 図 粒状ムルの A₁ 層とモダーの H 層中の N/8 NaF 可溶性有機物の吸光曲線の比較
 Comparison of absorption spectra of N/8 NaF-soluble organic matters in A₁-layer of crumb mull and in H-layers of moders

があろうと考えられる。いま両形態の A₁ 層および H 層中に存在する A 型ならびに B 型腐植酸の有機物の吸光度ならびに吸光曲線の傾きを比較すれば第 5 図のとおりである。

ムルの A₁ 層の A 型ならびに B 型腐植酸は吸光度においても吸光曲線の傾きも比較的近似しているの
で、粒状ムルの A₁ 層のそれらをもつてムルのすべてを代表せしめ、モダーの H 層のそれらと比較すれば、A 型腐植酸においては粒状ムル、粒状モダーならびに粉状モダーは吸光度ならびに吸光曲線ともに類似し、糊状モダーのそれは吸光度ならびに吸光曲線の傾きは前 3 者とことなり、吸光度弱く、吸光曲線の傾きはやや急である。

つぎに B 型腐植酸についてみると、A 型腐植酸の場合とやや趣をことにし、粒状ムルの吸光度もつとも弱く、糊状ならびに粉状モダーのそれは互に類似するが、吸光曲線の傾きは粒状ムルのそれにほぼ等しい。しかして粒状モダーの B 型腐植酸は吸光度これらのうちもつとも強く、かつ吸光曲線の傾きもまた他の 3 者よりも平滑である。

この結果から、ムルの A₁ 層とモダーの H 層とを比較すれば、A 型腐植酸は糊状モダーにおいてもつとも腐植化が遅れ、他の 3 者はほぼ相等しい傾向を示すが、B 型においては粒状ムルやや遅延し、糊状モダーならびに粉状モダーのそれに近く、粒状モダーの B 型は比較的腐植化が進展している結果となる。しかしこの結果は A₁ 層における各型の腐植酸の吸光度および吸光曲線の傾きほど大きな差を示しておらない。

しかして A₁ または A 層の各型腐植酸の吸光度はモル以外の堆積腐植においては、上層位のそれよりも常に強く、吸光曲線は上位に位置するが、モルのうち毛布状モルと海绵状モルのそれは F₁ 層の下に位置する結果を示している。しかしてこの吸光曲線の傾きを 470~610 m μ 間の差からみると、F₁ 層より F₂ 層に両型とも平滑になるが、A 層にいたればふたたびその傾きは急になり、この傾向はテツクス状モルにおいてもみることができる。このことはモルの A 層中に存在する N/8 弗化ソーダ可溶性有機物は他の形態のものよりも腐植化の進ちよくしておらない分子量の小さいものからなることがうかがわれる。しかして N/8 弗化ソーダ可溶性有機物は、A 層の N/8 か性ソーダ可溶性有機物の大部分を占め、さらに B 型腐植酸がその 50% 以上を占めていることは、モルの A 層に含まれる有機物中には電解質に対し安定で、移動性の強いものが、他の形態のものよりも多く存在することが知られるところである。

A 型ならびに B 型腐植酸とよばれる腐植酸は N/8 弗化ソーダ可溶の腐植酸のうち、量的に各形態の各層位においてことなる結果を示し、F または F₁ 層においてはムルの場合 A 型に富むも、モダーならびにモルは B 型が多く真正腐植酸を構成する傾向を示している。H または F₂ 層に関しては両者間に量的相違がさらに認められ、一般的傾向として H 層は A 型に富み、F₂ 層は B 型に富む結果を示している。この下に横たわる A₁ または A 層中の真正腐植酸は粒状ムルにおいては A 型に富む傾向を示すが、モダーならびに毛布状モルにおいては A 型はやや減少し、B 型にまさり、他のモルにおいてはさらに B 型が増加し、海绵状ならびにテツクス状モルにおいては真正腐植酸中 90% 以上が B 型によつて占められた。かくして腐植化度の点から見た場合、同一の傾向を示すものも、その腐植酸の質的立場からこれを検討するとき、各形態において相違するところのあることを知る。

さらに SPRINGER¹¹³⁾ はリグニン酸に富むものはその色調曲線は急角度の傾きを示し、これを長期間か性ソーダに作用せしむることによつて色調曲線は低下する。低分子量を有する赤褐色の色調を有するリグニン様の腐植物質ならびに中間生成物はアルカリ溶液中において急角度の曲線を示し、かつ色ないし灰かつ色の黒色土型の腐植は溶液中において大きな分子ならびに分子縮合の傾向を示し、平滑な曲線を呈す

る。アルカリ液内に長くこれらを放置することによつて生ずる急角度の曲線は色調の減少と関係する分子破壊を示し、最終において腐植酸の破壊のもとに初期の基礎物質に近い物質ならびに無色の分解物になることを示すと述べている¹¹³⁾。リグニン様の腐植ならびに腐植酸がアルカリによつてたい色する事実ならびにその破壊については多数の学者が認めているところである^{100) 107)}。さらにリグニンに近い腐朽生成物と考えられる有機物が、か性ソーダによつて破壊され、かつその吸光曲線は漸次急角度を示すことは次の結果からも明らかにされる。

次のような組成を示すかつ色腐朽材、すなわち FALCK の destruktiv- 腐朽に属すると考えられるものを、N/8 か性ソーダに浸漬し、普通の状態 (I) ならびに通気状態 (II) に 30 日放置し、ここに生じた赤かつ色の液に塩酸を加え、沈殿を生成し、この沈殿を遠心分離器によつて分離、洗浄し、のち酢酸塩緩衝液 (pH 4.0) に浸漬した。この場合 SIMON¹⁰²⁾ によれば真正腐植酸以外の腐朽生成物はこの溶液には溶解しないとされているが、以上の処理を行つたものは桜桃色をていして酢酸塩緩衝液に溶解した。これに 1 規定になるように硫酸マグネシウム液を加え、24~48 時間放置し、沈殿と上澄液を分離した。沈殿は 1~2% 塩酸で洗浄し、漸次塩酸濃度を低めて洗浄して、いまだわずかに塩素の反応を呈するものを -15°C 以下で凍結せしめ、その後蒸留水で洗浄塩素を完全に除き、真空乾燥器で乾燥した。上澄液には塩酸を加えて沈殿をつくり、これを遠心分離器により分離、洗浄し、前述の方法によつて処理し、試料を調製した。

ほかに N/10 か性ソーダ液に浸漬後、3, 12, 30 日ごとに 1 定量の上澄液をサイフォンによりとり、こ

使用した褐色腐朽材の組成 (気乾物中)

腐朽材番号	水分	有機物	粗灰分	リグニン	セルロース	0.5% か性ソーダ可溶性有機物	全窒素
Rotted wood No.	Water content	Organic matter	Raw ash	Lignin	Cellulose	0.5% NaOH soluble organic matter	Total-N
R ₃	% 21.00	% 77.52	% 1.48	% 60.36	% 11.32	% 16.19	% 0.126

第 21 表 かつ色腐朽材からの NaOH 抽出液 30 cc に対する N/10 KMnO₄ 液消費量
The N/10 KMnO₄ consumptions for 30 cc of the NaOH extracts
from the destructive rotted wood
(With SIMON's oxymetric method)

試料 Sample	3 Days			12 Days			30 Days		
	Fulvic acid cc	A type org. matter cc	B type org. matter cc	Fulvic acid cc	A type org. matter cc	B type org. matter cc	Fulvic acid cc	A type org. matter cc	B type org. matter cc
I	8.4	2.4	7.3	12.3	30.5	6.3	16.5	32.7	8.4
II	6.7	30.3	7.8	29.1	58.2	9.0	21.0	58.4	10.8

れに硫酸を加えて沈殿をつくり、滲液の部分および前述の方法で得たA型ならびにB型に相当する有機物につき N/10 過マンガン酸カリ液で滴定し、第 21 表の結果を得た。

この結果、はじめ弗化ソーダ液処理により、ただ帯黄色の溶液を与えるにすぎなかつたこの試料は、N/8 か性ソーダ液による処理で明らかに SIMON の真正腐植酸と同様の行動をするにいたることが知られ、また SCHEELE⁹⁴⁾ が述べたように水溶性有機物の増加が認められた。さらに以上の処理によつて分離された A および B 型腐植生成物を N/10 か性ソーダに浸漬し、浸漬直後および 3 日目ごとに、その吸光曲線を後述の方法で求めると、第 22 表、第 6 図のように、時間の経過とともに吸光度は低下し、吸光曲線は漸次急角度を示すにいたり、SPRINGER が述べた結果と軌を一にする。SPRINGER¹¹⁸⁾ は浸出液中にリグニン酸が多ければ、急角度に色調曲線は上昇するとしているが、本試験結果においてもこの試料からの両型腐植物質は急角度の上昇を示している。同様の結果は堆積腐植の下に横たわる A₁ または A 層中の N/8 弗化ソーダ可溶性有機物においても生ずることが、第 6 図、第 22 表からうかがわれ、SPRINGER のリグニン酸に類似する腐植生成物が A 層の N/8 弗化ソーダ可溶性有機物中にも存在することを推測せしめる。

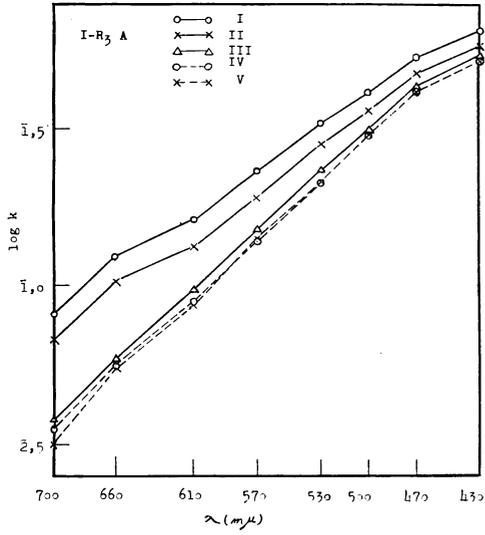
すなわち腐植やリグニン様物質がか性ソーダにより吸光度の上に変化をきたすことが、それらの分子破壊によるものとすれば、腐植生成物はアルカリにより低分子化合物になるとともに、酢酸塩緩衝液に溶解し、さらに破壊による分子量の変化によつて電解質に対する安定度をこととするものが生成されるであろう。このことはまた腐植生成物といえども、分子量の少ないものは、あたかも真正腐植酸と同様な挙動を N/8 弗化ソーダ液や酢酸塩緩衝液 (pH 4.0) の上に行うであろうと推測せしめるところである。

堆積腐植各層位から真正腐植酸として抽出された腐植酸を構成する A 型ならびに B 型腐植酸の各波長における吸光度ならびに吸光曲線の傾き、さらに腐植生成物のか性ソーダ処理による諸種の影響を考えた場合、堆積腐植からの腐植酸群は常に腐植化作用を経たもののみとは限らず、分子量の異なる諸種の腐植酸群からなるであろう。また A 型に属する部分のものは B 型に属するものに比べて分子量の大きいものから構成されているであろうと想像される。

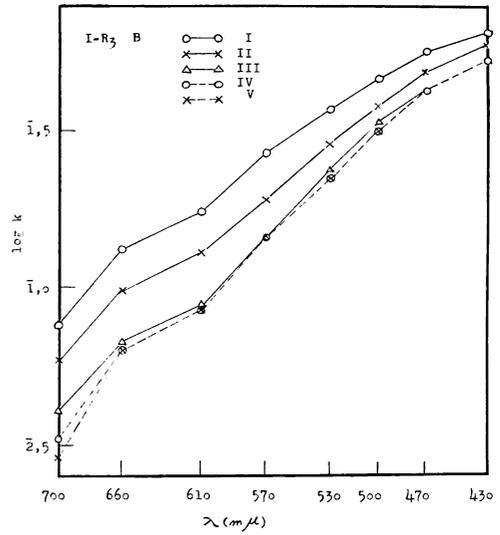
SPRINGER によれば、腐植化をこうむつた真正腐植質はアセチルプロミツドに不溶解であるとし、最

第 22 表 N/10 NaOH 処理による各種腐植酸の吸光曲線の傾き ($\Delta \log k$) の変化
The changes of the slopes ($\Delta \log k$) of absorption spectra
of the humic acids by the treatment with N/10 NaOH

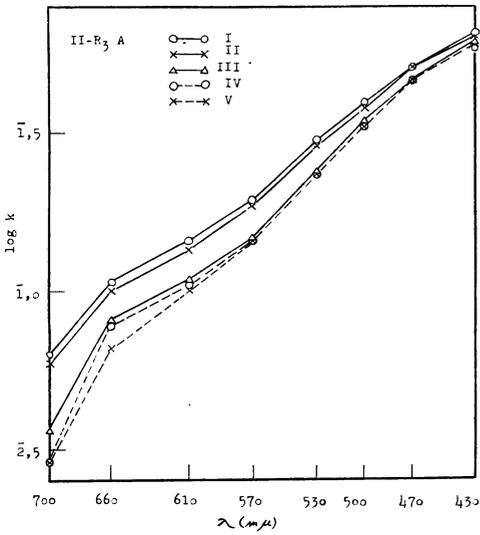
試料番号 No. of sample	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	腐植酸の形態 Type of humic acid	$\Delta \log k = \log k_{470 m\mu} - \log k_{610 m\mu}$				
			N/10 NaOH による処理時間 Treatment with N/10 NaOH (Day)				
			0	3	6	9	12
I R ₃	Rotted wood	A	0.5240	0.5675	0.6487	0.6697	0.6765
		B	0.5249	0.5874	0.6950	0.6918	0.6987
II R ₃	Rotted wood	A	0.5557	0.5775	0.6316	0.6444	0.6656
		B	0.5598	0.5803	0.6547	0.6539	0.6633
184	Crumb mull	A	0.3793	0.4731	0.4771	0.4934	0.5148
		B	0.4509	0.4864	0.5188	0.5391	0.5437
1094	Root mull	A	0.3393	0.4105	0.4649	0.4812	
		B	0.3810	0.4314	0.4705	0.4755	
1130	Matted mor	A	0.3121	0.3326	0.3851	0.4065	0.4761
		B	0.3684	0.4038	0.4871	0.5039	0.4912
1170	Spongy mor	A	0.3969	0.5310		0.5925	0.6357
		B	0.5171	0.5756		0.5836	0.6060



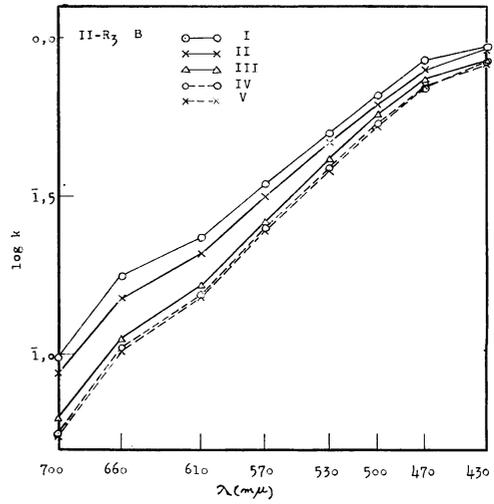
第 6 図—(1)



第 6 図—(2)

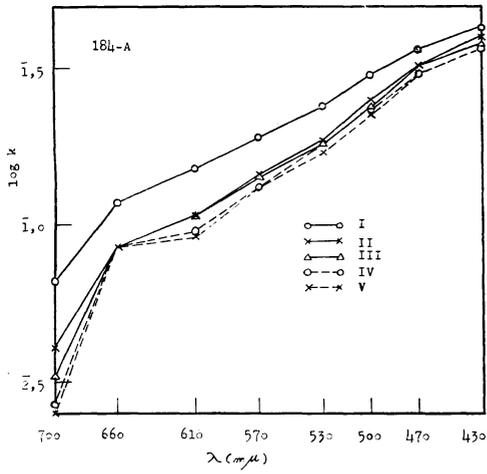


第 6 図—(3)

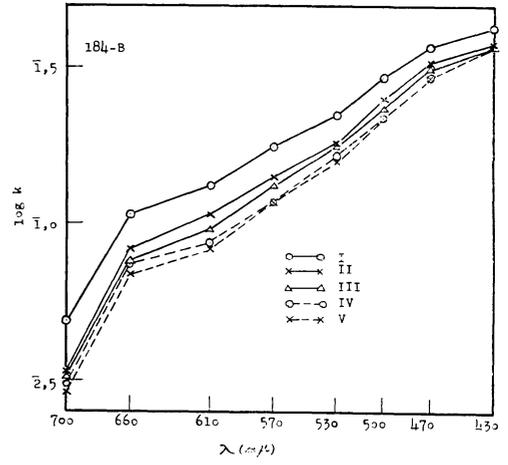


第 6 図—(4)

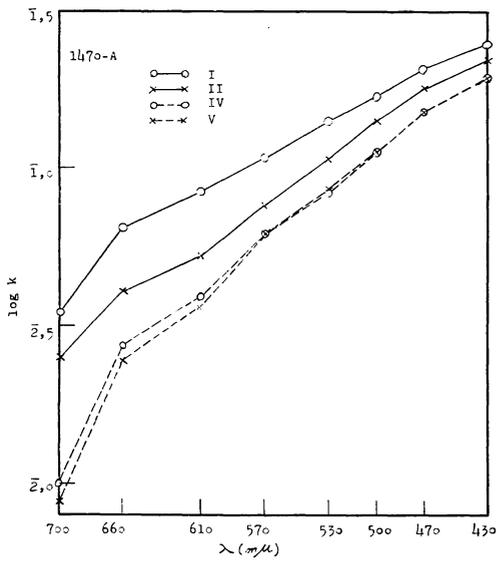
第 6 図 か性ソーダ液中における各種 N/8 NaF 可溶性有機物の吸光曲線の変化
Change of absorption spectra of N/8 NaF-soluble organic matters in N/10 NaOH solution



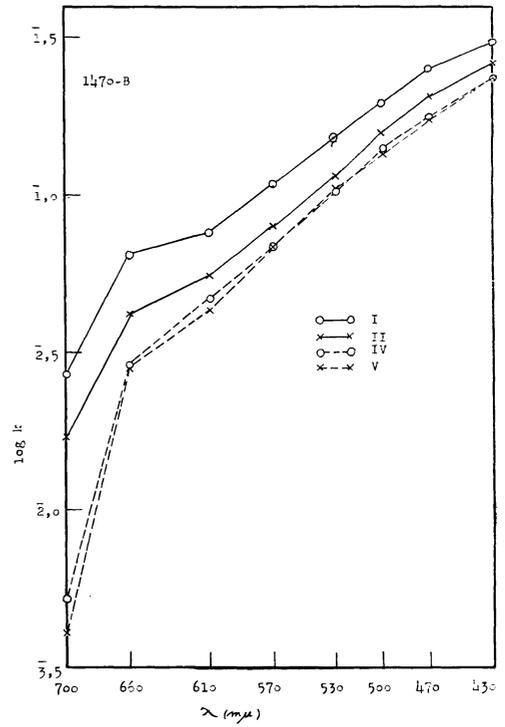
第6図—(5)



第6図—(6)



第6図—(7)



第6図—(8)

近同氏は無水酢酸、氷酢酸ならびに硫酸の混合液にも不溶解であるとし、小坂もこれを確認しているところである⁴⁹⁾。しかるに以上のことが考えられるならば、かかる処理によつて堆積腐植の各層位から N/8 弗化ソーダ液に溶出する有機物の一部も溶解し去る部分のあることが推測される。

前の N/8 弗化ソーダ液処理によつて得た A 型および B 型腐植酸の各試料を SPRINGER、小坂に従つて次の方法で、真正腐植酸と考えるものの分離を行つた。

一定量の試料をそのまま 65~70°C の恒温器で 30 分乾燥し、密栓瓶に入れ、のち SPRINGER の提案した溶剤 10 cc に浸漬し、40~45°C で正確に 24 時間作用せしめた。はじめ 2~3 時間は 30 分ごとに振とう、攪伴し、処理後前溶剤 10 cc を加えて遠心分離器で不溶性部分を分離し、氷酢酸で 3 回洗浄し、5% 塩酸でさらに 2 回洗浄、その後蒸留水で硝子濾過器に移し、アセトンにかえ、蒸留水で洗浄し、のち N/2 アンモニア液に溶解、乾燥、秤量など常法にしたがい、真正腐植酸と考えられるものを求めた。SPRINGER は処理後のものをアセトンで洗浄しているが、小坂も述べているように腐植の一部はアセトンに溶解するので、蒸留水にかえた。

その結果は第 23 表のとおりである。

SPRINGER の提案した方法によつて N/8 弗化ソーダ液ならびに酢酸塩緩衝液に可溶の各型の腐植酸を処理した結果、堆積腐植の F または F₁ 層の場合には、両型の有機物はいずれの形態に属するものもほとんど溶解し、H 層または F₂ 層においても毛布状モルの H 層以外は F 層と同様にはほとんど溶解し、これらの N/8 弗化ソーダ液に溶解する有機物は真正腐植酸をほとんど含んでいない。しかるに A₁ または A 層においては、堆積腐植の形態とともにやや趣をことにし、粒状ムルにおいて B 型に属するものはほぼ完全に溶解するもの、15% の不溶性有機物を含むものが認められたが、A 型に属するものの 15~40% が真正

第 23 表 N/8 NaF 可溶性有機物中の Sulfacetolyse による不溶性有機物
Insoluble organic matter with sulfacetolyse in N/8 NaF
soluble organic matter

On basis of dry matter

調査地 番号 Plot No.	堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	層位 Layer	A-型腐植酸中 In A-type %	B-型腐植酸中 In B-type %
{5}	粒状ムル Crumb mull	F	4.4	4.8
		A ₁	14.8	15.6
{39}		F	Trace	Trace
		A ₁	39.0	Trace
{21}	根網ムル Root mull	F	Trace	Trace
		A ₁	4.4	5.6
{26}	粒状モダー Grain moder	H	3.2	Trace
		A ₁	18.0	Trace
{23}	糊状モダー Pasty moder	H	Trace	Trace
		A ₁	8.8	4.0
{9}	粉状モダー Powdery moder	H	Trace	Trace
		A ₁	Trace	Trace
{27}	毛布状モル Matted mor	H	12.6	Trace
		A	3.6	Trace
{24}	海綿状モル Spongy mor	F ₂	Trace	Trace
		A	Trace	Trace
{30-1}	テツクス状モル Tex mor	F ₂	Trace	Trace
		A	Trace	Trace

腐植酸と考えられるものからなり、根網ムルにおいてはA型の4.4%、B型の5.6%が不溶のまま残留することが認められた。またモダーのA₁層においてもA型、B型ともにほとんどすべて溶解し去つたが、粒状モダーのA₁層のA型は20%の不溶性有機物を含有する。モルの場合には毛布状モル以外はA型ならびにB型腐植酸ともに溶解し去り、真正腐植酸の存在は認められなかつた。

この結果は堆積腐植各層位のN/8弗化ソーダならびに酢酸塩緩衝液可溶性有機物はほとんどが腐朽生成物によつて占められるものがあることを示している。しかしてかかる事実から弗化ソーダは有機膠質物に解膠剤として働き、真正腐植酸のはかに堆積腐植中において変質過程をうけ、漸次腐朽生成物となり、小さい膠質粒子となつた部分をも溶解するものと考えられる。しかして各層位から以上の溶剤によつて溶解した膠質物のうち、比較的粒子の大きい部分のものは硫酸マグネシウムのような中性電解質に敏感であるため凝固し、これよりもさらに粒径の小さい部分のもの、すなわちB型に属するものは電解質に対して安定であるため、ゾルのまま存在すると考えられる。ただ粒状ムルや根網ムルのような腐植化作用に対して、反応やその他の条件を具備する場合には真正腐植酸の生成が行われるだろう。

さらにリグニンからの変質過程には酸化作用を伴い、漸次COOH基やフェノールのOH基の増加をきたし、塩基置換容量は増加するとされているが、前述の第10表の結果を見ると、A型の腐植酸群はB型のものよりも塩基置換容量は小であることが知られ、A型腐植酸群に比し、B型は腐朽化過程の進ちよくしたものであろうと考えることができるだろう。また同一の堆積腐植について同一型の腐植酸群の塩基置換容量を見ると、上層より下層に増大する傾向を示し同一型の腐植酸群といえども、上層に含まれるものよりも下層に存在する腐植酸群は多くの変質作用をこうむつたものから構成されているであろうと推測される。

ついで各形態の塩基不飽和度を見ると、FまたはF₁層においてはムルよりモダーに一般に高い値があらわれ、モルのそれはモダーのそれに近い値を示している。またHまたはF₂層においては、ともにFまたはF₁層の値よりも一般に高く、A₁またはA層においては、粒状ムルのA₁層がムルのうちもつとも低い結果を示し、細屑状ならびに海綿状モルのA層は非常に高い塩基不飽和度を示している。この結果粒状ムル以外の堆積腐植各層位の有機物は相当高い塩基不飽和度を示すことが知られた。

以上の結果を総合すると、堆積腐植各層位を構成する有機物は大部分が腐朽生成物からなり、かつ従来真正腐植酸と考えられた部分も腐朽生成物によつて大部分が占められるものがある。さらにこれらは比較的粒径の小さい膠質物よりなり、しかも塩基に不飽和の状態が存在するものが多いようである。この傾向はとくに細屑状モルや海綿状モルなどに多く認められた。

第7項 結 論

堆積腐植各層位はその形態に応じてpH、置換性石灰含量や塩基不飽和度などをことにし、有機物の変質状態の差を思ひしむるものがあつた。

堆積腐植を構成する有機物の量、変質過程における有機物の腐朽化ならびに腐植化などの量的および質的關係を求むることは堆積腐植各形態の内容的状態を物語り、また逆に各形態の占める立地的条件を物語るものであろう。

堆積腐植を構成する有機物量について見ると、各形態の各層位を構成する有機物量は、FまたはF₁層を経て、A₁またはA層へと、上層から下層に漸次減少する。しかしてこの減少の傾向は各形態においてことなるようで、ムルに属するものはF層からA₁層に急激に減少するが、モダーの場合にはF層からH

層を経て A₁ 層に色彩の連続的変化があることから想像されるように、有機物量も漸減する。その間に F 層から H 層に比較的急激に減少し、H 層から A₁ 層にその差が少ないものや、F 層と H 層の間では比較的減少の割合は少ないが、H 層から A₁ 層に急激に減少するものがある。モルについては毛布状モルのそれはモダーに近い傾向を示すが、A 層の有機物含量が H 層のそれよりも比較的少なく、そのため H 層と A 層との間に明確な区分を見いだすことができる。細屑状ならびに海綿状モルの場合には、F₁ 層と F₂ 層の有機物含量はほぼ等しいが、A 層の有機物含量は少なく、この間に明らかな差が認められる。テツクス状モルの場合には一部のものはモルの特徴を明らかに示すが、他の場合には F₁ 層や F₂ 層の外観は明らかに前者に類似し、その有機物含量も急激な変化を示さないが、A 層との関係においては粒状ないし糊状モダーの A₁ 層に近い状態を示している。

本道の針葉樹林地には、諸外国において述べられているように、土壤小動物の生息が堆積腐植の形態を左右するほど大きな作用をもたらすとは考えられず、林床植物の地上部の遺体とともに、地下部のものに影響されるところが多いように推測され、このことがムルなどの A₁ 層の有機物量と関係するであろう。

この有機物を WAKSMAN らによつて提案された方法に準拠して 2, 3 の植物有機組成成分を追究した結果、有機物中セルローズは上層より下層に減少し、これとともにリグニン様物質の相対的増加が認められたが、その変化の度合はセルローズの変化ほど急激ではなかつた。また腐植化と密接な関係があるとされている窒素についてみると、リグニン様物質と同様に上層から下層に有機物中に増加する傾向を示し、かつムルの F 層は他のいずれの形態の層よりも有機物中高い全窒素含量を示し、また H 層と区分されるものは、F₂ 層として区分されたものよりも一般に高い全窒素含量を示した。A₁ または A 層についてみると、ムルの A₁ 層は一般に有機物中全窒素含量高く、粒状モダーならびにテツクス状モルも比較的高い平均値を示している。新鮮な植物遺体に近い F 層の全窒素は、林床に優占する林床植物の全窒素含量と関係があらうと考えられ、ムルのうち根網ムルの F 層がムルのうち低い値を示すことはこの上に主として優占するゴンゲンスグの全窒素含量が少ないことを反映するものであり、細屑状モルならびに海綿状モルの F₁ 層も同様にこれに優占する林床植物の全窒素含量に大きく影響されるものであろう。

腐植の主要な母材と考えられている植物体中のリグニンは植物遺体を構成する有機物の変質とともに漸次変化し、酸化作用とともに COOH 基やフェノールの OH 基を有するにいたり、漸次初めのリグニンとはことなる性質を有するものに変化し、反応基の増加とともに簡単な化合物に変ずる。かくして反応や窒素が適当な状態にあるときは重合や縮合作用をこうむり、いわゆる腐植酸が生成されるにいたるも、条件が適当でない場合には簡単な化合物のまま、または腐植酸への中間生成物として存在することが考えられた。各形態の堆積腐植の各層位の腐植化の状態を求め、またこの腐植酸の性質を知る 目的から、まず SIMON の提案した方法にしたがつて、真正腐植酸と考えられる部分の腐植酸を求め、さらに電解質に対する安定性から灰色腐植酸または褐色腐植酸に準ずる A 型ならびに B 型腐植酸を分離した。その結果、F または F₁ 層から溶出する腐植酸と有機物との関係において各形態とも大差ないが、ただ細屑状モルのものが低い結果を示し、海綿状モルは他の形態のものに比べて比較的高い値を示している。H または F₂ 層においてこれらの結果をみると、モダーの H 層はモルの F₂ 層よりも比較的高い値を示している。A₁ または A 層においても一般にムルからモダーを経てモルに有機物中の N/8 弗化ソーダ可溶性有機物含量は減少している。腐植化度は F または F₁ 層においてはとくに細屑状モルが劣る以外は大差ないが、H または F₂ 層においては、モダーの H 層はモルの F₂ 層よりも腐植化の進ちよくを思われ、A₁ または A 層

においてはムルよりモダーを経てモルに腐植化は緩慢であるように見受けられる。

この真正腐植酸をさらに電解質による感受性から2群に分け、各形態についてこれらの趨勢をみると、ムルのF層ならびにA₁層はともに盤状ムルを除けば、ほぼ等量を互に占めているが、モダーにおいては粒状モダー以外はF層およびA₁層にB型が多く、H層はA型に富むようである。モルにおいては毛布状モルのF層やH層ならびにA層がムルに近い傾向を示すほかは、一般に各層位ともB型に富み、ことにテツクス状モルにおいてはF₂層ならびにA層とも90%以上に達している。このことはモルの各層位中には電解質に対して安定な有機物が真正腐植酸の大部分を構成する事実を示し、その量的関係のみならず、質的關係が考慮され、粒状ムルのF層よりも海綿状モルないしはテツクス状モルのF層に腐植化の進ちよくした状態はここに構成される腐植酸の質的相違が生じていることを想像せしめ、同様のことはA₁またはA層においても考えられ、腐植化度の量的関係とともに質的關係に考慮を払うべきであると考えられる。すなわちSCHEFFERらが述べた灰色腐植酸ならびにかつ色腐植酸とこのA型ならびにB型腐植酸が類似のものであるとすれば、腐植化過程においておのずからことなるものが存在し、変質過程に差があると考えられる。さきに得たムルとモルの結果はこれらの事情を物語るものであり、ムルは灰色腐植酸の生成が行われ、モルにおいては褐色腐植酸が生成される過程上にあるであろうと想像された。

しかるにN/8 弗化ソーダ液や酢酸塩緩衝液はかつ色腐朽材からか性ソーダによつて破壊された腐朽生成物を溶解する事実が認められ、これらの溶剤は腐植化作用によつて合成された腐植酸のみを溶解するものでないことが想像された。ここにおいてSPRINGERが提案したSulfacetolyseによる方法で処理した結果、N/8 弗化ソーダに溶解した堆積腐植各層位の腐植酸はムルならびにモダーのA型腐植酸以外はほとんど腐朽生成物から構成されているであろうと推測された。

堆積腐植各層位からN/8 弗化ソーダ液に溶出する腐植酸はほとんどが腐朽生成物から構成されていることは、植物遺体中のリグニンからの腐朽化が主として行われているであろうと推測される。しかして変質過程の進ちよくには酸化作用が伴い、ここに反応基が増加し、塩基置換容量は増加するとされ、また一方リグニン腐朽生成物のアルカリによる各波長における吸光度ならびに吸光曲線の傾きの変化はこれら腐朽生成物の分子破壊によるとされている。これらの見地から、これら堆積腐植各層位から弗化ソーダ液で溶出した腐朽生成物の2つの型の塩基置換容量を見れば、A型に属するものは一般にB型に属するものよりも低い値を示している。さらに各波長における吸光度ならびに吸光曲線の傾きを検討すれば、吸光度弱く、かつ吸光曲線の傾きの急なものほど、腐朽化は進ちよくし、膠質粒子の小さいことを思わせるであろう。2つの型の腐朽生成物についてこれらを比較すると、塩基置換容量の場合と同様にA型に属するものはB型に属するものに比べて、腐朽化いまだ十分でなく、粒径の比較的大きい有機膠質物からなるものと考えられることができるであろう。

従来真正腐植酸として取り扱われたものも堆積腐植においては多量の腐朽生成物を含む有機物からなり、A型に属する腐植酸群はそのうち比較的大きい有機膠質物からなり、B型に属するものは粒径の小さい有機膠質物から構成されているであろう。かかる見地から以上の結果を見ると、粒状ムルのF層は比較的大きいA型腐朽生成物と粒径の小さいB型腐朽生成物が相半ばして存在するが、A₁層においてはA型のうち、真正腐植酸と考えられるものが含まれ、A型とB型との量的関係は相半ばすることがわかれ、根網ムルにおいてはFならびにA₁層とも真正腐植酸に属するものは少なく、A型ならびにB型腐朽生成物に属するものが相半ばする傾向を認めることができた。すなわちムルにおいては粒径の

小さい腐朽生成物と粒径が比較的大きい腐朽生成物とが真正腐植酸を伴って半ばしているが、モダーにおいては各層位とも B 型腐朽生成物はムルよりも多く、モルにおいては毛布状モル以外は各層位とも粒径の小さい B 型腐朽生成物が優っていることが知られる。しかもモルの A 層においてはムルの A₁ 層などよりも粒径の小さい腐朽生成物が多く、反応や塩基不飽和度の結果から明らかなように、ほとんどすべてのものが塩基に不飽和の状態が存在し、その場所に不安定な形であることが想像される。

以上の結果より堆積腐植を構成する有機物の変質過程において、腐植化の過程はいずれの形態においても見ることができないが、ムル、ことに粒状ムルの下に横たわる A₁ 層においては腐植化作用が他の形態のものに比してやや円滑に行われつつあるに反し、モル、ことに海綿状モルなどの下に横たわる A 層の有機物は腐朽化作用のみを受け、粒径の小さい有機膠質物として存在し、かつ塩基に不飽和の状態で存在していることがうかがわれる。このことはこれらの堆積腐植下に横たわる鉍質土壌表層が他の形態の堆積腐植の場合よりも溶脱の危険により多く曝されているであろうと考えられる。

第三章 堆積腐植の性状と針葉樹の更新の関係

第 1 節 堆積腐植の形態と針葉樹の天然更新

堆積腐植は森林土壌表面を被覆し、その上部は外界と直接接触し、下部は鉍質土壌と混合している。従って鉍質土壌に及ぼす諸種の外界作用は常に堆積腐植を媒体として行われ、またその反面鉍質土壌から外界への作用も堆積腐植を通じて行われるであろう。そのため堆積腐植の形態の差は外的条件が同一の場合においても、鉍質土壌に対する外的条件の影響はおのずからことなってくるであろう。

また堆積腐植を構成する有機物は安定した状態にあるものではなく、時とともに諸種の変化を受け、その質的狀態に変化が起るとともに、それに伴って形態上にも変化が起ってくる。この質的变化は形態的变化に対する原因のひとつとして考えられるが、それとともにここに生ずる物質はそれ自身のみならず、鉍質土壌に対しても諸種の影響を及ぼす。鉍質土壌の理学的性質のうちその土壌の生産力と密接な関係を有する土壌構造の生成維持に対しては土壤微生物の作用が大きいと考えられているが⁸⁵⁾⁹⁵⁾、この土壤微生物の繁殖、活動に対する条件は堆積腐植を構成する有機物それ自身の性質およびその変質過程から誘引される条件によつて支配され、また変質過程は土壤微生物の活動によつても規正されるというきわめて複雑した関係にあるのである。

天然更新の第一段階である種子の発芽に対する要因として、土壌の水分、温度ならびに酸素⁹⁶⁾があげられ、これに光線がひとつの因子たりうる場合も認められている。

本道の森林において針葉樹の天然更新にはいわゆる倒木更新が大きな役割を演じているが、この倒木更新の苗床は主として FALCK の destruktiv- 腐朽をこうむつた針葉樹の倒木である¹⁸⁷⁾。北島⁴⁵⁾は腐朽材について菌糸によつて形成された孔は菌の種類、腐朽の程度によつても同一でないが、一般に褐色腐朽菌のものは白色腐朽菌のそれよりも大きいと述べている。また著者¹⁸⁶⁾は褐色腐朽倒木の現地水分量を測定した結果、試料 100 g に対して 340 g の平均含水量を得た。すなわち、腐朽材、ことに褐色腐朽材は大きな間隙を有するとともに小さな空胞を多数に有し、水分と空気との保有は種子発芽に好条件を与えるものであろうと推測した。

堆積腐植の保水力に関し、LOWDERMILK²⁰⁾ は裸地のそれよりも大きく、表層を走る水は堆積腐植によつて減少せしめられるとし、裸地よりも多量の水分を確保することを認めている。しかしそこに優占する林床植物の種類によつて堆積腐植の形態がことなる事実については、第I章で述べたが、その植生状態により保有される水分量について服部³¹⁾は次の結果を示している。すなわち、藓類区の堆積腐植は73%、ゴングスグ区のものも73%、テツクス状モルの出現する林床裸地区においては61%の現地水分量を示した。

堆積腐植の2, 3の形態の保水力を知るために、従来森林土壌調査に規定、使用されている表面積および容積の一定した鉄製円筒を用い、土壌の含水量を測定すると同様の方法をもつて、その現地水分量ならびに最大含水量を重量的に測定し、その平均値を求めた。なお使用した鉄製円筒は容積400cc、表面積が一定に規定、その深さは4.0cmのものにして、粒状ムルの場合にはA₁層を入れて測定した。しかし粒状ムルのようにF層がはなはだしく薄いものはA₁層もまた堆積腐植の一部として保水力に影響し、ひいては種子の発芽に対して関係があるものと考えて、あえて粒状ムルの場合、この層も採取した。現地水分含量は降雨などに大きく影響されるので、採取時は降雨後1週間以上を置き、同一時に測定した。

採取地の堆積腐植の厚さの平均は次のとおりである。

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	F		H	Total (F+H)	A ₁ , A
	F ₁	F ₂			
	cm	cm	cm	cm	cm
粒状ムル Crumb mull	1.0			1.0	5.0
根網ムル Root mull	4.0			4.0	6.0
毛布状モル Matted mor	3.1		1.5	4.6	2.0
細屑状モル Detritus mor	1.5	3.0		4.5	2.0
海綿状モル Spongy mor	2.8	1.3		4.1	2.0
テツクス状モル Tex mor	2.0	2.0		4.0	1.0

粒状ムルはさきに述べたように薄いF層の下に団粒状構造を有するA₁層が存在するが、その他のものは粒状ムルに比べてF層は厚いので、鉄製円筒中にはF層が大部分を占めた。

これらの堆積腐植について、現地水分含量ならびに最大含水量を見ると、次のとおりである。

容積重について見ると、A₁層を含む粒状ムルもつとも重く、藓類が林床に優占し、海綿状モルと見られる堆積腐植がもつとも軽かつた。

ついで最大含水量を見ると、容積重とは反対の傾向を示し、海綿状モルの最大水分量もつとも多く、粒状ムルもつとも少なく、他もほぼ逆の関係を示している。また試料採取時の水分含量を比較すると、この場合は最大含水量の場合ほど明確な関係は見だし得ないが、容積重の多少と現地水分含量との間にも逆の関係がうかがわれ、粒状ムルもつとも少なく、多孔質な形態をとる根網ムル、海綿状ならびに毛布状モルは比較的多量の水分を保持することが認められた。

GRANO²¹⁾ は短葉松およびテータマツの天然更新について、落葉の厚さが減少すると子苗の数は増加す

堆積腐植の形態 Type of forest humus layer	容積重 %	最大容水量 容量%	採取時水分量 容積%
粒状ムル Crumb mull	32.2	45.2	33.5
根網ムル Root mull	10.4	55.4	40.5
毛布状モル Matted mor	10.3	144.5	74.8
細屑状モル Detritus mor	16.0	87.1	40.1
海綿状モル Spongy mor	3.8	175.1	69.9
テックス状モル Tex mor	15.4	73.4	41.6

と述べ、POMEROY⁸⁰⁾ は種子の発芽は燃焼された落葉から無処理の落葉に減少するとし、発芽後幼根の伸長に対する堆積腐植の厚さの影響がうかがわれる。本道の針葉樹原生林の堆積腐植の厚さを本調査例について見れば第 1 表のよう

で、平均値においてはムル、モダーならびにモルの順に厚さは増大する傾向にあり、また同一基本型においては、ムルのうち盤状ムルもつとも薄く、根網ムルがもつとも厚い平均値を示している。またモダーにおいては糊状モダー、粉状モダーならびに粒状モダーの順に薄く、モルの場合には細屑状ならびに海綿状モルは約 10 cm に達し、テックス状モルこれに次ぎ、毛布状モルもつとも薄い傾向を示している。これにもかかわらず、針葉樹の天然更新は根網ムルならびに海綿状モルのごとく、比較的厚くゴンゲンスグや藓類が林床に優占する地点に多く見いだされることは、堆積腐植の厚さが本道の針葉樹の天然更新に対する制限因子であるとは考えられない。

藓類やゴンゲンスグなどが林床に優占する地点の堆積腐植は多く海綿状モルまたは根網ムルに属し、多孔質にして膨軟であり、ここは落下した種子は容易にこれの中に侵入する機会が多く、しかも前述のように比較的多量の水分を保有しうる性質を有するにおいては、これと接触、発芽に必要な水分を獲得することも容易であろう。これに反してクマイザサなどの落葉は大型で偏平な堆積様式を示し、かつこれらは密に堆積することが多いため、種子が堆積腐植内部に侵入することは前者に比べて少ないと考えられるところで、佐藤⁹¹⁾はエゾマツの天然更新に関する研究において、クマイザサおよびネマガリダケのごとく地上に乾燥した枯葉を堆積するものはエゾマツその他樹種のいかに問わず、種子の林地上に接着するを阻害するとしている。ただ非常に薄い F 層を有する盤状ムルのごとく、供給される植物遺体の分解が速やかで、年々の落葉などが速やかに消失すると考えられるもの場合には他の条件が種子の発芽に満足されるならば、秋季落下した種子は比較的容易にこれらと混合し、かつ鉱質土壌とも接着する機会が多いであろう。CROSSLEY¹¹⁾ は天然更新に対して土壤掻起しの利点をあげているがこれと同様の結果がこの場合生じ、発芽ならびに子苗の存続が期待されるであろう。

衆落的分布を示さない林床植生を有するテックス状モルの表面は裸出しているため、種子は堆積腐植表面に容易に到着するが、針葉樹の天然更新の行われ難い事実はこの堆積腐植を構成する落葉の変質過程がきわめて緩慢であり、植物遺体原形のまま固く菌糸に縫合された形態をとるため、種子の堆積腐植中に侵入することが困難であることによるとともに、かかる形態の堆積腐植を形成する外的条件が原因すると考えられる。すなわち、林冠の強度の鬱閉に由来する諸種の条件が種子の発芽、子苗の存続に不适当であることによるものであろう。MOORE⁷¹⁾ はホワイトパイン、トウヒならびにモミの天然更新は樹冠の交錯する下に発達する Grey duff 以外は針葉樹落葉からなる堆積腐植に多く認められるとし、樹冠の強度の鬱閉が針葉樹の天然更新を阻害することを認めている。この樹冠による阻害作用は林床を密に庇陰する林床植物の場合にも考えられるところで、クマイザサなどが密に繁茂する地点で針葉樹の天然更新が不良な原因として、さきに述べた堆積腐植の堆積様式が不適當であることとともに、この著しい庇陰があげられ

るであろう。これとともに佐藤⁹¹⁾ はエゾマツ子苗の発生上、シダ類植物の有害であることを認め、これが強烈な庇陰を与えるとともに、冬季エゾマツ子苗をその葉により圧し、春季融雪に際し、長くこれを圧するため、水湿により子苗を腐敗せしむると述べ、SHIRLEY⁹⁸⁾ はノールウエーマツについて丈の高い灌木の被覆は初めの夏および冬期には子苗の存続に対して有害であり、その原因は落葉の被圧によると述べている。かくのごとく優占する林床植物の種類によつて誘発される機械的遮害が針葉樹の天然更新の上で考えられる。しかるにゴンゲンスゲや蘚類のような林床植物が優占するところに多く出現している根網ムルや海綿状ムルはその形態とともに、これら優占する林床植物が矮小であるため、クマイザサやシダ類がもたらす機械的遮害は少なく、針葉樹の天然更新を円滑ならしむるものであろう。

天然更新の成否は種子の発芽が順調であるとともに、子苗の存続を完全たらしむることにあり、これに必要な条件を具備する苗床を形成せしむるにある。

子苗の存続に対して幼根の順調な伸長が必要であるが、POMEROY⁸⁰⁾ は土性による影響を認め、GEMMER^ら²²⁾ は土壌の硬さや緊密度に原因するとし、石原⁴⁰⁾ はトドマツの稚樹存続に対して土壌の孔隙を構成する毛管孔隙と非毛管孔隙との配合比のいかんが関係するとし、容気量対容水量の比率をL/Wとし、この比率との関係を述べ、また土壌の組織や構造などの物理的性質と稚樹存続の関係を認めている。堆積腐植の各形態は種々の堆積状態を示し、その物理的性質にも差が考えられる。

しかして粒状ムルのF層の形態は林床に優占する林床植物の影響を見逃すことはできないが、一般に薄く、この層の下には団粒状ないし粒状構造を有するA₁層が存在する。また根網ムルのF層は他のムルのそれらに比べて厚いが、林床に優占するゴンゲンスゲの根系により多孔質、膨軟な外観を呈し、かつその下には粒状ムルと同様なA₁層を具備する。モダーに属するもののF層もムルのそれと同様に優占する植物に影響されるが、H層はその形態に応じて種々の外観を呈する。とくに粒状モダーのH層はA₁層とともに、団粒状構造を有し、理学的性質の立場からは恵まれた状態にある。モルに属するものは一般に厚いが、その種類によりF層が厚く発達するものとH層が比較的明らかに認められるものがある。F層の形態は林床に優占する林床植物やこれを構成する有機物の変質度合に関係するもの、その地点の環境条件によつてことなるものなど多種類のものからなり、比較的含水量の多いものと、しからざるものが認められる。かかるF層の形態に反し、鉍質土壌表層はムルやモダーのごとく団粒状または粒状構造を有することはない。

幼根の伸長に対して必要な堆積腐植ならびにその下に横たわる鉍質土壌表層の理学的性状についてこれらの堆積の状態から判断すれば、根網ムル以外のムルのF層やモダーの多くは必ずしも適当であるとはいえない。これに対しモルのF層は一部のものを除けば、多孔質、膨軟な形状をとる。しかるに鉍質土壌表層は盤状ムル以外のムルならびにモダーの多くはモルのそれに比べて幼根の伸長に有利であると考えられる土壌構造を有している。

堆積腐植の形態の差、この堆積腐植の分布する地点の林床に優占する林床植物などから、本道における針葉樹の天然更新に対する見解を求むれば、天然更新の第一段階として考えられる種子の発芽、子苗の存続に対しては堆積腐植の堆積様式とともに、これを誘発することの多い林床植物の種類が関係し、さらに堆積腐植の形態に影響する外界因子を支配する林相などが直接、間接関連性を有する。しかして以上の結果ならびに前に述べた林床植物と堆積腐植の形態との関連性、鉍質土壌表層の状態などから考え合せ、本道の針葉樹天然更新に対し、第一段階としての種子の発芽、子苗の存続を第一条件とする場合、蘚類などの

矮性林床植物が優占し、その理学的性質がこれらの条件を満足すると考えられる海綿状モルがもつとも有利であり、これについてゴングングなどが主な林床植物として出現する根網ムルや毛布状モルが有利であると考え。粒状ムルはその下の理化学的性質に恵まれた A₁ 層とともに化学的性質は他に比べて比較的恵まれているにもかかわらず、F 層の形態が種子の発芽などに好条件を有せず、またここに分布、優占する林床植物の影響により天然更新に有利な条件を備えているとはいえない。しかし盤状ムルのように植物遺体の分解が速やかで、短時日の間に種子が鉱質土壌と比較的容易に接触することが可能な場合にはクマイザサなどの林床植物の繁茂状態いかによつては種子の発芽、子苗の存続もある程度期待されるだろう。モダーに属する堆積腐植は形態の上からはむしろムルに優る場合もあるが、これに優占、分布する林床植物の種類が前に述べたように子苗の存続に不利な条件を有するものが多く、このため堆積腐植の性状によるよりも、これらが針葉樹の天然更新の上に大きな遮害となるであろう。テツクス状モルはこれを導いた林相の影響とテツクス状モルの示す形態からもつとも不利な条件を具備していると推測される。

第 2 節 堆積腐植の化学的性質と針葉樹の更新

ある植物の種子の発芽に土壌の酸度が影響するといわれ、RAYNER⁸⁹⁾ によれば *Calluna vulgaris* が石灰性土壌に発芽する際、植物に有害な物質の存在、土壌溶液の pH などが有害因子として作用している。また MOORE¹¹⁾ は針葉樹の天然更新による稚樹の存続は立枯病により影響されるが、この病原菌は比較的酸性に対して敏感であるため、苗床が酸性であることは立枯病防除の意味において良好な結果をもたらすものであるとし、むしろある程度 pH は低いことが望ましいとし、FISHER¹⁰⁾ は土壌の水素イオン濃度と樹種の発芽率間に直接的関係はないと述べている。さきに述べたように、本道の針葉樹天然更新に大きな意義をもち、多数の針葉樹稚苗の発生が見られる褐色腐朽倒木の pH について見ると、次表のごとく本調査に用いられた各形態の堆積腐植各層位が示す pH よりも一般に低く、土壌の pH の低いこ

試料の番号 No. of sample	pH (H ₂ O)	試料の番号 No. of sample	pH (H ₂ O)
R ₁	4.06	R ₅	4.19
R ₂	3.68	R ₆	3.60
R ₃	4.20	R ₇	3.60
		R ₈	3.48

とのみによる種子の発芽、子苗の存続のいかんを考えることはできない。

しかし土壌の水素イオン濃度は土壌の理化学的性質や生物学的性質に関するもので、林木の生育に対しては直接的関係よりも、pH に関係する土壌の内在的性質が大きな関係を有し、KAPPEN⁴²⁾ が述べたよ

うに pH はこれに関係する土壌の性質よりも簡易に理解できるという立場で、堆積腐植の pH を比較すれば、堆積腐植の性質の一端をうかがえるであろう。

本調査で得られた各形態の堆積腐植の pH を見ると、粒状ムルの F 層は盤状ムル以外の他の形態の F または F₁ 層よりも高い値を示し、A₁ 層もまた他のものよりも一般的に高い。

盤状ムルの F 層は広葉樹落葉が原因して調査した堆積腐植各形態の F 層中最も高い pH を示すが、A 層は他のムルよりも低く、モダーの A₁ 層やモルの A 層のそれに近い値を示している。根網ムルの F 層はムルのうち最も低い値を示すようであるが、粒状ムルの F 層の値に近く、A₁ 層の pH も粒状ムルの A₁ 層に劣るがその差は少ない。モダーの F 層は全般的に見ると、ムルのいずれよりも低いが、モルの F または F₁ 層の pH とはほぼ等しい値を示し、またモダーの細分型間の差は明りようでない。H 層の pH について

見ると、F層より低く、細分型間には粉状モダーが低いpHを示すほかは大きな差は認められない。モルのHまたはF₂層よりもやや高い傾向を示すが、その差は少ないようである。またモダーのA₁層のpHはFやH層のpHとことなり、全般的にモルのA層よりも高いが、粉状モダーのうちH層のpHが低いものはこの層位においても低いpHを示している。モルのFまたはF₁層のpHは全般的には毛布状モルのそれが高く、他の形態ではあまり明らかな差は見いだせず、HまたはF₂層のpHについてはFまたはF₁層と同様に毛布状モルのH層がモルのうちでは比較的高いpHを示し、海綿状モルのF₂層が低い値を示している。これらの堆積腐植の下にあるA層のpHも毛布状モルのそれが他のモルの下にある土壤表層のpHよりも高く、細屑状モルのA層が比較的低い。テツクス状モルのA層には高いpHを示すものがあるが、これは前にも述べたような結果によるものであろう。この結果、粒状ムルならびに根網ムルはFならびにA₁層ともに他の形態の各層位のpHよりも高く、モダーは細分型により差はあまり明らかでないが、H層やA₁層のpHは1, 2の例を除けば、モルのF, F₁またはF₂層、またはA層のそれよりも高い値を示し、モルは他の形態の各層位のpHよりも全般的に低く、そのうち毛布状モルのpHは各層位とも他のモルよりも高く、海綿状モルのF₂層はモルのF₂層のうち最も低く、細屑状モルはそのA層が最も低い値を示した。ゆえに全般的に盤状ムル以外のムルは各層位とも他の堆積腐植の各層位よりも高いpHを示し、粉状モダーの一部を除いたモダーは各層位ともモルのそれよりも高く、モルのうち毛布状モルはモダーに近く、他のモルは全般的に最も低いpHを各層位において示すようである。前に述べたようにpHが土壤の諸性質や土壤の生物学的現象を間接的に説明するものとするれば、この結果は各形態の堆積腐植に関し、その間の消息を物語るものであるとともに、粒状ムルや根網ムルのpHが高いことはこれらの植物遺体の示すpHや石灰含量の影響、さらにこれら堆積腐植の下にあるA₁層の石灰含量など一連の関連性をうかがわしめる。

GANSSEN¹⁸⁾¹⁹⁾、川島⁴³⁾⁴⁴⁾らは土壤中に含まれる石灰は林木の成長に関係することを認め、川島はスギその他の樹種とそれの立つ土壤の石灰含量との関係を、また服部³¹⁾はトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツなどと土壤の置換性石灰含量との関係を認め、置換性石灰含量の減少とともに地位の低下を認めている。また土壤中の石灰の多少は堆積腐植を構成する有機物の変質過程を左右する一因子と考えられ、ひいては堆積腐植を構成する有機物の質や堆積腐植の形態に差を生ぜしめ、さらに土壤生成過程の上に大きな役割を直接、間接演ずるといわれている。しかしこの影響は単に石灰の量のみならず、塩基置換容量に対する塩基の含有率、逆の言葉では塩基不飽和度が大きな意義を有するとされている。各形態の堆積腐植のこれら性状を見ると、ムルのF層に含まれる置換性石灰含量は一般に他の形態のものFまたはF₁層よりも多く、そのうち粒状ムルがpHと同様ムルのうちで多い結果を示している。またA₁またはA層の置換性石灰含量は根網ムルが最も多く、粒状ムルこれに次ぎ、盤状ムル最も少ない傾向を示している。モダーのF層は毛布状モルのF層と似た置換性石灰含量を示し、ムルのいずれにも劣るが、細屑状モルや海綿状モルのそれにまさっている。さらにH層について見ると、これもF層と同様の傾向が見られる。毛布状モルの一部に非常に高い石灰含量が見られるが、これはこの地の植生が一転期の道程にある特殊な現象とすべきものであろう。モダーのA₁層は全般的に盤状ムルのそれに近く、他のムルのA₁層に劣るが、モルの大部分のものよりも優ることが認められる。ただモダーの細分型間にはあまり明らかな差は見られない。さらに各形態の塩基不飽和度を比較すると、粒状ムルのFならびにA₁層は他の形態の各層位よりも低い塩基不飽和度を示し、粒状モダーや毛布状モルのF層に低いものが多く認められる。しかしHまたは

F₂ 層では各形態とも高い塩基不飽和度を示しているが、これらの下にある A₁ または A 層においては前述のように粒状モルの A₁ 層最も低く、モダーの A₁ 層はモルの A 層よりも低く、細屑状ならびに海绵状モルの A 層のごときは 70~97% のような高い値を示している。粒状モダーの A₁ 層も他のモダーや毛布状モルの A 層に比較して高い不飽和度を示すものがある。糊状モダーの A₁ 層は比較的低い塩基不飽和度を示している。

以上の結果から堆積腐植各形態の性質を総合して見ると、粒状モルは各層位とも pH 高く、置換性石灰含量多く、同時に塩基不飽和度は低い。根網モルもほぼこれに近い傾向を示し、粒状モダーの pH はモルの各層位のそれよりも低いが、石灰含量は根網モルのそれに近く、塩基不飽和度も F 層のそれは粒状モルには劣るが、他のものよりもやや低いものが多く、H 層の塩基不飽和度は他の形態のものに近く、A₁ 層のそれは糊状モダーのそれより高く、毛布状モルのそれに近く、細屑状モルや海绵状モルの A 層の塩基不飽和度よりも低い。糊状モダーの各層位は pH などは粒状モダーの各層位のそれよりも低く、置換性石灰含量は A₁ 層では粒状モダーに優るような傾向を示している。塩基不飽和度は A₁ 層において粒状モダーの A₁ 層のそれよりも低い傾向を示している。毛布状モルはモルの分類のうちにあるが、その化学的性質はモダーの各層位に似たところが多く、各層位の pH や置換性石灰含量は他のモダーのそれに近いが、ただ A 層の置換性石灰含量がはなはだしく少ない傾向を示している。細屑状ならびに海绵状モルはモルの代表的性状を示し、モルなどに比べて各層位とも pH は低く、置換性石灰含量に乏しく、ことにその下にある A 層の置換性石灰含量ははなはだしく少ない。また塩基不飽和度も A 層においては非常に高い結果を示している。ただテツクス状モルの A 層にはこれらの点で 2 分されるものが認められる。

このように堆積腐植はその形態とともに諸種の化学的性質をことにしているが、全般的に見た場合、粒状モル、根網モルは他のモダーやモルに比べて林木の成長に対し恵まれた性状を有するが、モルことに細屑状モルならびに海绵状モルは望ましからざる性質を備えているといえるであろう。ただ毛布状モルはあらゆる点でモダーに近い性質を示しているが、その下に横たわる鈹質土壌の置換性石灰含量がモダーに比べて少ないことが注意される。モダーも細分型においておのおのその性質をことにするが、モルとモルの中間的形態をとると同様にその化学的性状も両者の中間的存在であるようにうかがわれる。モダーの生成に対して種々の原因が関与するであろうが、モダーの分布する地点に優占する林床植物はモルが出現している地点に優占するものに似たクマイザサ、ゴンゲンスゲ、シダ類があげられるにかかわらず、形態に相違が生じたことは前にも述べたように土壌中の置換性石灰含量に大きな原因が求められるだろう。

これらとともに針葉樹林にモルやモダーをもたらすこれら林床植物の堆積腐植や土壌への寄与は広葉樹落葉に近いものを思われ、またこれら林床植物の根系による土壌表層への腐植の供給、土壌構造生成などに対する作用など見逃せないものがある。

しかして以上のような諸種の状態はただ林木の成長に対する影響のみならず、土壌微生物の繁殖、活動に影響を及ぼし、堆積腐植を構成する有機物の変質過程の上にもいろいろの相違をもたらす、間接的に林木の成長に影響を及ぼす結果となる。WITTICH らは真正腐植酸の生成に対する石灰などの重要性を認め、SCHEFFER らは条件が満たされないときは、有機物は腐朽生成物の形で残留するとし、この腐植化の途中相のものをフルボ酸とともに灰白土、泥炭、粗腐植などに見いだすとしている。しかして土壌中に塩基類が十分に存在しないときは、これらのものはますます土壌中に生成され、しかも遊離の状態をとり、土壌を酸性化し、土壌表層の瘠薄化を促進せしめる重大な要素になると推測されるところである。

各形態の堆積腐植は各層位とも多量の有機物を含み、上層位から下方に減少するが、H層の有機物含量はF₂層のそれよりも少ない。堆積腐植の下にあるA₁またはA層の有機物含量を見ると、モルのA₁またはA層は9~20%の有機物を、モダーのA₁層は粉状モダーのA₁層が40~50%の有機物含量を示すほかは13~21%を示し、モルのA層は5~21%を示しており、そのうち細屑状モルは14~21%を、海綿状モルは5~11%の有機物含量を示し、モルのうち前者のA層はモルやモダーのA₁層などに近く、比較的少量の有機物を含むが、後者のそれは少ない傾向を示している。この有機物量と真正腐植酸と称せられるN/8 弗化ソーダ可溶性有機物量の比から、各堆積腐植各層位の有機物の変質状態をうかがうと、各形態ともFまたはF₁層は少なく、海綿状モル、粉状モダーなどのほかは2%内外のものが多い。しかしてモダーや毛布状モルのH層は外観的にもF₂層に比べて有機物の変質過程の進展を思わせるように、この比率は増加し、モルのF₂層に優っている。しかして粒状モダーのH層は糊状モダーのH層のそれに比べて幾分低い比率を示す場合が多いようであり、毛布状モルのH層はさらにこれよりも低い比率を示している。しかして毛布状モル以外のモルのF₂層は全般的に低い傾向を示している。A₁またはA層について見ると、粒状モルや盤状モルのこの層におけるこの比率は他の形態下のものよりも高く、根網モルのA₁層はモダーのA₁層のそれよりも低い比率を示している。これは根網モルのA₁層には常に細小な根系遺体が多量に供給されるために、他のモルに比べて変質過程のまだ十分進まない有機物が多く含まれているためであると推測される。粒状モダーのA₁層はモダーのうち高い比率を示している。モルは全般的に低い比率のA層が多い。この結果、FまたはF₁層の有機物の変質状態は各形態とも大差ないが、H層では糊状モダーのH層の有機物は他の形態のもの、H層より変質過程は幾分進ちよくし、粒状モダーのH層がこれに次ぐようである。F₂層はH層よりも明らかに有機物の変質過程は遅れていることが推測される。A₁またはA層について見ると、粒状モルや盤状モルのそれは最も進み、根網モルのA₁層は結果的には変質過程は遅れている。粒状モダーのA₁層はモダーの内では進ちよくを思わせるが、粒状モルや盤状モルよりも遅れている。モルは全般的に低い結果を示し、全般的に見ると根網モル以外のモルや粒状モダーが比較的進ちよくし、モルは各層位とも遅れていることを思わせる。しかして本研究結果によれば、第二章第2節で論述したようにN/8 弗化ソーダ液に溶出した有機物は必ずしも従来考えられていたように真正腐植酸のみから構成されているものではなく、堆積腐植の形態によつてこととなり、多くのものは腐植化の途中相にある腐朽生成物から占められているものがあることが認められた。しかしてこの腐朽生成物は電解質による安定性から2つの群に分けられ、A型は比較的不安定であるが、B型は安定で、かつA型に比べて低分子の有機化合物であろうと推測できた。この種の有機物群は堆積腐植の形態とともに相違することが認められ、モルや粉状モダーの一部以外のモダーは各層位ともA型の有機物に富むが、モルの各層位はB型に富み、この下にあるA₁またはA層においては各形態ともB型が増大するが、盤状モルの一部以外のモルのA₁層は両型ほぼ相半ばし、モダーならびに毛布状モルのA₁またはA層では60%内外のB型を含み、毛布状モル以外のモルではほとんど大部分がB型からなり、海綿状モルのA層では90~100%に達した。このうち前述のようにpHや置換性石灰含量など腐植化作用に影響すると考えられる条件がやや満足的である粒状モルや根網モルなど、また粒状モダーなどのA₁層のN/8 弗化ソーダ可溶性有機物のA型に真正腐植酸と考えられるものが含まれていることが認められた。モルにおいては毛布状モルのA層にこの種腐植酸の存在することが認められ、細屑状モルや海綿状モルからのものは各層位とも見いだされなかつた。

以上の結果を総合すると、堆積腐植の形態ならびにこの下の A₁ または A 層がその生産力に対して相違することをうかがうことができる。すなわち、粒状ムル、根網ムルは、その有する理学的性質とともに化学的性質が、林木の成長に対して他の形態のものに優ることがうかがわれ、盤状ムルはこれに反してやや劣るような結果を示している。ついで粒状モダ―はその外観からも明らかなように理学的性質については糊状モダ―に優る傾向を示しているが、A₁ 層の置換性石灰含量は糊状モダ―より少なく、塩基不飽和度も高い傾向を示している。しかして A₁ 層の腐植含量やその性質から見ると、良好な変質過程をこうむっている事実を知ることができる。糊状モダ―の A₁ 層は置換性石灰含量は前者に優り、また塩基不飽和度もまた粒状モダ―より低い結果を示している。A₁ 層の腐植含量やその性質は粒状モダ―と大差なく、かつその性質も粒状モダ―のそれに近い。化学的性質の点よりすれば糊状モダ―はムルに次ぐように考えられる。粉状モダ―は大きく 2 分され、シラネワラビが優占するところのものは A₁ 層の腐植含量多く、腐植化は進展していないが、他の化学的性質に関しては他のモダ―に次ぐものといえ、オガラバナの優占するところは細屑状モルなどに類するものであろう。毛布状モルはその性状は糊状モダ―に類するが、A 層の性質はモルのそれに近い。しかし腐植の性質はやや恵まれている。細屑状ならびに海綿状モルのような堆積腐植の分布する林地では林木の生産に大きな期待をかけることは困難であらう。ただテツクス状モルの一部においてその A 層がムルまたはモダ―の A₁ 層に似た性状を示すものがあるが、この種の形態をとる A 層の上の堆積腐植は現在の林相に由来するものであるため、この A 層の性状が失われぬ限りにおいて海綿状モルなどの A 層に似た A 層を有するテツクス状モルにおいて考えられるような林木の生産に対する危惧はないように考えられるが、しかしかかる形態の堆積腐植を長く放置することは、林木の栄養分の循環を阻止することであると同時に鉍質土壤表層に対する悪影響がないとはいえない。この見地に立てば、以上のような A 層を有する堆積腐植の分布する林地においても、この堆積腐植生成の大きな因子である密閉した林冠を疎開し、この堆積腐植を破壊し、正常のものに復帰せしむるような施業法がとられるべきであらうと推測される。

本道の針葉樹の天然更新について、これらを堆積腐植の立場から考察するとき、現在の環境状態を基盤とするならば、理化学的性質の良好な堆積腐植や鉍質土壤の分布する林地がつねに天然更新のよき場となり得ないとともに、天然更新の第一段階である種子の発芽、子苗の存続に良好な条件を具えたものが将来とも期待され得る生産力を有するとは限らない。しかしてこれらのうち以上の諸結果からゴンゲンスグが優占するか、またはこれに近い被度を示すムルまたはモダ―の形態に属する堆積腐植やクマイザなどの庇陰が子苗の存続を阻害しない程度であるならば、盤状ムルもまた針葉樹の天然更新に対して有利なものとしてあげられるだろう。また現在の針葉樹の稚苗、稚樹の見いだされる海綿状モルやトマツ稚樹の群生するテツクス状モルの分布する地域に対してはこれら堆積腐植やその下の鉍質土壤の示す性状を基礎として生立する林木に対する取扱いを考慮すべきであると考え。

さらに人工造林による更新に対しては当然土壤の理化学的性質が大きな因子としてとりあげられるが、以上の諸結果から明らかなように堆積腐植の形態はそれ自身の性状に差を示していると同時に、その下に存在する鉍質土壤の諸性質との間に一連の関係を有している。その結果堆積腐植の形態の判定は造林適地の判定に対するひとつの基準として意義を有するものと信ずる。

結 論

本研究は本道の針葉樹林の堆積腐植をその堆積様式に基いて分類し、これら堆積腐植の形態的、物理的ならびに化学的性質を究め、もつて本道森林施業上の参考資料に供せんとする目的をもつて進められた。

本道の針葉樹林はトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツなどが主要針葉樹であり、その下にクマイザサなどのササ類が広く林床に優占種として出現し、特有の景観を呈している。

堆積腐植の形態はそこに立つ植物の種類や気象条件と密接な関係があるが、従来の諸外国の堆積腐植に関する研究は本道とは樹種がことなり、ことにササ類の分布が全く見られないところの堆積腐植を対象として行われたものであり、さらにこれら堆積腐植の形成に土壤小動物の作用が強く働いている場合の研究である。しかるに本道においてはこれら諸外国とはことなる樹種が生立するとともに、林床にはササ類が広く分布し、かつ土壤小動物の作用もきわめて弱い条件下にある。したがって堆積腐植の形態は本道独特の姿を示しているのである。たとえば諸外国においてはムルやモダーは針葉樹林には認められず、広葉樹林ないしは針広混交林に限られておるに反し、本道の針葉樹林にはモルの外にムルやモダーが広く分布している。かように本道の堆積腐植の形態は諸外国のそれと非常にことなり、複雑で、その性質もまたことなっていると考えねばならない。ゆえに本道独自の立場からこれを攻究することが本道の森林施業に対する堆積腐植の意義を明らかにするために必要である。

ひるがえって本邦のこれに関する研究を求むるも系統的な研究は全く見られないため、著者は以上の見地に立ち、本道の針葉樹林の堆積腐植の形態を施業の利用的価値を基準として、広く観察した結果、次のような基準で分類することが本道の針葉樹林の堆積腐植を整理する上に妥当であるとの結論に達した。

すなわち、堆積腐植各層位の区分に対しては国際的慣用語であるL、F層ならびにH層の名称を採用し、次のように定義した。L：植物遺体がいまだ原形を失わないで林床上に堆積している部分。F層：植物遺体は破壊され、細片になつているが、いまだ植物組織を肉眼で識別できる程度の状態で堆積している層。H層：植物遺体は変質し、もはや植物組織は肉眼で識別できない無定形有機物となつて堆積している層。なおこの有機物が多量の鉍質土壤と混合し、土壤のA層の上部を構成する場合はこれをA₁層とする。

つぎに基本型の分類基準としては従来諸外国で用いられている有機物と鉍質土壤との混合状態に基く分類を踏襲し、本道の針葉樹林の堆積腐植をムル、モダーならびにモルに区分し、さらにこれをおのおのの堆積様式や形態的特徴を基にして10種類に細分し、次のように定義した。

1 ムル 落葉の下に細片になつた植物遺体が堆積し、これが菌糸で縫合されているか、屑状のまま堆積する薄いF層が存在する。しかし原則としてH層を欠き、黒色の無定形有機物は鉍質土壤と混合し、団粒状ないし粒状構造を有するA₁層を形成する。ときにこのA₁層を欠く場合もある。これはA層の形態により次のように区分する。

1a 粒状ムル ムルの代表的形態を示すもので、Lの下に薄いF層が存在し、この下には無定形有機物が混合する団粒状ないし粒状構造を有するA₁層が存在する。

1b 盤状ムル Lの下に薄いF層が存在し、H層に相当する有機物はきわめてわずかにポケット状に存在するか、全く欠き、F層の下に団粒状ないし粒状構造を有しない鉍質土壤が存在する。

1c 根網ムル F層は林床植物の根系のために多孔質、膨軟で、比較的厚い。この下の A₁層は粒状ムルの A₁層と同様に団粒状ないし粒状構造を有し、かつ林床植物の根系が網状に分布し、多孔質、膨軟である。

2 モダー Lの下のF層の状態はムルのF層と特に区別される点はないが、H層は明らかに存在する。H層の形態的特徴から次の3種類に区分する。なおH層から A₁層への推移は漸進的であり、両層の間には明確な一線を画することは困難である。

2a 粒状モダー FならびにH層はともに薄く、H層は黒紫色ないし黒褐色の無定形有機物に富み、団粒状構造を呈し、膨軟である。この層はしだいに団粒状ないし粒状構造を呈する A₁層に移行する。

2b 糊状モダー F層は薄いが、H層は明らかに発達し、黒紫色ないし黒褐色を呈し、湿潤なときは粘着性のある糊状を呈する無定形有機物からなる。この層は有機物で黒色ないし黒褐色に着色された A₁層に漸次移行する。

2c 粉状モダー FやH層の厚さは種々変化するが、一般に厚い。H層は微粉状の暗黒褐色の有機物からなり、やや膨軟であるが、下部はややち密でさらに暗色に富み、しだいに有機物で黒紫色ないし黒褐色に着色された A₁層に移行する。

3 モル 一般にL、F層ならびにH層の合計は他の形態のものよりも厚く、H層とA層との区別は明確であり、H層を欠く場合といえども、下層との区別は明確である。F層の形態的特徴から次の4種類に区分する。

3a 毛布状モル F層は菌糸で部分的に縫合されている場合や植物遺体細片がややち密に堆積する場合がある。H層は糊状モダーのH層の形態に類似する。

3b 細屑状モル ほとんどF層のみからなり、厚く、植物遺体細片からなる比較的膨軟で、上層から下層にしだいに微細な植物遺体細片が堆積する。H層に相当するものは層状には認められない。

3c 海綿状モル F層のみからなり、厚く、多孔質、膨軟で、海綿状を呈する。下層は上層に比べて暗色に富むが、明らかに植物組織は肉眼で識別でき、多孔質、膨軟である。

3d テツクス状モル F層のみからなり、原形に近い植物遺体が菌糸によつて固く縫合され、ソフトテツクスのような形態を示し、これは鉾質土壌表面から板状を呈して容易に剥離できる。

本道の針葉樹林を代表すると考えられる地区において以上の堆積腐植の形態を代表すると考えられるものを選び、そこに分布する樹種ならびに優占する林床植物との関連性、理化学的性質について調査した。

1 ムル

粒状ムルは多くトドマツを主林木とし、これにクマイザサ、シラネワラビやゴンゲンスグの優占するところに見いだされ、盤状ムルはトドマツに広葉樹が混交し、その下にクマイザサが優占するところに、また根網ムルはアカエゾマツ、エゾマツを主林木とし、これにトドマツを含む林相の下にゴンゲンスグが主として分布し、ときにオクヤマシダが優占分布しているところに見いだされた。

2 モダー

粒状モダーは上木は根網ムルのそれに近く、アカエゾマツ、エゾマツを主林木とし、それにトドマツを含む林相の下にクマイザサ、オクヤマザサまたはゴンゲンスグの優占分布するところに、糊状モダーは前同様の林相下にクマイザサ、オクヤマシダの優占するところに見いだされ、粉状モダーはアカエゾマツ純

林にオガラバナが、トドマツ林下にシラネワラビが優占するところに見いだされた。

3 モル

毛布状モルはアカエゾマツにエゾマツを伴うところ、エゾマツにトドマツを伴う林相下にゴンゲンスゲ、オクヤマシダなどが優占するところに、細屑状モルならびに海綿状モルはアカエゾマツを主林木とし、これにトドマツを混交するか、アカエゾマツ純林の下に藓類、シラネワラビまたはシロバナシヤクナゲ、オオバスノキなどの *Ericaceae* に属する林床植物が優占するところに見いだされた。特殊の場合エゾマツトドマツ林下に見いだされた。テツクス状モルはアカエゾマツにトドマツの稚樹が群生し、衆落的な林床植物を見いだすことのできない林地に見いだされる。

かように本道では明らかに針葉樹林にムルやモダの出現が認められるとともに、これらとクマイザサ、オクヤマザサなどの *Bambusaceae* に属する林床植物やゴンゲンスゲ、シダ類との関連性の高いことを知ることができ、これら林床植物の本道の堆積腐植に対する役割をうかがうことができた。

ついで堆積腐植各形態の水分状態を見ると、形態に応じて最大容水量や現地水分含量に相違があり、最大容水量は容積重とは、ほぼ逆の関係を示し、容積重の軽いものほど大きな保水力を示しており、これはほど明りようではないが、現地水分量もまたほぼ同様の傾向を示し、藓類が優占する海綿状モルがもつとも多量の水分を保持することが可能であり、また常時多量の水分を保有する傾向を示しており、これについて毛布状モルが同様の傾向を示しておく。粒状ムルは A₁ 層の部分を含んだためにもよるが最大容水量ならびに現地水分量ももつとも少なかった。

各形態の堆積腐植各層位の pH、置換性石灰含量および塩基不飽和度を求めた。なお置換性石灰は 1 規定塩化アンモニア液による置換性塩基を測定する方法に従って求めたが、F 層などの石灰は易溶性石灰と解釈すべきであり、厳密な意味では給源としての石灰と解釈すべきである。

この結果から盤状ムル以外のムルは全般的に各層位とも pH 高く、置換性石灰も多く、かつ塩基不飽和度も低い、モダに属するものはムルよりも pH やや低く、置換性石灰も少なく、かつ塩基不飽和度は高い傾向を示している。モルは pH、置換性石灰などはモダに近く、塩基不飽和度は低いものと高いものが存在した。しかし A 層の置換性石灰は他のものに比べて非常に少なく、塩基不飽和度は全般的に非常に高い傾向を示している。

しかしてムルの各形態間においては (a) 粒状ムルは各層位とも pH 高く、置換性石灰多く、塩基不飽和度ももつとも低い。(b) 盤状ムルの F 層の pH はムルの F 層のうちもつとも高いが、置換性石灰はやや少なく、塩基不飽和度は粒状ムルの F 層のそれよりもやや高い傾向を示している。A 層の pH はもつとも低く、置換性石灰もまたもつとも少なく、塩基不飽和度ももつとも高い。(c) 根網ムルの F 層の pH はムルの F 層のうちもつとも低く、置換性石灰は粒状ムルの F 層のそれについて多いが、塩基不飽和度はムルの F 層のうちもつとも高い。A₁ 層の pH は粒状ムルの A₁ 層のそれよりも低く、置換性石灰は粒状ムルの A₁ 層について多いが、塩基不飽和度はやや高い。

モダの各形態間について見れば、(a) 粒状モダの F 層の pH はもつとも高く、置換性石灰も多く、塩基不飽和度は一般的に低い傾向を示しているが、H 層の pH は他とほとんど大差なく、置換性石灰はとくに高いものもあるが、全般的にはやや少なく、塩基不飽和度はやや低い。A₁ 層の pH も他と大差ないが、置換性石灰はもつとも少なく、塩基不飽和度はやや高い傾向を示している。(b) 糊状モダの F 層の pH はモダのうちもつとも低く、置換性石灰は全般的に多いが、塩基不飽和度はやや高く、H 層の

pH は他と大差なく、置換性石灰はモダーのうちもつとも少なく、塩基不飽和度はもつとも高い。A₁ 層の pH も他と大差なく、置換性石灰はやや多く、塩基不飽和度はもつとも低い。(c) 粉状モダーは2分され、オガラバナの優占した地点のF層の pH は他のモダーのそれと大差なく、置換性石灰はやや多いが、塩基不飽和度はモダーのうちもつとも高い。H層の pH はもつとも低く、置換性石灰は他のモダーのそれよりやや多く、塩基不飽和度はやや低く、A₁ 層の pH はモダーのうちもつとも低く、置換性石灰も比較的少なく、塩基不飽和度はもつとも高い結果を示している。シラネワラビが優占する地点のF層の pH、置換性石灰含量は前者と大差ないが、塩基不飽和度はやや低く、H層の pH は前者に比べて高く、置換性石灰含量には大差なく、塩基不飽和度はやや低い。A₁ 層の pH は他のモダーのそれと大差なく、置換性石灰はやや多く、塩基不飽和度も低い傾向を示している。

モルの各形態間について見れば、(a) 毛布状モルのF層の pH、置換性石灰含量はともに他のモルのそれよりも高いが、塩基不飽和度には大差なく、H層の pH はやや高く、置換性石灰はモルのうちもつとも多いが、塩基不飽和度はやや高く、A層の pH はやや高く、置換性石灰はもつとも多く、かつ塩基不飽和度はもつとも低い傾向を示している。(b) 細屑状モルの F₁ 層の pH は低く、置換性石灰は少ないが、塩基不飽和度は他のモルのそれと大差なく、F₂ 層の pH も低く、置換性石灰はモルのうちもつとも少ないが、塩基不飽和度はむしろ低い傾向を示している。A層の pH はもつとも低く、置換性石灰は少なく、塩基不飽和度はモルのうちもつとも高い結果を示している。(c) 海綿状モルの F₁ 層の pH は低く、置換性石灰もまた少ないが、塩基不飽和度は他と大差なく、F₂ 層の pH は低く、置換性石灰も少なく、塩基不飽和度はモルのうちもつとも高い。A層の pH は比較的高いが、置換性石灰は細屑状モルのそれと同様少なく、塩基不飽和度は細屑状モルのそれよりもやや低い傾向を示している。(d) テツクス状モルの F₁ 層の pH は他のモルのそれよりもやや高く、置換性石灰も比較的多いが、塩基不飽和度はやや高く、F₂ 層の pH はやや低く、置換性石灰は比較的多く、塩基不飽和度は比較的低い傾向を示している。A層は2分され、1つのものの pH は比較的高く、置換性石灰も多く、塩基不飽和度も低い。他の1つの pH は前者に比べて低く、置換性石灰は少なく、海綿状モルのA層のそれに近く、塩基不飽和度も前者に比べて高い結果を示している。

しかして堆積腐植の形態はそこに生立する林木やその林床に優占する林床植物の遺体の pH や石灰含量に支配されることが多いとされているが、これらの林床植物遺体の pH や石灰含量などを比較すると、クマイザサ、ゴンゲンスゲやシダ類など、ムルならびにモダーに多く分布する植物はシロバナシヤクナゲ、オガラバナや蘚類などに比べて pH は高いが、石灰含量は蘚類以外のものよりも低い傾向を示している。この結果にもかかわらず、クマイザサなどの優占するムルのF層などが石灰に富むは、これらの示す高い pH や易分解性有機組成分の多いことに原因するであろう。また同一の林床植物が優占するにもかかわらず、異種の形態の堆積腐植が出現する原因についてはこれらの林床植物の根系が多く分布する土壌表層の置換性石灰含量に影響されることが多いと推測される。

しかして諸外国においては一般に針葉樹林にはムルやモダーの出現は述べられていないが、本道の針葉樹林ではクマイザサ、ゴンゲンスゲ、シダ類の優占するところに広くムルやモダーが分布することが認められることは前述のごとくであるが、この現象はこれらの林床植物の遺体が広葉樹の落葉と同様の働きを行うとともに、それらの地下部の影響もまた見逃すことのできないものである。本道ではその分布の広い点からササ類の土壌に対する意義は大きい。

つぎに各形態の堆積腐植各層位につき有機物含量を求め、さらに N/8 か性ソーダ可溶性有機物は腐朽生成物および真正腐植酸からなり、N/8 弗化ソーダ可溶性有機物は真正腐植酸のみからなるとして、これらに可溶の有機物を求め、堆積腐植各層位の有機物の質的ならびに量的関係を求め、その変質過程の状態を比較した。

有機物の定量法としてはF層のように有機物の多いものについてはしやく熱損失量から求め、H層以下の各層位の有機物量については TYULIN 法による炭素量に係数 1.8 を乗ずることが比較的近似の有機物量を示すと考えられたので、この係数を用いて有機物量を算出した。か性ソーダ可溶性有機物や弗化ソーダ可溶性有機物の定量は SIMON 法に従い重量的に求めた。

この結果を堆積腐植の基本型に基いて総括すると、ムルのF層は他の形態のF層に比べて有機物量はやや少ないが、その変質状態には他の形態の層と大差ない。A₁層の有機物量は1, 2の例外を除いてモダーのA₁層ならびにモルのA層の有機物量に近く、変質の状態は比較的進ちよくしている。モダーのF層はムルのF層の有機物量よりやや多量の有機物を含むが、その変質状態は大差なく、H層の有機物量は粉状モダー以外は一般にモルのF₂層のそれよりも少なく、変質の状態は全般的にモルのそれよりも進ちよくしている。A₁層の有機物量は前述のようにムルのA₁層のそれに近く、変質の程度は全般的にはムルの層よりもやや遅延を思わしめる。モルのF₁層はもつとも多量の有機物を含み、その変質の状態は他と大差ないが、ときに遅延しているものがある。F₂またはH層の有機物量についてはH層のそれはモダーのそれに近いが、F₂層の有機物量はこれにまさり、変質の状態はモダーのH層に劣る。A層の有機物量は細分型によつて大きな差があり、また有機物の変質状態にも大きな相違がある。

つぎにムルの各形態について見ると、(a)粒状のムルのF層は有機物量やや少なく、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物の比はやや大きい、全有機物に対する弗化ソーダ可溶性有機物の比は小さく、有機物の腐朽化はやや進ちよくしているが、腐植化は非常に弱い傾向を示している。A₁層は10~20%の有機物を含み、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物や弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに盤状ムルのA層のおのおのより小さいが、全般的に大きく、有機物の腐朽化ならびに腐植化は順調に進展していることを思わしめる。(b)盤状ムルのF層もまた有機物量は少なく、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに非常に小さく、有機物の変質の程度は低いことを示している。A層は9~16%の有機物を含み、他のムルに比べてやや少なく、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに大きく、有機物の変質過程はもつとも進ちよくしていることを思わしめる。(c)根網ムルのF層も粒状ムルのF層に近い有機物量を示し、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物の比は大きい、全有機物に対する弗化ソーダ可溶性有機物の比は小さく、有機物の腐朽化はやや進ちよくしているが、腐植化は遅延していることを示している。A₁層は比較的多量の有機物を含むが、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに小さく、有機物の変質過程の遅延を思わしめる。しかしか性ソーダ可溶性有機物中の大部分は弗化ソーダ可溶性有機物に占められ、変質したものの大部分は腐植化をこうむつたものからなると考えられる。

モダーの各形態について見ると、(a)粒状モダーのF層はやや有機物に富み、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに小さく、有機物の変質過程は進ちよくしていないことを思わしめ、H層は44~70%の有機物を含み、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機

物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに小さく、有機物の変質程度は弱いようである。A₁ 層は 13~20% の有機物を含み、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物の比は小さいが、全有機物に対する弗化ソーダ可溶性有機物の比はやや大きく、有機物の腐植化は比較的進ちよくしているようである。

(b) 糊状モダの F 層は粒状モダの F 層に近い有機物を含み、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物の比はやや大きい、全有機物に対する弗化ソーダ可溶性有機物の比は小さく、有機物の腐植化の進展を思わしめ、H 層も粒状モダの H 層に近い有機物量を示すが、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに大きく、粒状モダの H 層の有機物に比べて変質過程の進展を思わしめるが、とくに腐植化が進ちよくしているようである。A₁ 層も粒状モダの A₁ 層に近い有機物量を示すが、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物の比は大きく、全有機物に対する弗化ソーダ可溶性有機物の比は小さく、粒状モダの A₁ 層の有機物に比べて腐植化は進んでいるが、腐植化は遅延しているようである。(c) 粉状モダはアカエゾマツ純林下にオガラバナが優占するところのものであるが、その F 層は有機物やや少なく、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに小さく、有機物の変質の程度は弱いことを思わしめる。H 層も有機物に富むが、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに小さく、有機物の変質過程の遅延を示している。A₁ 層もまた多量の有機物を含み、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物の比はモダの A₁ 層のうちもつとも大きい、全有機物に対する弗化ソーダ可溶性有機物の比は小さく、有機物の腐植化はもつとも進ちよくしているが、腐植化は遅延していることを示している。

モルの各形態については (a) 毛布状モルの F 層は有機物に富むが、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに小さく、有機物の変質程度は弱いことを示し、H 層の有機物は少なく、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物の比は大きい、全有機物に対する弗化ソーダ可溶性有機物の比が小さいことから、有機物の腐植化は進ちよくしていることを思わしめる。A 層は少量の有機物を含み、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに大きく、有機物の腐植化ならびに腐植化はともに進ちよくしているようである。(b) 細屑状モルの F₁ 層は多量の有機物からなり、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物の比はもつとも大きく、他のモルの F₁ 層に比べて有機物の腐植化の進ちよくを思わしめるが、全有機物に対する弗化ソーダ可溶性有機物の比は小さい。F₂ 層の有機物量は F₁ 層のそれに近く、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに小さく、有機物の腐植化は認められるが、腐植化は弱いことが想像される。A 層は比較的多量の有機物を含み、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物の比はモルの A 層のうちもつとも大きい、全有機物に対する弗化ソーダ可溶性有機物の比はやや小さく、他のモルの A 層の有機物に比べて腐植化はもつとも進ちよくしているが、腐植化はやや遅延していることを思わしめる。(c) 海綿状モルの F₁ 層も多量の有機物からなり、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともにやや大きく、有機物の変質過程は他の F₁ 層よりもやや進ちよくしているように思われる。F₂ 層もまた有機物に富み、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物の比はやや大きい、全有機物に対する弗化ソーダ可溶性有機物の比は小さく、有機物の腐植化の進ちよくを思わしめる。A 層の有機物量はモルの A 層中もつとも少なく、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物や弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに小さく、有機物の変質過程は遅延しているようである。しかし、か性ソーダ可溶性有機物の大部分が弗化ソーダ可溶性有機物によつて占められている。(d) テツ

クス状モルの F₁ 層の有機物も多いが、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに小さく、他のモルの F 層に比べて、有機物の変質過程はもつとも遅延している結果を示している。F₂ 層も有機物に富むが、全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに小さく、F₁ 層と同様に有機物の変質過程はもつとも遅延しているようである。A 層は多量の有機物を含むものと、きわめて少量の有機物を含むものが見られ、前者に属するものは全有機物に対するか性ソーダ可溶性有機物ならびに弗化ソーダ可溶性有機物の比はともに小さく、有機物の変質過程は遅延しているようであるが、後者はこれに比べれば、やや進ちよくしていることがうかがわれると同時に海綿状モルの A 層の有機物に似て、か性ソーダ可溶性有機物の大部分は弗化ソーダ可溶性有機物によつて占められている。

しかして従来 N/8 弗化ソーダならびに酢酸塩緩衝液 (pH 4.0) に可溶の腐植酸は真正腐植酸として考えられ、アセチルプロミツドに不溶であるとされていた。しかし褐色腐朽材からか性ソーダ液に溶解、酸に沈殿したリグニン様物質を上述の溶液に作用せしめた際、これはほとんど完全に両溶剤に溶解することを認め、腐朽化の途中相にあるものも分子がある程度切断されて、初期のものよりも分子量の少ない化合物となれば、これらの溶剤に溶解する事実を知ることができた。またこれは硫酸マグネシウムによつて A 型ならびに B 型に分離することも可能であることを認めた。この結果、堆積腐植の代表的形態の各層位から弗化ソーダ可溶性有機物を抽出し、これを A 型ならびに B 型有機物に分離し、これらについて各波長における吸光度を求め、その吸光曲線から A 型は B 型よりも一般に吸光度強く、かつその曲線の傾きは B 型に比べて緩やかであることを知り、この結果 A 型の有機物は B 型のものよりも粒径の大きい有機物であろうと推測する。さらにこれらの有機物を SPRINGER の Sulfacetolyse によつて真正腐植酸の有無を検した結果、F または F₁ 層からの有機物にはこの種腐植酸を認めなかつたが、毛布状モルの H 層からの有機物にはこの真正腐植酸を認め、F₂ 層の有機物中には存在せず、A₁ または A 層においては堆積腐植の形態とともに趣をことにし、粒状ムルにおいて A 型に属するものにはこの真正腐植酸を認め、根網ムルの A₁ 層のそれはやや少なく、粒状モダーの A₁ 層の A 型に真正腐植酸の存在を認めた。しかしモルの場合には A 層においても完全に両型とも溶解し去り、真正腐植酸の存在は認められなかつた。この結果堆積腐植から弗化ソーダ液に溶解する有機物は堆積腐植の形態に応じ、真正腐植酸を含むと同時に腐朽生成物も含んでいると推測する。

しかしてムルの場合には F 層に A 型が多く、A₁ 層においては一般に A 型ならびに B 型は相半ばするも、モダーにおいては F 層にも B 型が多く、H 層にやや少ないが、A₁ 層において B 型は多く、モルにおいては F₁ ならびに F₂ 層ともに B 型が多く、A 層も同様に B 型が多く、90~100% を B 型有機物が占めるものがあることが知られる。しかもこの B 型有機物は全て粒径の小さい腐朽生成物からなることが推測されるところであり、さらにこの種堆積腐植の塩基不飽和度から、これら腐朽生成物は塩基に不飽和の状態であろうと想像した。

堆積腐植の形態に応じて各層位ごとに有機物含量はことなり、さらにその有機物は種々変質状態をことにし、量的関係とともに質の上にも差のあることを知ることができた。

堆積腐植は地表の最表面に横たわるため、天然更新、ことに子苗の成長が緩慢な針葉樹に対する苗床としてその形態は大きな意義をもつもので、この場合堆積腐植の化学的性質はむしろ間接的なものとどまり、堆積腐植の形態の示す理学的性質が直接的意義を有し、根網ムルや海綿状モルのごとく、多孔質、膨

軟にして保水力の大きいものは容易に落下した種子をこの中に侵入せしめ、発芽に必要な水分と空気とを十分に供給し、ここに種子の発芽が行われ、これらの抱擁のうちに子苗の成長が行われるのであろう。これに反してクマイザサなどの落葉が堆積する粒状ムル、粒状モダ―その他の形態においてはこの落葉が扁平な堆積様式を示すため、落下した種子は裸出したままの状態であらう。乾燥、ついには枯死するにいたる。ただ盤状ムルのようにこれらの落葉が速やかに分解するものでは、種子は比較的容易に鉍質土壌表層に到達することが可能であるため、他の阻害作用がない場合には種子の発芽、子苗の存続、さらに稚樹の成長も順調であらう。また粒状ムルなどを有するところで、なんらかの理由によつてクマイザサなどが枯死、消失した場合にはこの堆積腐植を構成する落葉やF層の分解はその性状から明らかなように速やかに進みよくし、その結果種子は容易に鉍質土壌表面に到達し、発芽、子苗の成長が進行するであらう。しかし存続する子苗が成長を続け、漸次その根系を鉍質土壌に侵入するにいたれば、堆積腐植ならびにこの下に存在する鉍質土壌の化学的性質が理学的性質とともにこれらの成長に対して大きな役割を演ずるにいたる。盤状ムルのごとく落下供給される植物遺体が容易にかつ完全に分解するものはこの植物遺体中の窒素その他の養分は土壌表層に分布する根系に容易に摂取利用されるであらう。また根網ムルはF層の性状とともにA₁層の有する理化学的性質から林木の成長は期待されうが、海綿状ムルのごときはその性状から将来の成長には大きな期待をもち得ないところである。また粒状ムルも前述の状態に遭遇したときには、この子苗の存続ならびに将来の成長には期待すべきものがあろう。ただかように稚樹が生立し、テックス状ムルのごとき堆積腐植が出現する場合には従前の堆積腐植の形態を基礎として、この林分に対する施業法の考慮が払われるべきである。すなわち根系の分布するA層の性状は従前の堆積腐植のA層の性質をうけ継いでいるため林木の成長もこれに支配されることが多いであらう。しかしこのままの状態を長く放置することはこの種堆積腐植の生成は林冠の強度の閉塞に原因が求められるため、林床上に異状の気象条件が導かれ、またテックス状ムルの存在のため、雨水は鉍質土壌中に浸透することから遮断され、地温は低下し、さらに落下した植物遺体は分解されることがなく堆積し、そのため養分の循環を阻害するにいたる。さらにムルの有する土壌瘠薄化作用を助長せしむるにいたる。海綿状ムルなどの分布する林地に生立する林木の生産を多く期待することは困難であると推測されるが、ところによつては環境の変化によるこの種堆積腐植の変化は樹種や林床植物の推移によりさらに促進され、漸次別の形態の堆積腐植が生成されるにいたり、その結果はその林地の生産力の上昇も考え得るところである。その他の各形態はおおの性質をことにしていることが明らかにされたところで、これに応じて林木の成長との関連性を求めることができるであらう。

以上のように堆積腐植の各形態はその形態を特徴づけるに十分な理化学的性質を有しており、しかも鉍質土壌と相互的關係のもとに密接な関連性を有している。このことは堆積腐植の形態が土壌生産力判定のひとつの基準たりうることを示すものであると同時にその形態は物理的性質と密接な關係を示し、本道針葉樹の天然更新に対して大きな役割を演ずる。さらに堆積腐植は環境の変化とともに容易に変化することはテックス状ムルの生成で明らかにされるところで、これらの変化は林地の生産力の将来への変化を暗示するものであり、将来の森林施業に対する基盤を示すものであろう。

従来本邦における堆積腐植の研究は全くなく、そのため堆積腐植に関しては諸外国の研究結果に依存するはかなかつた。しかるに諸外国の研究はおおのその気象的条件や植生のことなるところのものであり、本道のごとくこれら諸外国に全く見られないササ類が広く林床上を被覆し、林床状態がはな霏だしく

ことなるところの堆積腐植に対してこれらの結果をそのまま適用することは妥当性を欠くものであり、本道の堆積腐植に関する諸種の事象の解明に対しては本道独自の立場において形態の分類、これの性状に対する究明がなされ、しかしてここに本道の森林施業上適確な基礎資料を提供すべきで、この意味において本研究は本道の堆積腐植の解明の上に一石を投じ得たものと信ずる。

文 献

- 1) AALTONEN, V.: Boden und Wald. (1948)
- 2) ALWAYS, F. J. and R. ZON: Quantity and nutrient content of pine leaf litter. Jour. Forestry, 28, (1930) p.715.
- 3) ALWAYS, F. J. and M. HARMER: Minnesota glacial soil studies. II. The forest floor on the Wisconsin Drift. Soil Science, 23, (1927) p.57.
- 4) 青木茂一: 土壤化学, 第4編 (1949)
- 5) BERKMAN, A. H.: The pH values of some Texas soil and its relation to the incidence of certain woody plant species. Soil Science, 25, (1928) p.133.
- 6) BORNEBUSCH, C. H. and S. O. HEIBERG: Nomenclature of forest humus layers. Third International Congress of Soil Science. Oxford, England, (1935) p.259.
- 7) BRAUNS, F. E.: Native lignin. I. Its isolation and methylation. Jour. Amer. Chem. Soc., 61, (1939) p.2120.
- 8) BRAUN-BLANQUET, J.: Pflanzensoziologie. (1951)
- 9) BROADBENT, F. E.: Advances in agronomy. Vol. V, (1951)
- 10) BROADFOOT, W. M.: Forest soil studies: I. Relation of rate of decomposition of leaves to their acid-base balance and other chemical properties. Soil Science, 48, (1939) p.329.
- 11) CROSSLEY, D. I.: White spruce reproduction resulting from various methods of forest soil scarification. Canada Dept. Resources and Development Silvicult. Res. Note 102, (1952) Ottawa
- 12) ERDMANN: Die Grundlagen der Wirtschaftführung in der Oberförsterei Neubruchhausen (Jetzt Erdmannshausen) von 1892 bis 1924. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., 60, (1928) p.585.
- 13) ERTELD, W.: Rohhumusbekämpfung durch Kalkdüngung in Altenbecken. Forstarchiv, 8, (1932) p.301.
- 14) FALCK, R. und W. HAAG.: Der Lignin und Cellulose Abbau des Holzes, zwei verschiedene Zersetzungsprozesse durch holzbewohnende Fadenpilze. Ber. d. Deut. Chem. Gesell. LX., (1927) p.227.
- 15) FALCK, R.: Nachweis der Humusbildung und Humuszehrung durch bestimmte Arten höhere Fadenpilze in Waldböden. Forstarchiv, 6, (1930) p.366.

- 16) FISHER, G.M.: Comparative germination of tree species on various kinds of surface-soil material in the western white pine type. *Ecology*, 16, (1935) p.606.
- 17) 古畑要司: 厚岸地方におけるオンコについて, 北海道林業会々報, 43巻, (1930) p.39.
- 18) GANSSSEN, R., H.PFEIFFER, A. LAAGE und H.HALLER: Der Einfluss des Kalkgehaltes und der Azidität des Bodens auf das Wachstum der Holzarten im nordwestdeutschen Flottlehmgebiet. *Mitt. a. d. Lab. d. Preuss. Geol. Landesanst.*, H. 5, (1926)
- 19) GANSSSEN, R. H.: Ueber den jetzigen Zustand einiger älteren Kalkdüngungsflächen. *Forstarchiv*, 22, (1935) p.365.
- 20) GEDROIZ, K.K.: Adsorbierende Bodenkomplex. (1929)
- 21) GEIGER, R.: The Climate near the ground. *Trans. by M.N.STEWART*, (1951)
- 22) GEMMER, E.W., T.E.MAKI and R.A.CHAPMAN: Ecological aspects of longleaf pine regeneration in south Mississippi. *Ecology*, 21, (1940) p.75.
- 23) GORHAM, E.: The soil and vegetation of a western Trish Relict woodland. *Jour. Ecology*, 42, (1954) p.497.
- 24) GORTNER, R.H.: The organic matter of the soil: I. Some data on humus, humus carbon and humus nitrogen. *Soil Science*, 2, (1916) p.365.
- 25) GRANO, C.X.: Is litter a barrier to the initial establishment of shortleaf and loblolly pine reproduction. *Jour. Forestry*, 47, (1949) p.544.
- 26) GROSSKOPF, W.: Ueber die Umwandlung des Lignins im Humussäuren und Humine bei der Bildung von Humus und Braunkohlen aus Nadelholzarten. *Brennstoff-Chem.*, 7, (1926) p.293.
- 27) GROSSKOPF, W.: Stofflich und morphologische Untersuchungen forstliche ungünstiger Humusformen. *Tharan. forstl. Jahrb.*, 86, (1935) p.48.
- 28) HÄAGLUND, E.: Holzchemie. (1939)
- 29) HARTMANN, F.K.: Untersuchungen zur Azidität arkischer Kiefern- und Buchenstandorte unter Berücksichtigung typischer Standortgewächse als Weiser. *Zeitschr. f. Forst- und Jagdw.*, 57, (1925) p.321.
- 30) HARTMANN, F.: Forstökologie. (1952)
- 31) 服部正相: 北海道北部山岳地帯の原生林に関する研究, 北海道林業試験場報告, 19, (1950)
- 32) HEIBERG, S.O. and R.F.CHANDLER, Jr.: A revised nomenclature of forest humus layers for the northeastern United States. *Soil Science*, 52, (1941) p.87.
- 33) HELBIG, N. und C. JOUNG: Experimentelle Untersuchungen über Waldstreuzersetzung. *Allgem. Forst- u. Jagd-Ztg.*, 105, (1929) p.336.
- 34) HESSELMAN, H.: Studien über die Humusdecke des Nadelwaldes, ihre Eigenschaften und deren Abhängigkeit vom Waldbau. *Medd. f. Stat. Skogs. Anst.*, H.22 (1926)

- 35) HOCK, A. : Weitere Untersuchungen zur Humuscharakterisierung im Boden. Bodenk. u. Pflanzenernähr., 5, (1937) p.1.
- 36) HOCK, A. : Farbtiefe- und Farbtonwerte als charakteristische Kennzeichen für Humusformen und Humustype in Böden nach neueren Verfahren. Bodenk. u. Pflanzenernähr., 2, (1937) p.304.
- 37) HORSTMANN : Ueber den Einfluss des Moosdecke auf den Waldboden. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., 21, (1889) p.632.
- 38) HWANG, Y. : Freilandversuche über Stickstoffumsetzung und Aziditätsänderungen in verwesender Waldstreu. Forstw. Centralbl., 60, (1938) p.661.
- 39) IKENBERRY, G. J. : The relation of hydrogen-ion concentration to the growth and distribution of mosses. Amer. Jour. of Bot., 23, (1936) p.271.
- 40) 石原供三 : 天然林におけるトドマツ稚樹の消長と森林土壌との関係に対する研究, 北海道林業試験場報告, 12, (1933)
- 41) JOFFE, J. : Pedology. (1936)
- 42) KAPPEN, H. : Bodenazidität. (1929)
- 43) 川島緑郎 : 土壌の反応並にその石灰含有量と作物の生育について, 第 11 報, 赤松とヒノキの実生, 日土肥, 11, (1937) p.577.
- 44) 川島緑郎・陶山源一郎 : 森林樹種の生育と土壌反応並に石灰との関係について, 第 14 報, 秋田県におけるスギ, ヒバ, クロマツ林土壌, 日土肥, 16 (1942) p.451.
- 45) 北島君三 : 樹病学及木材腐朽論, (1942)
- 46) KITTREDGE, J. : Forest influences. (1948)
- 47) KNICKMANN, E. : Untersuchungen zur Frage der Bodenazidität. Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk., 5, (1925) p.1.
- 48) KÖHN, W. : Beiträge zur Frage Boden- und Humusbildung unter den Einfluss von Bodenflora und Holzarten. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw., 66, (1934) p.119.
- 49) 小坂次郎・本田親史 : 土壌型と腐植の形態との関係に関する研究 (第 6 報), 氷醋酸 : 無水醋酸 : 硫酸法 (Sulfacetolyseverfahren) について, 日土肥, 62, (1956) p.376.
- 50) KRAUSS, G. : Aziditätbestimmung in Waldböden. Forstw. Centralbl., 46, (1924) p.85, 137.
- 51) KRAUSS, G. : Ueber die Schwankungen des Kalkgehaltes in Rotbuchenlaub auf verschiedenem Standort. Ibid. 48, (1926) p.401.
- 52) KRAUSS, G. : Beiträge zur Klärung der Vegetationsbedingungen der Heide im allgemeinen und der Rohhumusbeugung, besonders der Buche in Neubruchhausen. Forstw. Centralbl., 45, (1923) p.173.
- 53) KRAUSS, G. u. W. GROSSKOPF : Methoden und Beispiele für den regionalen Vergleich der Humusaufgabe. Tharan. forstl. Jahrb., 79, (1928) p.325.
- 54) KÜHN, G. : Chemische Untersuchungen des Trockentorf. (1929)

- 55) 熊田恭一：腐植酸の形成に関する物理化学的研究（第 2 報），腐植酸の吸収スペクトル（その 1），日土肥，25（1955）p.217.
- 56) ————：腐植酸の形成に関する物理化学的研究（第 3 報），日土肥，25（1955）p.263.
- 57) KVAPIL, K. u. A. NEMEC : Beitrage zur Frage des Einflusses reiner Fichten- und Buchenbestände sowie durch die beide Holzarten gebildeter Mischbestände auf einige Eigenschaften der Waldböden. Zeitschr. f. Forst- und Jagdw., 57, (1925) p.193.
- 58) KVAPIL, K. u. A. NEMEC : Ueber den Einfluss des Lichtes auf einige physikalische und chemische Bodeneigenschaften in reinen Nadel- und Laubholzbeständen sowie gemischten Beständen. Centralbl. f. d. ges. Forstw., 53, (1927) p.127.
- 59) LANG, R. : Der Humus als Ganzes. Forstw. Centralbl., 54, (1932) p.389.
- 60) LANG, R. : Zur Gliederung der Formen des Humus. Transaction of the Third International Congress of Soil Science, Vol. 1. (1935) p.368.
- 61) LINDQUIST, B. : Biologische Untersuchungen in Buchenwald auf Møeus Klint. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences des Lettres de Danemark, Copenhagen, (1938)
- 62) LOWDERMILK, W.C. : Influence of forest litter on run-off, percolation and erosion. Jour. Forestry, 28, (1930) p.474.
- 63) LUNDBLAD, K. : Studies on podsoles and brown soils. II. Soil Science, 41, (1936) p.295.
- 64) LUNDEGÅRDH, H. : Höhere Pflanzen in ihrer Einwirkung den Boden. Blanck's Handbuch der Bodenlehre, VII, (1931) p.336.
- 65) LUNT, A. : The carbon organic matter factor in forest soil. Soil Science 32, (1931) p.27.
- 66) LUTZ, H. J. and R.F.CHANDLER, Jr. : Forest soils. (1947)
- 67) MAIWALD, K. : Organische Bestandteile des Bodens. Blanck's Handbuch der Bodenlehre. VII, (1931) p.113.
- 68) MATISON, S.A. : The law of soil colloidal behavior : IX. Amphoteric reactions and isoelectric weathering. Soil Science, 34, (1932) p.209.
- 69) 三宅康次・田町似信男：北日本における土壤の生成過程—気候的土壤型（第 1 報），日土肥，8，（1934）p.353.
- 70) ————・—————：北日本における土壤の生成過程—気候的土壤型（第 2 報），日土肥，15，（1941）p.459.
- 71) MOORE, B. : Influence of certain soil and light condition on the establishment of reproduction in northeastern conifers. Ecology, 7, (1926) p.161.
- 72) 中野 実：未発表
- 73) NORMAN, A.G. : The decomposition of lignin in plant materials. Transaction of

- the Third International Congress of Soil Science. (1935) p.105.
- 74) OELKERS, J.: Waldbau. Teil. I. (1951)
- 75) 大政正隆: プナ林土壌の研究, 林野土壌調査報告第1号, (1951)
- 76) 大杉 繁・西埴直久: アルミニウムの定量法及宇治地方茶園土壌の水溶性アルミニウムについて, 日土肥, **9** (1935) p.149.
- 77) 大杉 繁: 一般土壌学 (1942)
- 78) Ovington, J.D.: Studies of the development of woodland conditions under different trees. *Jour. Ecology*, 42, (1954) p.71.
- 79) Phillips, M., H.D. Weihe and N.R. Smith: The decomposition of lignified materials by soil microorganisms. *Soil Science*, 30, (1930) p.385.
- 80) Pomeroy, K.S.: The germination and initial establishment of loblolly pine under various surface soil conditions. *Jour. Forestry*, 47, (1949) p.541.
- 81) Pozdena, L.: Untersuchungen über den Aufbau der organischen Komponente von Humusböden unter besonderer Berücksichtigung kolorimetrischer Methoden. *Bodenk. u. Pflanzenernähr.*, 2, (1936/37) p.55.
- 82) Ramann, E.: The evolution and classification of soils. Trans. by C.L. Whittles. (1928)
- 83) Rayner, M.C.: The ecology of *Calluna vulgaris*. II. The calcifuge habitat. *Jour. Ecology*, 9, (1921-22) p.60.
- 84) Rheinwald, H.: Untersuchungen über die Reaktion Württem Waldböden. *Forstw. Centralbl.*, 50, (1928) p.105, 162, 192.
- 85) Robinson, G.W.: Soils. Their origin, constitution and classification. (1949)
- 86) Romell, L.G. and S.O. Heiberg: Types of humus layers in the forest northeastern United States. *Ecology*, 12, (1931) p.567.
- 87) Romell, L.G.: Mull and duff as biotic equilibria. *Soil Science*, 34, (1932) p.161.
- 88) Russell, E.I.: Soil conditions and plant growth. (1953)
- 89) Salisbury, E. J.: Stratification and hydrogen-ion concentration of the soil in relation to leaching and plant succession with special reference to woodlands. *Jour. Ecology*, 9, (1921/22) p.220.
- 90) 佐々木清一・石塚喜明: 北海道における土壌の風化過程について (第5報完) 北海道西南部における土壌の風化過程について, 日土肥, **25**, (1954) p.129.
- 91) 佐藤義夫: エゾマツ天然更新上の基礎要件とその適用, 北海道大学農学部演習林報告, **6**, (1929)
- 92) Sauerlandet, W.: Untersuchungen über Bildung und Zersetzung von Humus in Stalldünger und im Boden. *Pflanzenbau*, 2, (1929) p.434.
- 93) Scheffer, E. und P. Schachtschabel: Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. Teil. I. Bodenkunde, (1952)
- 94) Scheele, W., W. Schuntze und H. Spamdau: Ueber Huminsäuren. II. Mitteilung.

- Kolloid-Zeitschrift, 73, (1935) p.84.
- 95) SEKERA, F. : Gesunder und kranker Boden. (1951)
- 96) 関豊太郎 : 土壤学講義, 東京農業大学出版部, (1928)
- 97) 芝本武夫 : 森林土壤学, (1949)
- 98) SHIRLEY, H.L. : Improving seedbed conditions in a Norway pine forest. Jour. Forestry. 31, (1933) p.322.
- 99) SIMEK, B. : Neue Forschungsergebnisse in der Chemie der natürlichen Huminsäuren. Brennstoff-Chem., 9, (1928)
- 100) SIMON, K. : Ueber die Herstellung von Humusextrakten mit neutralen Mitteln. Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk., 14, (1929) p.252.
- 101) ——— : Ueber die Vermeidung alkalischen Wirkung bei der Darstellung und Reinigung von Huminsäuren. Ibid. 18, (1930) p.323.
- 102) ——— : Beiträge zur Unterscheidenden Charakterisierung von Huminsäuren und alkalilöslichen Ligninen. Ibid. 27, (1933) p.129.
- 103) ——— : Ueber die unterschiedliche Eigenschaften extrahierbarer Humussubstanze. Ibid. 34, (1934) p.144.
- 104) ——— : Die charakteristische Humusstoffe, ihre Beurteilung und Bedeutung in Stalldünger. Bodenk. u. Pflanzenernähr., 1, (1936) p.257.
- 105) ——— und H. SPEICHERMANN : Beiträge zur Humusuntersuchungsmethodik. Ibid. 8, (1938) p.129.
- 106) SOWDIN, F.J. and H.J. ATKINSON : Composition of certain soil organic matter fractions. Soil Science, 68, (1949) p.433.
- 107) SPRINGER, U. : Bestimmung und Charakterisierung der organischen Substanz im Boden. Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk., 12, (1928) p.309.
- 108) ——— : Neuere Methoden zur Untersuchungen der organischen Substanz im Boden und ihre Anwendung auf Bodentypen und Humusformen. Ibid. 22, (1931) p.135.
- 109) SPRINGER, U. : Neuere Methoden zur Untersuchungen der organischen Substanz im Boden und ihre Anwendung auf Bodentypen und Humusformen. Ibid. 23, (1932) p.1.
- 110) ——— : Die Organische Stoffe, besonders der echten Humusstoffe und ihre Zustandformen. Bodenk. Forschungen, 3, (1932) p.32.
- 111) ——— : Zur Kenntnis der Bindungsformen der Humusstoffe, besonders in Waldböden. Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Düng. u. Bodenk., 45, (1936) p.327.
- 112) ——— : Farbtiefe und Farbcharakter von Humusextrakten in ihrer Abhängigkeit von der Alkalikonzentration zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der Humustypen. Ibid. 34, (1934) p.1.
- 113) ——— : Zur Kenntnis einiger bekannter Handelhumusdüngemittel, ein Beitrag zur ihrer Beurteilung und Bewertung. Bodenk. u. Pflanzenernähr., 3, (1937) p.137.

- 114) ——— : Humusvorstufen und echte Humusstoffe. Ibid. 21/22, (1941) p.490.
- 115) ——— : Die Bestimmung der organischen, insbesondere der humifizierten Substanz in Boden. Ibid. 11, (1949) p.313.
- 116) STADNIKOW, G. und U. TITOW : Zur Kenntnis der Torfbitumina. Brennstoff-Chem., 9, (1928) p. 357.
- 117) STADNIKOW, G. und A. BAYSCHWEWA : Ueber die Zusammensetzung von Torfbildnern und Torfarten. Brennstoff-Chem., 11, (1930) p.21, 169.
- 118) STEBUTT, A. : Lehrbuch der Bodenkunde. (1930)
- 119) STICKEL, P.W. : Physiological characteristics and silvicultural importance of podsol soil. Ecology, 9, (1928) p.176.
- 120) SUCHTING, H., G. JOHN, G. DEINES, FRL., Br. MANURMANN, A. KUCHER und W. JESSEN : Ueber den Nachweis des Abbaues von Auflagehumus der Waldböden. Mitt. a. Forstw. u. Forstw. VI, (1935) p.173.
- 121) 高谷 実 : ユーニシカリ川における主要樹種の垂直分布, 石狩川源流原生林総合調査報告書, 旭川管林局, (1955)
- 122) TAMM, O. : Bodenstudien in der Nordswedischen Nadelwaldregion. Medd. f. Statens Skogs., H.17, (1920)
- 123) 館脇 操 : 屈斜路湖畔のオンコ林, 生態学研究, 2, (1936) p.97.
- 124) 館脇 操・田下英治 : オンコ林の群落的研究, 生態学研究, 3, (1937) p.279.
- 125) 館脇 操・山中敏夫 : アカエゾマツの北限地帯, 北海道林業会々報, (1938)
- 126) 館脇 操 : 主要樹種の分布限界(1), 北海道林業会々報, 37, (1939) p.83.
- 127) 館脇 操 : 主要樹種の分布限界 (2), 北海道林業会々報, 37, (1939) p.123.
- 128) ——— : 北方の植物, アルス, (1940)
- 129) ——— : 北日本森林樹種の分布, 北方林業会講演集, 1, (1940) p.1.
- 130) ——— : 樽前山の森林植物 (I), 御料林, 165, (1942) p.9.
- 131) ——— : アカエゾマツ林の群落的研究, 北大演習林研究報告, 13, 2, (1944)
- 132) 館脇 操・吹上芳雄 : 北限地方におけるヒバ林の植生, 函館管林局, (1951)
- 133) 館脇 操・菅原文雄 : アオトドマツ南限地帯の植生, 函館管林局, (1953)
- 134) 館脇 操 : 知床半島の植生, 北見管林局, (1954)
- 135) THIELE, H. und H. KETTNER : Ueber Huminsäuren. Kolloid-Zeitschrift, 130, (1953) p.131.
- 136) 内田丈夫 : トドマツ稚苗の苗床としての腐朽倒木, 特に褐色腐朽倒木に就いて, 北海道林業試験場時報, 31, (1941)
- 137) ——— : ドイツタウヒ造林地に於ける間伐の堆積腐植に及ぼす影響, 北海道林業試験場時報, 49, (1943)
- 138) ——— : トドマツ並にカラマツ造林地の堆積腐植に就いて, 同上, 49, (1943)
- 139) 内田丈夫・山本 肇 : トドマツ適地に関する研究, (第4報) 頓別地方におけるトドマツ林地の

- 土壤について, 林試北海道支場業務報告, 特別報告, 2, (1954) p.18.
- 140) WAKSMAN, S. A. : Principles of soil microbiology. (1927)
- 141) WAKSMAN, S. A. and F. G. TENNEY : The composition of natural organic materials and their decomposition in the soil : I. Methods of quantitative analysis of plant materials. Soil Science, 24, (1927) p.275.
- 142) WAKSMAN, S. A. and K. R. STEVENS : Processes involved in the decomposition of wood with reference to the chemical composition of fossilized wood. Jour. Amer. Chem. Soc., 51, (1929) p.187.
- 143) WAKSMAN, S. A. : Die chemische Zusammensetzung von Torfbildern und Torfarten und ihre Untersuchungsmethode. Brennstoff-Chem., 11, (1930) p.277.
- 144) WAKSMAN, S. A. and K. R. N. IYER : Contribution to our knowledge of the synthesis of the "humus nucleus." Soil Science, 34, (1932) p.43.
- 145) WAKSMAN, S. A. and K. R. N. IYER : Contribution to our knowledge of the chemical nature and origin of humus. IV. Ibid. 36, (1933) p.69.
- 146) WAKSMAN, S. A. : Humus. (1936)
- 147) WILDE, S. A. : Forest soils and forest growth. (1946)
- 148) WITTICH, W. : Kasten für Bodenuntersuchungen. Forstarchiv. (1927)
- 149) WITTICH, W. : Untersuchungen den Einfluss des Kahlschlages auf dem Bodenzustande. Mitt. a. Forstw. u. Forstw., I, (1930) p.438.
- 150) ——— : Untersuchungen in Nordwestdeutschland über den Einfluss der Holzart auf den biologischen Zustand des Bodens. Mitt. a. Forstw. u. Forstw., IV, (1933) p.115.
- 151) ——— : Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Waldes. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, Bd. 4, (1952)
- 152) ——— : Untersuchungen über Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit starker Regenwurmtätigkeit. Ibid. 9, (1953)

**An Investigation of the Forest Humus
Layers of the Needle-leaved Forest in Hokkaido**

Takeo UCHIDA

(Résumé)

The forest humus layers in the needle-leaved forest were classified on the basis of their morphological features and were analyzed as to their physical and chemical properties to get information on the forest treatment in Hokkaido.

1. According to the result of the present investigation the forest humus layers in the needle-leaved forest in Hokkaido may be morphologically classified into three basic types which are named as follows:

1. Mull: Below litter, there develops a thin F-layer, which consists of finely disintegrated plant remains still recognizable as to origin; as a rule H-layer does not develop. Black amorphous organic matter is incorporated with mineral soil. Transition to low horizon is not sharp. According to the morphological characters of A₁-horizon this is subdivided as follows:

1a. Crumb mull: This is readily recognized by the crumb- or granular-structure of A₁-horizon. F-layer is thin and consists of pieces of plant remains, partly interwoven with hyphae of fungi.

1b. Firm mull: Litter and F-layer are thin, and the zone of incorporated humus is compact.

1c. Root mull: This is readily recognized by the crumb- or granular-structure of A₁-horizon, which is permeated by an intense network of roots of ground cover vegetation. F-layer is usually thick.

2. Moder: This type is variable, but usually consists of a thin F-layer above the H-layer that develops distinctly. Below the H-layer lies A₁-horizon colored with the incorporated humus. Transition to low horizon is not sharp. By the morphological characters of H-layer this basic type is subdivided as follows:

2a. Grain moder: F- and H-layer are thin, and H-layer has a crumb structure; also A₁-horizon has a crumb- or granular-structure.

2b. Pasty moder: F-layer is thin; H-layer distinctly develops and may be of an amorphous nature with slippery consistency when wet.

2c. Powdery moder: Usually thick, H-layer has the appearance of fine black or black-brown sawdust.

3. Mor: This basic type is thick, and F-layer is usually matted or compacted and then humus layer of unincorporated organic matter is distinctly delimited from the mineral soil. According to the morphological characters of F-layer this basic type is subdivided as follows:

3a. Matted mor: F-layer consists of partly decomposed remains of vegetation. It is interwoven with hyphae of fungi or is compacted. H-layer is similar to the H-layer in the pasty moder.

3b. Detritus mor: This type usually consists of thick F-layer formed of fine pieces of plant remains, but it is relatively loose. H-layer does not develop appar-

ently but is recognized to a slight extent below the F-layer.

3c. Spongy mor: F-layer is thick and porous as sponge. It is relatively wet usually. H-layer does not develop apparently.

3d. Tex mor: F-layer consists of more or less decomposed plant remains still recognizable as to origin and is interwoven with a large number of fungal hyphae. It is compact or tough, and can easily be separated from the surface of mineral soil by cutting with a sharp instrument.

II. The relations between these types of forest humus layers classified in this investigation and the species of the conifers and the dominant ground cover vegetation on these forest humus layers are as follows:

1. Mull: The mull types are widely found in the forest of Sakhalin fir and Jezo spruce. The crumb mulls are found in the forest of Sakhalin fir, the under layers of which are dominated by *Sasa paniculata*, *Dryopteris austriaca* or *Carex sachalinensis*; the firm mulls are found in the forests of Sakhalin fir mixed with the deciduous trees, the under layers of which are dominated by *Sasa paniculata*; the root mulls are found in the forests of Glehni's spruce-Jezo spruce or Jezo spruce-Sakhalin fir, the under layers of which are usually dominated by *Carex sachalinensis*, partly by *Dryopteris amurensis*.

2. Moder: The Grain moder is found under the forest trees the same as those of the root mulls and the dominant ground cover vegetation is *Sasa paniculata*, *Sasa kurilensis* or *Carex sachalinensis*; the pasty moders are found in the same type forest as above mentioned, the under layers of which are dominated by *Sasa paniculata* or *Dryopteris amurensis*; the powdery moders are found in the forest of Glehni's spruce-*Acer ukurunduense*, or in the forest of Sakhalin fir-*Dryopteris austriaca*.

3. Mor: The matted mors are found in the forests of Glehni's spruce with Jezo spruce or the forests of Jezo spruce with Sakhalin fir, the under layers of which are dominated by *Carex sachalinensis* or *Dryopteris amurensis*. The detritus- and spongy mors are found in the forests of Glehni's spruce with Sakhalin fir or the forests of Glehni's spruce, the under layers of which are dominated by mosses, *Dryopteris austriaca* or Ericaceous plants; tex mors are found especially in the old forests of Glehni's spruce, under which many young Sakhalin firs are seen.

As above described the mulls and the moders develop in the needle-leaved forests in Hokkaido. There are distinct relationships between these forest humus layers and the dominant ground cover vegetation such as *Sasa paniculata*, *Carex sachalinensis*. There seems to be an important rôle of these ground cover vegetation in respect to the types of the forest humus layers in the needle-leaved forests in Hokkaido.

III. Water holding capacity and moisture content of fresh samples of the several forest humus layers were determined.

It was found that the volume weight of the forest humus layers seems to be nearly in the reverse relation to the water holding capacity and also to the moisture of fresh samples. The highest water holding capacity is found in the spongy mor, which has the lightest volume weight of all types, and this capacity decreased in the order: Matted mor, tex mor and root mull. The crumb mull containing mineral

matter has the least volume weight.

IV. With respect to the chemical properties of the forest humus layers in the needle-leaved forests, pH value, exchangeable CaO content and degree of unsaturation were analyzed. Yet this exchangeable CaO in the F-layer is interpreted as a source.

According to the results, each layer of the mulls, except the firm mulls, shows high pH, high exchangeable CaO content and very low degree of unsaturation. The moders show slightly low pH, low exchangeable CaO content and higher degree of unsaturation than the mulls. Mors in pH and the exchangeable CaO content show similar results to those of the moders, and variable degrees of unsaturation. At A-horizon a part of the mors shows the lowest exchangeable CaO content and the highest degree of unsaturation of these values in these basic humus layer types.

The subdivisions of mull:

a) Crumb mull: The pH value and the exchangeable CaO content of each layer are higher than those of the other mulls, and the degree of unsaturation is the lowest of the mulls.

b) Firm mull: pH of the F-layer is higher and the exchangeable CaO content is lower than the crumb mull, and the degree of unsaturation is higher than the crumb mull; pH and exchangeable CaO content of the A-horizon are the lowest of the mulls, but the degree of unsaturation is the highest.

c) Root mull: pH and exchangeable CaO content are slightly lower than the crumb mull, and the degree of unsaturation is the highest of the mulls. The pH value of the A₁-horizon is slightly lower than the crumb mull, the exchangeable CaO content is the highest of the mulls, and degree of unsaturation is slightly higher than the crumb mull.

The subdivisions of moder:

a) Grain moder: The pH value of the F-layer is the highest of the moders, the exchangeable CaO content is variable. The pH of the H-layer resembles that of the H-layer of the two other moders, the exchangeable CaO content is generally lower than that of the two others, and also the degree of unsaturation lower than the values of the others. At the A₁-horizon pH is similar to pH of the two others, the exchangeable CaO content is generally lower and the degree of unsaturation relatively higher than that of the two other moders.

b) Pasty moder: pH of the F-layer is lower than the grain moder, and the exchangeable CaO content resembles that of the F-layer in the grain moder; the degree of unsaturation is higher than the grain moder. pH of the H-layer resembles that of the two other moders, the exchangeable CaO content is higher than the grain moder and also the degree of unsaturation is higher than the grain moder. pH of the A₁-horizon resembles that of the two others, the exchangeable CaO content is higher than the grain moder and the degree of unsaturation is lower than the grain moder.

c) Powdery moder: The F-layer under the forest of Glehni's spruce, the under layers of which are dominated by *Acer ukurunduense*, shows the lowest pH value of this basic type, slightly high exchangeable CaO content, and the highest degree of unsaturation of the moders. The H-layer shows very low pH value, relatively high exchangeable CaO content and similar result in degree of unsaturation to that of the

grain moder. The A₁-horizon shows the lowest pH value of the moders, a higher degree of unsaturation than the two others, and a similar content of exchangeable CaO to that of the grain moder. The F-layer under the forest of Sakhalin fir shows similar chemical properties to the F-layers of the two other moder, while the H-layer shows similar pH value and exchangeable CaO content to that of the two others, but lower degree of unsaturation than that of the others. The pH of A₁-horizon is similar to that of the two others, the exchangeable CaO content is richer than the two others, and the degree of unsaturation resembles that of the pasty moder.

The subdivisions of mor :

a) Matted mor : The pH of the F-layer is the highest of the mors, and also the exchangeable CaO content is generally higher, while the degree of unsaturation is lower than that of the other mors. The H-layer shows high pH value, high exchangeable CaO content and comparatively higher degree of unsaturation. The A-horizon shows high pH value, the highest exchangeable CaO content of the mors, and a low degree of unsaturation.

b) Detritus mor : The pH value and exchangeable CaO content of the F₁-layer respectively resemble those of the spongy mor, while the degree of unsaturation resembles that of the matted mor. pH of the F₂-layer is also similar to that of the other mors, but the degree of unsaturation is slightly lower than that of the others. pH of the A-horizon is the lowest of the mors, the exchangeable CaO content is low but the degree of unsaturation is the highest of the mors.

c) Spongy mor : The pH and the exchangeable CaO content of the F₁- and F₂-layers resemble those of the detritus mors, and the degree of unsaturation is higher than the detritus mors. pH of A-horizon is slightly higher than the detritus mors, the exchangeable CaO content is lower, and the degree of unsaturation is slightly higher than that of the other mors, except the detritus mors.

d) Tex mor : At the F₁-layer the pH is relatively high, the exchangeable CaO content is also generally high, and the degree of unsaturation is high. At the F₂-layer, pH resembles that of the other mors, the exchangeable CaO content is slightly high and the degree of unsaturation is low. At the A-horizon one sample shows pH near that of A₁-horizon in mull and another sample resembles that of A-horizon of matted mor, the exchangeable CaO content and the degree of unsaturation show similar conditions to those of pH value.

In spite of the dominance of the same species of ground cover vegetation, there developed the different types of forest humus layers. As for the cause it seems to have been affected by the CaO content in the surface of mineral soil.

In Hokkaido, mull and moder are distributed widely in the needle-leaved forests. For these conditions the remains and the roots or rhizomes of such dominant ground cover vegetation as *Sasa paniculata*, *Carex sachalinensis* and ferns will play the important rôles in place of the remains of the broad-leaved trees, especially *Sasa* plays the most significant rôle in view of its wide distribution in these forests.

V. Organic matter content, N/8 NaOH-soluble and N/8 NaF-soluble organic fractions were determined for comparison quantitatively and qualitatively in the organic matter of each of the types of the forest humus layers.

According to the results, the F-layer of mulls contains low organic matter, and the decomposition of the organic matter is similar to that in the other F- or F₁-layers. In A₁-horizon of the mulls the organic matter content is near that of the other types with a few exceptions, and the decomposition of the organic matter proceeds more rapidly than in any of the others. The organic matter content in the H-layer of moders is lower than that of the F₂-layers in the mors, and the decomposition of the organic matter is more rapid than in the F₂-layers of the mors. The A₁-horizon of the moders contains similar content of organic matter to that of the A₁-horizons of the mulls, and the decomposition of the organic matter in the A₁-horizons of the moders is slower than that of the mulls. The organic matter content of the F₁-layers of the mors is abundant, and the decomposition of such matter in these layers shows similar extent to that of the other F-layers. The F₂-layers of the mors also contain abundant organic matter, but the decomposition seems to be slower than in the H-layers. The organic matter content of A-horizons in the mors is variable and the condition of the decomposition of the organic matter is also variable.

The subdivisions of mull :

- a) Crumb mull : The F-layer contains similar amounts of the organic matter to those of the other mulls, and also the decomposition of the organic matter proceeds without difference to that of the other mulls. The organic matter content in the A₁-horizons varies from 10 to 20 per cent in dry matter, and the decomposition of the organic matter is rapid.
- b) Firm mull : The organic matter content in the A-horizon varies from 9 to 16 per cent in dry matter and its decomposition is very rapid.
- c) Root mull : The A₁-horizon is rich in organic matter, and its decomposition is more or less slow.

The subdivisions of moder :

- a) Grain moder : In the F-layer the organic matter content and its decomposition are similar respectively to those of the other moders ; the H-layer is richer in organic matter than the pasty moders, and the decomposition of the organic matter is slower than it is in the pasty moders. In the A₁-horizon the organic matter content varies from 12 to 22 per cent in dry matter, and its decomposition is slower than that of the pasty moders.
- b) Pasty moder : In the H-layer the organic matter content is low, and its decomposition is rapid. In the A₁-horizon the organic matter content is more or less low, and its decomposition is generally rapid.
- c) Powdery moder : In the F-layer under the forest of Glehni's spruce the organic matter content is the most abundant amongst the moders, and its decomposition is more or less slow. In the A₁-horizon the organic matter content is richer than that of the other moders, and its decomposition is relatively slow.

The subdivisions of mor :

- a) Matted mor : In the F-layer the organic matter content is more or less poorer than that of the F-layers in the other mors. In the H-layer the organic matter content is lower than that of the F₂-layers in the other mors, and the decomposition of such matter is relatively rapid. The organic matter content in the A-horizon is low and its decomposition is relatively rapid.

b) Detritus mor: In the F_1 -layer the organic matter content is high, and its decomposition seems to be rapid. The organic matter content in the F_2 -layer is high and its decomposition is similar to that of the F_2 -layers in the other mors. In the A-horizon the organic matter content is relatively high, and the decomposition of the organic matter is relatively rapid.

c) Spongy mor: The organic matter in the F_1 -layer is abundant, and the decomposition is more or less slow. In the F_2 -layer the organic matter content is relatively low and the decomposition is similar to that of F_2 -layers in the detritus mors. In the A-horizon the organic matter content is very low and also its decomposition is slow.

d) Tex mor: The F_1 - and F_2 - layers contain abundant organic matter, and the decomposition of the organic matter is slow in both the layers. In the A-horizon the organic matter content is high or low. When it is high, the decomposition of the organic matter proceeds slowly and when low, the decomposition seems to be rapid.

VI. The N/10 NaOH-soluble organic matter from the brown rotted wood is soluble in N/8 NaF solution and acetate-buffer solution. These alkali- and N/8 NaF-soluble organic matters can be separated into A- and B-types by means of $MgSO_4$. The N/8 NaF-soluble organic matter from each layer of the forest humus layers shows similar light absorption ($\log k$) at the several wave lengths to that of the above-mentioned organic matters from the brown rotted wood. When these organic matters from the forest humus layers are sulfacetolysized by SPRINGER's method, they are mostly soluble, except the A-type of the N/8 NaF-soluble organic matters from the A_1 -horizons of the crumb mull, the root mull and the grain moder.

According to the results for these organic matters in the forest humus layers, the matters are considered to be mainly composed of rotted products; when these are peptized with the NaF-solution, they can be separated into A- and B-types by the treatment with $MgSO_4$ according to diameter of colloidal particles. The contents of the A- and B-type differ in each of the forest humus layers. At the A_1 - and A-horizons, the mull types, except the firm mull, contain slightly higher amount of the B-type than the A-type in the N/8 NaF-soluble organic matter, the moder types contain the higher amount of the B-type than the A-type, and also the mor types contain the higher amount of the B-type than the A-type. Especially the spongy mor or the tex mor shows 90 or more percentage of the B-type in the N/8 NaF-soluble organic matter.

Accrding to the results of these analyses, it may be concluded that in the A-horizons of the mors the organic colloidal material of small diameter particles in the form of rottedproduct is rich under the base unsaturated condition.

VII. The features of the forest humus layers are an important factor for the natural regeneration of needle-leaved forest, because the seeds of the needle-leaved trees germinate directly in these layers. If the seed bed is unfavorable for the germination, excellent germination can not be expected. The forest humus layers on which *Carex sachalinensis* or mosses occur as the dominant plants, are favorable seedbeds. Such favorable seed beds result from the features and the physical

properties of these forest humus layers and such morphological characters for the dominant plants as low growth and rhizomes and roots developed among the humus layers. After the germination, the growth of trees depends upon the physical and chemical properties of soils, then mull or moder supplies more favorable conditions than the mor type.

図 版 説 明

Plate 1

- | | |
|-------------------------|----------|
| a) クマイザサを優占種とする植生 | [5] 調査地 |
| b) ゴンゲンスゲを優占種とする植生 | [21] 調査地 |
| c) オクヤマシダを優占種とする植生 | [27] 調査地 |
| d) 蘚類を優占種とする植生 | [24] 調査地 |
| e) " | [29] 調査地 |
| f) 衆落をつくる植物がない無植被 | [25] 調査地 |

Plate 2

- | | | |
|--------------------|-------------|---------|
| a) 粒 状 ム ル | 層 雲 峽 経 営 区 | 151 林 班 |
| b) " | 苫 小 牧 経 営 区 | 317 林 班 |
| c) 盤 状 ム ル | 築 別 経 営 区 | 76 林 班 |
| d) 根 網 ム ル | 層 雲 峽 経 営 区 | 95 林 班 |
| e) 根 網 ム ル | 層 雲 峽 経 営 区 | 95 林 班 |
| f) 粒 状 モ ダ ー | 苫 小 牧 経 営 区 | 327 林 班 |
| g) 毛 布 状 モ ル | 頓 別 経 営 区 | 47 林 班 |
| h) " | 苫 小 牧 経 営 区 | 302 林 班 |
| i) 細 屑 状 モ ル | 南 湧 別 経 営 区 | 92 林 班 |
| j) 海 綿 状 モ ル | 層 雲 峽 経 営 区 | 95 林 班 |



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

— Plate 2 —

