

堆積腐植の分解に関する研究 (1)

エゾマツ人工林における堆積腐植の分解と土壤 浸透水の成分に及ぼす石灰・尿素施肥の効果

塩 崎 正 雄⁽¹⁾・永 桶 留 蔵⁽²⁾

Masao SHIOZAKI and Tomezô NAGAOKE: Study of Humus Layer Decomposition (1)
Effect of calcium and urea fertilizer application on the decomposition of humus
layer and the infiltrated soil water in the Yezo spruce (*Picea jezoensis*) stand

要 旨：林床にMor型堆積腐植の発達した閉鎖エゾマツ人工林に炭酸石灰および尿素を連年施肥し、堆積腐植の分解に及ぼす効果を検討した。なお、土壤浸透水の成分の時期的変化を連続調査するとともに、堆積腐植の起源である落葉落枝量についても測定を行なった。その結果、次のことが明らかにされた。

1) 落葉落枝量は年により差があるが、施肥区は対照区よりわずかに多かった。落葉落枝は春～夏にはほとんどなく、9～11月に落葉は年間量の約2/3、落枝は約1/2が落下した。落枝は全体の13～25%を占めていた。2) 土壤浸透水のpHは施肥後のある時期に一時的に低下するが、その他の時期には、対照区と大差がなく、ほぼ6前後で終結した。土壤浸透水によって流出する成分のうち、C、N、およびK₂Oは、施肥区で施肥後の一時期に増加することがあるが、その他の時期には対照区と大差がないか、むしろ少なく、年間溶出総量は第2年以降、CとK₂Oは施肥区の方が少なく、Nは施肥と対照区で明らかな差はなかった。CaOはこれらとことなり、施肥区での溶出の増加は施肥後約90日間持続し、年間溶出総量は対照区よりいじりしく大きく、施肥した石灰の約半量が溶出した。3) 堆積腐植の分解は炭酸石灰および尿素的施肥により促進され、とくにH層においていじりしく、施肥区のH層の量は対照区の1/2になった。しかし、堆積腐植の形態上の変化は認められなかった。4) 堆積腐植(L, F, H)および鉾質土層(A層)の化学的性質は施肥により大きく変化した。すなわち、各層位とも、pHは上昇し、置換性石灰の濃度は高まった。塩基置換容量は堆積腐植の各層位で増大し、CおよびNの含量はA層でいじりしく増大した。また腐植酸のうち、フミン酸群の占める割合が各層位とも増大し、とくにF、H層でいじりしい。

I は じ め に

エゾマツ、トドマツなど単一樹種で構成され、林冠がすでに閉鎖している人工造林地の地表には、しばしば堆積腐植が厚く発達する。

こうした堆積腐植の発達には温度、水分などが大きく関係しているといわれており¹⁾²⁾、さらに、林地に還元された植物遺体の性質³⁾も、堆積腐植生成の一要因であるとして、内川²⁴⁾は北海道のエゾマツ、トドマツの葉とクマイザサの葉を比較し、エゾマツ、トドマツのセルロース含有量は約16%で、クマイザサにくらべて少ないが、リグニンは約50%と非常に多く、加えてロウ質物を含んでいるため、クマイザサの葉に比較し、これらの分解はおくれることを指摘している。

以上のことから、林地における堆積腐植の発達は、一般に環境と植物材料の性質との、相互的な関連によって規制されるとみなされる。

堆積腐植の過度の発達は土壤を酸性化⁹⁾させ、また養分の循環に支障をきたすことになるので、造林上

1970年12月11日受理

(1)(2) 北海道支場

好ましくないと考えられる⁷⁾²¹⁾²³⁾。その発達を人為的にコントロールする可能性を知るために、土壌の酸性を弱め、微生物の繁殖活動を盛んにすると考えられる炭酸石灰と、林木の成長促進をも含めて、尿素の施肥を行ない、その変化を追求した。

この報告は、エゾマツ人工林無間伐林下のものを取りまとめたもので、エゾマツ間伐林およびトドマツ人工林で同時に行なった結果については、後日報告の予定である。

この試験を進めるにあたり、何かとご援助下さった苫小牧営林署の関係各位、またいろいろとご指導、ご協力を賜った林業試験場北海道支場造林部長土井恭次、土じょう研究室長（現在同支場造林第1研究室長）原田 洸博士に厚くお礼申し上げます。

II 試験地の概況

試験地は1963年5月、札幌営林局苫小牧営林署、苫小牧事業区204林班のエゾマツ人工林に設定した。

試験地の西方約6kmにある支笏観測所の4か年の平均気温は6.8°Cで、総降水量の年平均は1,756mmである¹³⁾。

地形は火山砂礫台地平坦面で、海拔100mに位置し、土壌は樽前山(1,024m)の噴火による降下堆積物を母材とし、隆下年代および粒径を異にする浮石層が、互層に約1.5mの厚さに堆積する未熟な土壌である。

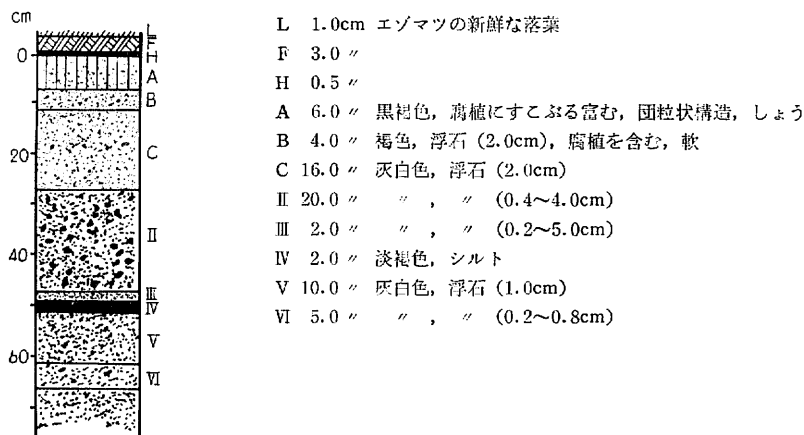


Fig. 1 土 壌 断 面
Soil profile.

エゾマツは1926年の植栽で、試験開始時の1963年（林齢37年）には平均直径14cm、樹高平均約10mの生育を示し、一度も間伐が行なわれていない。

相対照度は林内1.7%（1968年6月の快晴）を示し、林床植生はオシダ、シラネワラビ等が疎生するのみで、地表面はエゾマツの落葉落枝からなる、Mor型³⁾²⁴⁾（細屑状モル）の堆積腐植によりおおわれている。

III 試験区および処理

試験地面積は 0.25ha (50m×50m) で、施肥区、対照区の 2 区 2 回反復とし、1 区面積 25m×25m に区画した。施肥区には毎年施肥を行ない、現在に及んでいる。

第 1 回の施肥は 1963 年 5 月に行なった。炭酸石灰の施肥量は、堆積腐植の重量および加水酸度から決め、1 区当たり 24kg (384kg/ha 相当量) とし、尿素は WEETMAN²⁶⁾ の資料を参考にして、1 区当たり 5kg (80kg/ha 相当量) とし、両者を手で地表面に散布した。

2 年目以降の施肥は、炭酸石灰は第 1 回と同じ量を、また尿素は 1 区 10kg (160kg/ha 相当量) に増量し、毎年 5 月中〜下旬のあいだに散布するようにした。

IV 測定および試料採取方法

IV-1. 気温と地温

試験地の林内と、この林に隣接した裸地 (天然林伐採後放置され数十年を経たもので、現在ヨモギ、禾本科草本、ヤマブドウなどの叢生地となっている) で各 1 か所、地表面上 20cm にルサフォード型最高・最低温度計を設置し、毎月 25 日を原則に過去 1 か月の最高・最低気温を、毎回 13〜14 時のあいだに観測した。

地温は、気温の観測点で、地表面下 5cm と 10cm の深さに曲管温度計を埋設し、気温観測のつど観測した。

IV-2. 落葉落枝量

落葉落枝量を季節的に調べるため、林内の各区に 1 か所、深さ 10cm、面積 1m² の木わくの底面にクレモナ寒冷紗 #600 を張ったトラップを地表面に置き、毎月の落葉落枝量を測定した。ただし、積雪期間の 12〜4 月は一括して 4 月末に測定した。

IV-3. 土壌浸透水

土壌浸透水の量と、若干の化学性を調べる目的で、林内の各区およびこの林に隣接した裸地にそれぞれ 3 か所、Fig. 2 の装置を設置した。

ポットへの土壌充填は、ポットを底面から 5cm 上で輪切りにし、円筒部を自然状態が破壊しないよう土壌中に差し込み、ふたたび底部を接続し、ビニールテープで接着した。

このポットは地表面まで埋め、おもに降雨による土壌浸透水をビニールパイプで貯水びんに導き、浸透水量を測定した。浸透水量の測定とこの化学分析は毎年 5 月から 10 月まで、毎月 1 回行なった。

IV-4. 堆積腐植および鉍質土壌

土壌は 10 月下旬、各区の 2 地点で次のように採取した。

堆積腐植は 50cm×50cm の面積を切りとり、層位別に重量測定を行ない、一部を風乾にしたのち、ワイレー粉砕器で 1mm 以

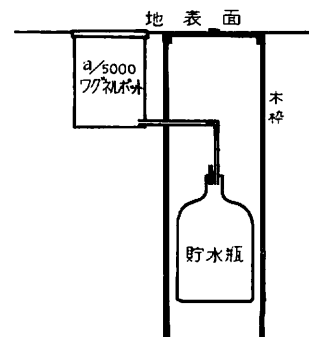


Fig. 2 簡易ライシメーター装置
The simplified lysimeter.

下に粉碎したものを分析に供した。鉍質土壌はA層のみを採取し、風乾にしたのち2mmの篩を通過したものを分析試料とした。

V 分 析 方 法

V-1. 土壌浸透水

毎月1回貯水量を調べた土壌浸透水のうち、同一処理区は混合し、一定量を実験室にもち帰り、直ちに磁製口過管(G4)で吸引口過し分析に供した。

pH: ガラス電極法

N (窒素): 500ml を分取し、少量の濃硫酸を加え、加熱濃縮したのち50ml 容ケルダール分解フラスコで分解後、セミ・マイクロケルダール法で定量⁽⁴⁾⁽¹²⁾。

C (水溶性有機物): 200ml を分取し、0.1N-過マンガン酸カリウム25mlを加え、15分間湯煎中で加熱後0.1N-シュウ酸と0.1N-過マンガン酸カリウムで逆滴定し、0.1N-過マンガン酸カリウムの消費量に0.45を乗じてCとした⁽⁸⁾⁽¹⁹⁾⁽²⁴⁾。

K₂O (カリ), CaO (石灰), P₂O₅ (リン酸): 少量の濃硫酸を加えたのち、K₂Oは炎光法⁽¹⁹⁾、CaOは50ml を分取し、NN指示薬を用い0.01M-EDTAで滴定⁽¹¹⁾⁽¹⁹⁾、P₂O₅は硫酸モリブデン法による比色定量を行なったが、いずれもこん跡であるため、2年目以降はP₂O₅の定量を省いた。

V-2. 堆積腐植および鉍質土壌

pH: H₂OおよびKClとも、有機質試料は1:5、鉍質土壌は1:2の割に加え、24時間後にガラス電極法。

C, N: 柳木C-Nコーダー。

置換性K, Ca: 試料にN-酢酸アンモニウムを加え、20°Cの定温器に入れ24時間後に吸引口過し、残渣をふたたびN-酢酸アンモニウムで十分洗浄後、湯煎上で蒸発乾固し塩酸發性で定容にしたものを、Kは炎光法、CaはNN指示薬を用い0.01M-EDTAで滴定⁽¹⁾⁽⁸⁾。

CEC (塩基置換容量): 試料にN-酢酸バリウムを加え、20°Cの定温器に入れ24時間後に口過、残渣に塩酸を加えたのち蒸留水で洗浄し、口液に硫酸を加え、硫酸バリウムとして定量⁽¹³⁾。

腐植酸: 試料に0.25N-フッ化ナトリウムを加え、20°Cの定温器に入れ、24時間後に0.125N-フッ化ナトリウムになるよう蒸留水を加え、ふたたび定温器で24時間放置。48時間後に遠心分離器で抽出液を分離し、抽出液の一定量を0.1N-過マンガン酸カリウムの消費量で、フッ化ナトリウム可溶性腐植酸とし、別の一定量には少量の濃硫酸を加えフルボ酸群とフミン酸群に分割し、それぞれ0.1N-過マンガン酸カリウム消費量で定量した⁽⁴⁾⁽⁸⁾⁽²⁴⁾。

VI 結 果 と 考 察

VI-1. 気温と地温

堆積腐植の分解に与する微生物の活動は、温度との関係⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾⁽²³⁾が深いことはすでに知られている。

支笏湖測所⁽¹⁹⁾の毎月平均気温を、1963年から1968年までの6か年、5~10月まで6か月につき、月平均値を求めたものがFig. 3である。

1967年から試験地の林内と裸地で、地表面上20cmの最高・最低気温を観測した結果はFig. 4のと

りである。

2 か年を通じて平均気温が最も高いのは、7 月下旬から 8 月下旬の期間にある。

また、林内と裸地との平均気温の比較では、5 月以降林内は裸地に同じか $0.2 \sim 6.8^{\circ}\text{C}$ 低い平均気温を示している。

1968 年 5 月 25 日から 6 月 25 日までの期間を除くと、林内の最高気温は、観測期間を通じ裸地より常に $2.0 \sim 8.5^{\circ}\text{C}$ 低く、最低気温は 1968 年の秋季を除くと、裸地より常に $1.5 \sim 4.0^{\circ}\text{C}$ 高いことが認められる。

林内地温は Table 1 でみられるように、10 月 22 日を除くと裸地よりいずれも低く、地表面下 5cm および 10cm の深さでそれぞれ $1.5 \sim 8.0^{\circ}\text{C}$ 低いことが求められた。

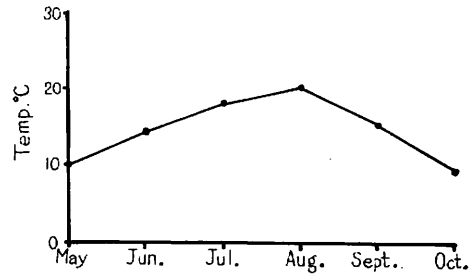


Fig. 3 平均気温 (最高・最低平均)
Mean air temperature.

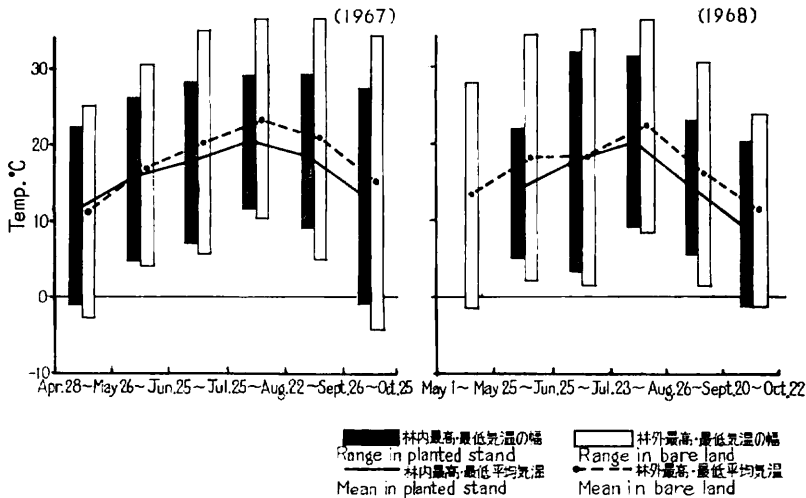


Fig. 4 造林地内外の気温
Atmospheric temperature in planted stand and bare lands.

Table 1. 造林地内外の地温
Temperature of soil in the planted stand and bare land (in 1968)

深度 Depth 月日 Date	林 内 Planted stand		裸 地 Bare land	
	5cm($^{\circ}\text{C}$)	10cm($^{\circ}\text{C}$)	5cm($^{\circ}\text{C}$)	10cm($^{\circ}\text{C}$)
May 1	3.5	2.0	11.0	10.0
May 24	3.5	8.0	13.0	11.0
Jun. 24	12.5	11.5	19.0	16.0
Jul. 23	18.5	17.5	21.5	20.0
Aug. 26	16.0	15.5	18.5	17.0
Sept. 20	16.0	15.5	17.5	17.0
Oct. 22	6.5	7.0	4.5	5.5

深度は地表面からの深さ。

芝本¹⁷⁾は有機物の分解と温度との関係について、30~35°C の範囲が有機物の分解に適した温度であるとのべ、COMBER²⁾によれば硝酸化作用は 25~32°C の間で著しいとしている。

当試験地で堆積腐植の分解に関与する温度は、高温期間が短く、林内は裸地より一般に平均気温が低く地温もまた低い傾向にあり、堆積腐植の分解は温度条件からみても、緩慢であることが認められる。

VI-2. 落葉落枝量

林床に発達した、堆積腐植のおもな構成物であるエゾマツの葉、枝の落下量を1964年5月から1968年4月までの4年間測定した結果は Table 2 のとおりである。

年により落葉落枝量に変動はあるが、施肥区は 3.04~4.70 ton/ha・year (以下いずれも ton/ha・year)、対照区は 3.05~4.66 ton の範囲にあり、1964年を除くと、施肥区の落葉落枝量は対照区に等しいか上回り、

Table 2. 年間落葉落枝量

Annual amount of fallen needles and twigs (ton/ha)

区 Block	May 1964 ~Apr. 1965	May 1965 ~Apr. 1966	May 1966 ~Apr. 1967	May 1967 ~Apr. 1968	平 均 Average
施 肥 区 Fertilized	4.32	4.70	3.04	4.48	4.14
対 照 区 Cont.	4.66	3.88	3.05	3.81	3.85

(風乾重 Weight of air dry matter)

Table 3. 施肥区における落葉落枝量の季節変化

Seasonal variation of fallen needles and twigs in fertilized block (ton/ha)

月 Month	区 分 Distinction	May 1964 ~Apr. 1965	May 1965 ~Apr. 1966	May 1966 ~Apr. 1967	May 1967 ~Apr. 1968
May	N T	Trace "	Trace "	Trace "	Trace "
Jun.	N T	" "	" "	" "	" "
Jul.	N T	" "	" "	" "	" "
Aug.	N T	" "	" 0.30	" "	" "
Sept.	N T	0.25 0.20	0.20 0.25	0.55 0.20	0.60 0.26
Oct.	N T	0.90 0.07	0.95 0.10	0.41 0	1.01 0.10
Nov.	N T	1.09 0.28	1.25 0.05	1.09 0	0.83 0.05
Dec.					
Jan.					
Feb.	N T	1.07 0.46	1.11 0.49	0.60 0.19	1.25 0.38
Mar.					
Apr.					
計 Sum	N T	3.31 1.01 4.32	3.51 1.19 4.70	2.65 0.39 3.04	3.69 0.79 4.48

N: 葉 Needle, T: 枝 Twig (風乾重 Weight of air dry matter)

4 か年平均で施肥区は対照区より 0.29 ton 上回っている。

落葉落枝量を落枝と落葉とに区分して、その季節的变化を示すと Table 3 のとおりである。エゾマツの自然落葉は春から夏にかけてはほとんどなく、9 月から始まり、11 月までの 3 か月間に年間落葉量の約 2/3 が落下し、残りの約 1/3 は冬季に落下している。

落枝も春から夏には少なく、早いときは 8 月から、大部分の年は 9 月から落下がはじまり、11 月までに約半量が落下し、残りの半量が冬季間に落下している。これは秋の強風や冬季の積雪などの物理的作用で枯れ枝が落下するものと思われ、年によってかなり変動が大きい。年間落葉落枝量のうち落枝は 13~25% 程度を占めている。

大政¹⁴⁾らは北海道のエゾマツ林の落葉量を調べ、年間落葉量の風乾重は(苫小牧で適度に閉鎖し 1,600 本/ha, 平均直径 11cm, 平均樹高 7m の 34 年生人工林) 2.97 ton であったと報告している。

当試験地は本数がこれより 600 本/ha 多く、直径は 3cm, 樹高は 3m ほど上回っており、落葉量は平均 3.12 ton であり、落枝を含めるとほぼ 4.0 ton となる。

これは林齢により、ある程度は林分葉量が変わること²⁰⁾、植栽本数のちがいなど、閉鎖状態のちがいにより、落葉量が異なったものであろう。

VI-3. 堆積腐植の重量

堆積腐植の総重量を経年的にみると Table 4 に示すとおりで、試験地設定時の 1963 年には 23.6 ton であり、翌年には施肥、対照区とも著しい変化は認められない。施肥区は 1965 年が前年より 1.0 ton 増加し、3 年後の 1968 年には 0.6 ton の増加にとどまり、1964 年から 1968 年にいたる 4 年間で 1.6 ton 増加したにすぎない。

一方対照区は 1965 年が前年より 1.2 ton 増加し、1968 年はさらに 4.7 ton 増加している。

すなわち、施肥区は 1964 年から 1968 年までの 4 年間に、年平均 0.4 ton 程度の増加がみられるのに対し、対照区は年平均 1.5 ton ほど堆積量が増加していることになる。

Table 2 の結果から、年間約 4.0 ton の落葉落枝類が林地に還元されていることから、対照区で毎年ほぼ 2.5 ton の堆積腐植が分解消失するのにたいし、施肥区ではほぼ 3.6 ton が分解消失することになり、施肥区は対照区より分解が著しく促進されていることが認められる。

1968 年の堆積腐植の重量を組成別にみると Table 5 のとおりで、とくに H 層の重量が、施肥区は対照区の 1/2 にすぎない。

このことは炭酸石灰および尿素施肥による堆積腐植の分解促進効果が、おもに H 層で顕著にあらわれたと解釈される。

Table 4. 堆積腐植重量の経年変化
Annual variation of the weight of humus layer (ton/ha)

1963 year	1964 year		1965 year		1968 year	
設 定 時 Establishment	施 肥 区 Fertilized	対 照 区 Cont.	施 肥 区 Fertilized	対 照 区 Cont.	施 肥 区 Fertilized	対 照 区 Cont.
23.6	23.0	24.3	24.0	25.5	24.6	30.2

(風乾重 Weight of air dry matter)

Table 5. 堆積腐植の組成別重量

Weight of each part of humus layers (ton/ha)

年 Year	区 Block	L層 L-Layer		F層 F-Layer	H層 H-Layer	合 計 Total
		葉 Needles	枝 Twigs			
Oct. 1963	施肥区 Fertilized	7.9	1.2	11.8	3.7	24.6
	対照区 Cont.	8.4	1.4	13.0	7.4	30.2

(風乾重 Weight of air dry matter)

VI-4-1. 土壤浸透水量

測定期間である5月から10月までの、土壤浸透水の供給源は降雨によるものが多いと考えられる。

支笏観測所の資料¹⁸⁾をもとに、1963年7月から1968年10月までの調査期間、降雨量を土壤浸透水量の測定日ごとに集計した結果は Fig. 5 のとおりである。

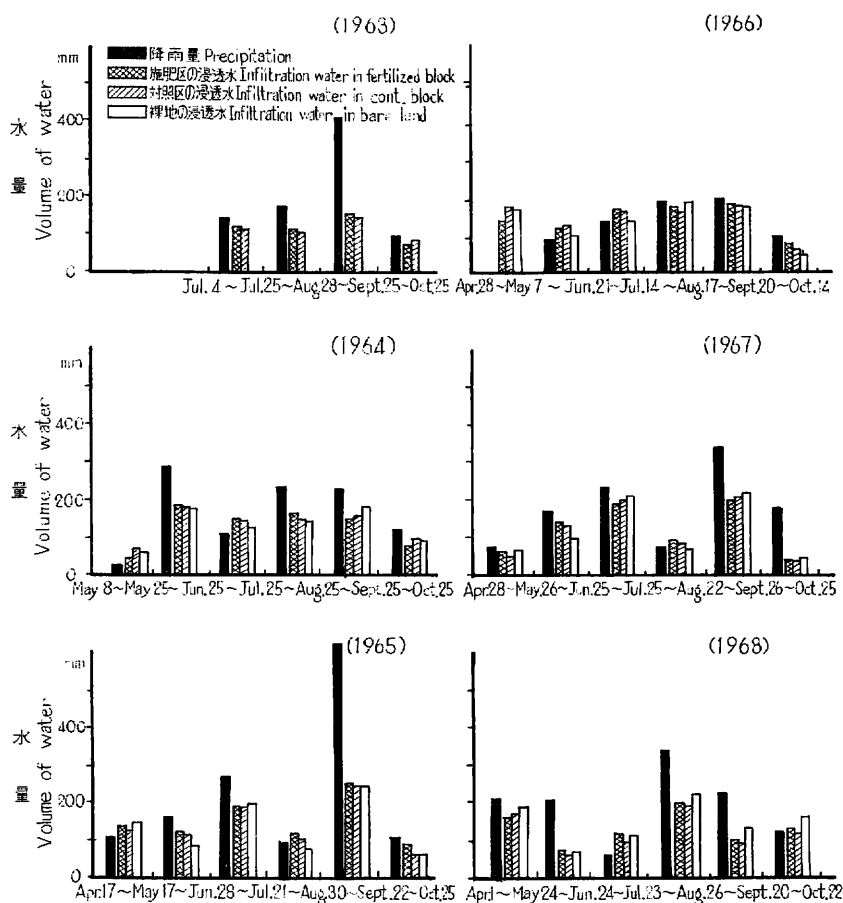


Fig. 5 降雨量と土壤浸透水量

Precipitation and amount of infiltrated soil water.

降雨量は一般に夏から初秋にかけて多く、春または秋季にやや少ない傾向を示す年が多い。調査期間の降雨量は、6 か年平均 1,019mm であり、土壌浸透水量は林内が 776~778mm、裸地は 769mm を示し、いずれも土壌浸透水量は降雨量の 76% 程度であった。

降雨量と土壌浸透水量の関係を月別にみると、降雨量の多い期間は林内、裸地とも土壌浸透水量もやや多い傾向を示すものの、この傾向は必ずしも比例関係ではない。

これは 1 降雨時の量、その強度、堆積腐植の厚さ、蒸散または林冠による遮断雨量など、複雑な関係があるからであろう。

いずれにしろ、火山性未熟土から成る当試験地において、地表から 20cm の深さまで移動流出する水量は、5 月から 10 月までの期間に平均 770mm であることが認められた。

VI-4-2. 土壌浸透水の pH

土壌浸透水の pH は Fig. 6 に示すように、施肥後の 1 時期を除くと施肥区、対照区および裸地とも pH 6.0 に近い値で経過し、土壌浸透水量または気温により、明らかに変化するようなことはない。

施肥区は一般に、炭酸石灰および尿素の施肥後、一時的に pH が低下する傾向がみられ、1966、1967 年

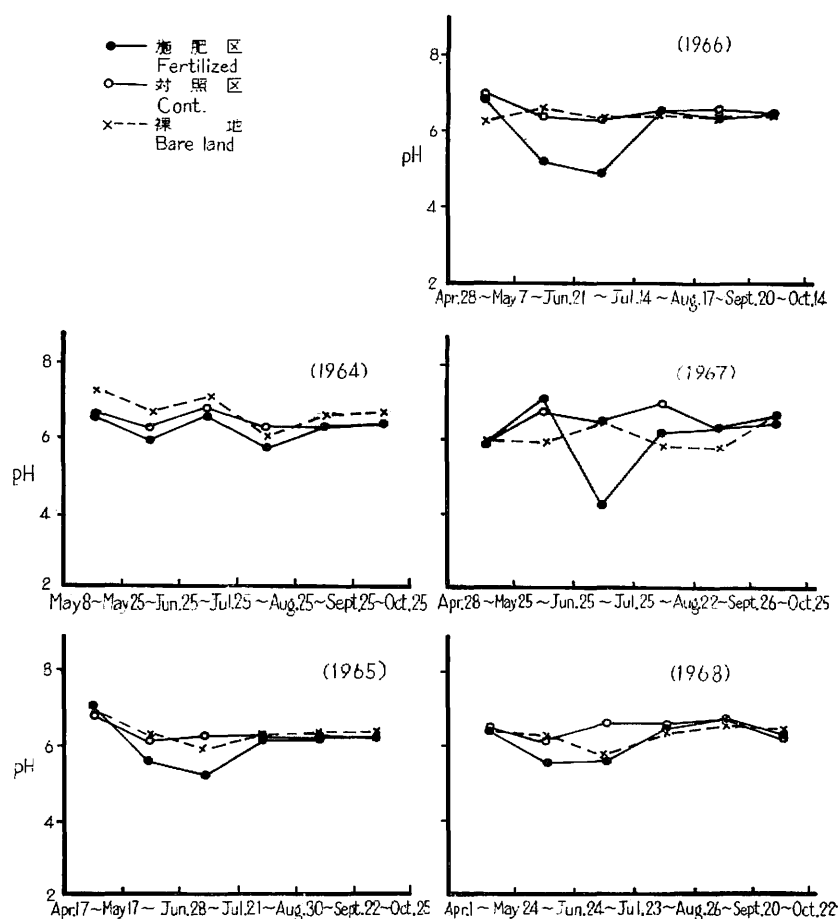


Fig. 6 pH 値の時期別変化
Seasonal variation of pH value.

は pH 4.0~5.0 まで低下した。

これは施肥により土壌の pH が上昇し、おもに土壌微生物群の活動が変化し、さらには、これまで集積していた土壌中の腐植酸にも影響を及ぼし、水溶性のものは浸透水とともに移動をはじめ、このために土壌浸透水の pH は、水溶性腐植酸群の量または質の影響を受けて低下したものと推定される。

VI-4-3. 土壌浸透水による N (窒素) 溶出量

a/5,000 ポット 1 基当たりの平均浸透水量に濃度を乗じた、N 溶出量の時期別変化は Fig. 7 のとおりである。

施肥区の N 溶出量は、いずれの年も施肥後最初の採水時である 5 月下旬は、対照区に近い溶出量を示すが、6 月下旬には対照区より多く、施肥後 50~60 日経過した 7 月下旬では、対照区の溶出量に近いが、これを下回る傾向がみられる。

Mor 型の堆積腐植が発達する環境で、かつ火山性の未熟で粗しょうな土壌では、施肥後 50~60 日経過すると、土壌浸透水への尿素中の窒素成分の影響はみられなくなるものと思われる。

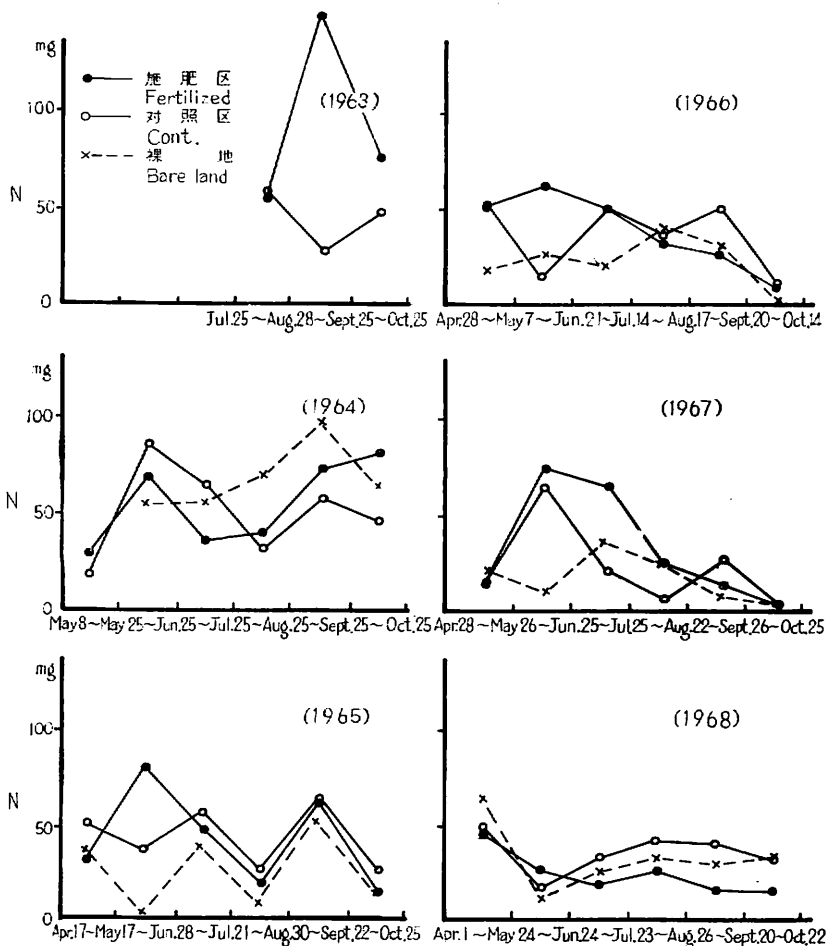


Fig. 7 窒素 (N) の時期別溶出量 (a/5,000)
Seasonal variation of Nitrogen in filtrated soil water.

VI-4-4. 土壤浸透水によるC（水溶性有機物）溶出量

この試験を始めた1963年のC溶出量は、他の年の同時期での溶出量にくらべ施肥区、対照区とも顕著である。これは現地土壤を成層状態のままポットへ充填した際に、若干の土壤攪乱が生じたためであろう。

しかし、施肥区でのC溶出量が対照区を上回っていることは、炭酸石灰および尿素の施肥により、堆積腐植ならびに鉱質土壤中の腐植に、変質が生じたためと理解される。

連続施肥2年目の1964年、さらに1967年には、6月下旬に施肥区の溶出量は一時的に対照区を上回る値を示した。7月以降の溶出量は、いずれも対照区が施肥区を上回る結果となり、秋季に両区のC溶出量はほぼ同量となった。

1965、1968年は測定期間を通じ、施肥区のC溶出量は対照区を下回って経過し、秋季にはいずれも両区のC溶出量は近似する傾向が認められた。

すなわち、C溶出量は施肥当年が最も著しく、連続施肥を行なうことにより、3年目ころからはむしろ

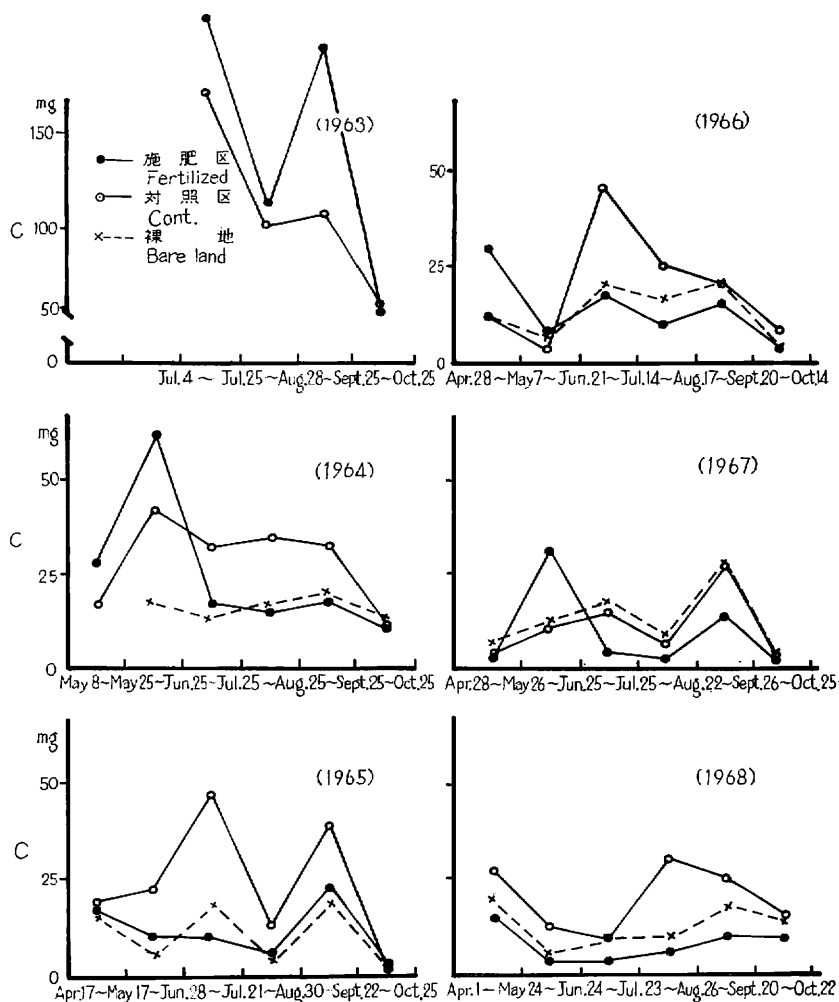


Fig. 8 水溶性有機物 (C) の時期別溶出量 (a/5,000)
Seasonal variation of Organic matter in filtrated soil water.

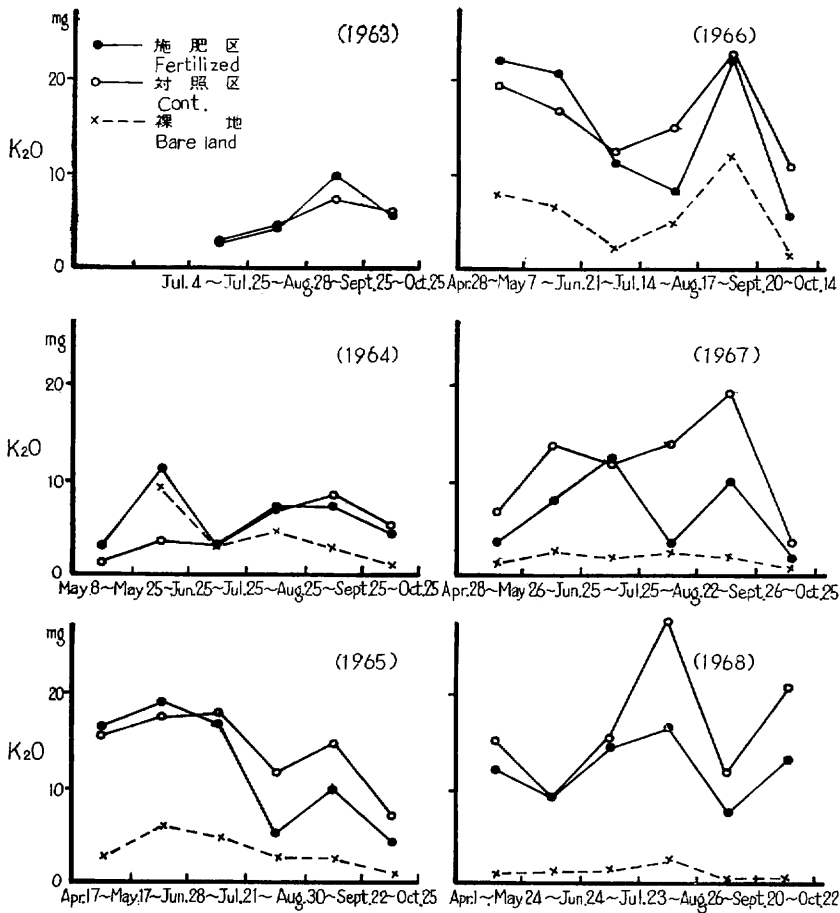


Fig. 9 カリ (K_2O) の時期別溶出量 (a/5,000)
Seasonal variation of Potassium in filtrated soil water.

ろ、施肥区より対照区の溶出量が上回る傾向にあることから、当初は堆積腐植を含むその土壤に急激な変化を及ぼすが、3年目ころからは堆積腐植の量的変化に及ぼす施肥の影響は、緩慢なものとなるようである。

VI—4—5. 土壤浸透水による K_2O (カリ) 溶出量

施肥区では連続施肥4年目の1966年まで、施肥後一時的に対照区を上回る K_2O 溶出量を示した。しかし施肥後50~60日経過した7月には、対照区に同じか、これを下回るようになった。

1967年以降は、施肥区が対照区を一時的にも著しく上回ることではなく、対照区に近い、これを下回って経過した。

こうした K_2O 溶出量の経年および時期別の変化は、一般にC溶出量のうごきに似ている。

裸地の K_2O 溶出量は、いずれの年も測定期間を通じ林内の溶出量より少ない。これは堆積腐植量の差によるものとみられる。

VI—4—6. 土壤浸透水による CaO (石灰) 溶出量

施肥区の CaO 溶出量は、施肥後明らかに増加し、この増加は施肥後90日ほど継続したのち、いずれも

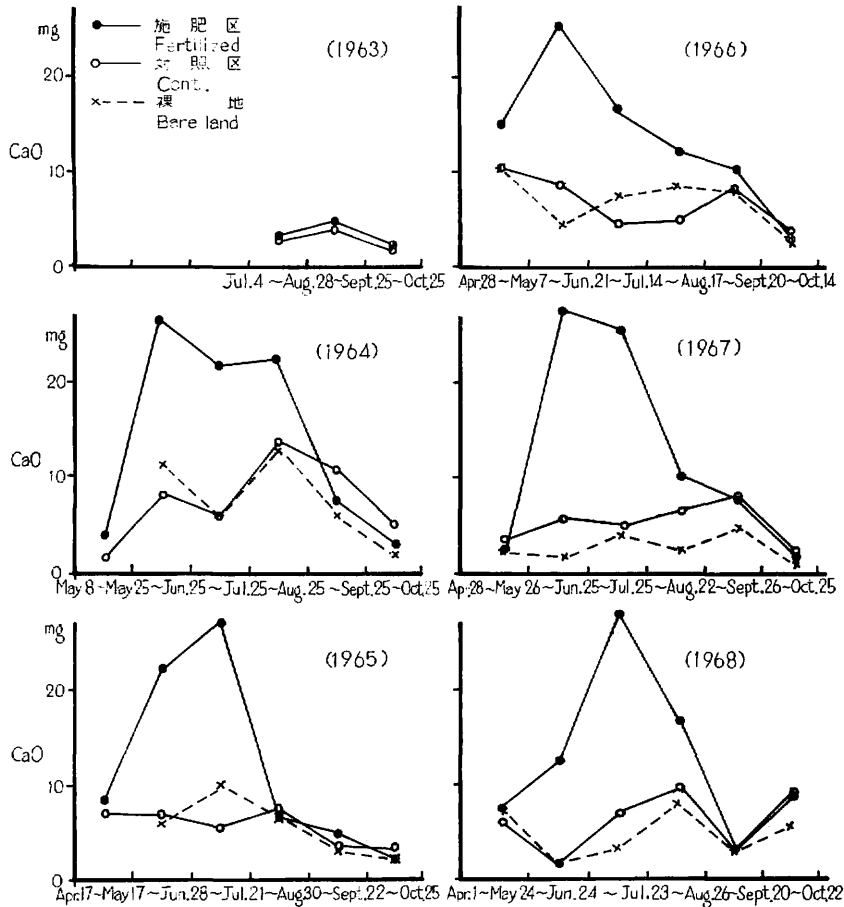


Fig. 10 石灰 (CaO) の時期別溶出量 (a/5, 000)
Seasonal variation of Calcium in filtrated soil water.

対照区、裸地の溶出量に近い値を示すようになる。

対照区の CaO 溶出量は、裸地よりわずかに上回って経過する年が多く、このちがいはおもに堆積腐植量の差に起因するものであろう。

VI-4-7. 土壤浸透水による各成分の溶出総量

以上のように、土壤浸透水の pH および水溶性成分は時期的に、また経年的にも変化することが認められた。これらの水溶性成分を、各年ごとに集計すると Table 6 のとおりである。

1963年7月から10月までの4か月間に施肥区の N 溶出総量は対照区の2倍強に達した。

1964年以降は、施肥区と対照区の N 溶出総量の差はあまり小さくなく1965、1968年にはむしろ対照区が施肥区を上回っており、N の時期別溶出量でみられた傾向と一致している。

施肥区、対照区および裸地につき、1964年から1968年までの5か年間の N 溶出量を平均すると、施肥区は776 mm の土壤浸透水とともに 23.10kg/ha (以下いずれも kg/ha)、対照区は778mm の土壤浸透水とともに 22.83kg で、両区間に大差のない N 溶出総量がみられる。裸地は769mm の土壤浸透水とともに 18.89kg の N 溶出総量があった。

Table 6. 成 分 溶 出 総 量
Amount of nutrients in filtrated soil water (kg/ha)

年 Year	N			C			K ₂ O	
	施肥区 Ferti- lized	対照区 Cont.	裸 地 Bare land	施肥区 Ferti- lized	対照区 Cont.	裸 地 Bare land	施肥区 Ferti- lized	対照区 Cont.
1963	28.09	13.17		267.8	215.6		10.92	10.10
1964	32.48	30.75	34.75	72.7	82.3	40.5	18.12	14.16
1965	24.25	25.23	14.23	36.5	73.3	37.6	34.27	40.56
1966	23.77	22.15	14.22	44.1	57.6	38.6	45.22	48.49
1967	19.20	13.91	10.41	27.3	33.5	39.1	19.29	33.73
1968	15.78	22.12	20.85	23.6	62.9	39.6	36.23	49.81
1964~1968 平 均 Average	23.10	22.83	18.89	40.8	61.9	39.1	30.63	37.35

WEETMAN²⁷⁾は降雨および降雪による窒素の林地への供給は2~15kg/ha・yearであったとしている。また丸山¹⁰⁾によると、林内雨は林外雨より窒素(NO₃-N, NH₃-N)含有量が1.76kg多いとしており、これらを考慮しても堆積腐植を透過した林内の土壤浸透水は、明らかに裸地より多い窒素を含んでいることが認められる。

C溶出総量は、第1回に施肥を行なった1963年は、施肥区が対照区を72.2kg上回っている。連続施肥2年目以降は反対に、対照区が施肥区を6.2~36.8kg上回る結果となる。

Table 7. 施 肥 に よ る 土 壌 の 変 化
Influence of fertilizer application on the soil chemical

処 理 Treatment		層 位 Horizon	pH		C (%)	N (%)	C/N	塩基置換 容量 C.E.C (m.e/100g)
			H ₂ O	KCl				
施 肥 前 Before fertilizer application (1963)		L	4.4	4.0	45.55	1.38	33.01	61.77
		F	5.1	4.7	44.77	2.10	21.32	80.01
		H	4.9	4.1	33.11	1.74	19.03	88.06
		A	5.2	4.2	6.04	0.49	12.33	25.73
施 肥 後 After fertilizer application (1968)	施 肥 区 Fertilized	L	5.2	4.7	47.05	1.88	25.03	78.87
		F	6.8	6.4	43.18	2.06	20.96	143.07
		H	6.8	6.3	33.38	1.80	18.54	115.86
		A	6.3	5.0	15.87	1.80	14.69	36.34
	対 照 区 Cont.	L	5.0	4.3	45.35	2.00	22.68	73.75
		F	5.0	4.0	41.03	2.08	19.73	95.24
		H	4.5	3.4	38.55	2.03	18.99	99.32
		A	5.1	4.0	8.14	0.46	17.70	36.04

(対乾物 On the basis of dry matter)

裸 地 Bare land	CaO		
	施肥区 Ferti- lized	対照区 Cont.	裸 地 Bare land
	24.52	20.92	
10.49	212.34	110.66	93.85
10.00	178.75	83.91	79.87
17.40	207.01	98.82	104.22
5.27	187.64	77.34	38.75
3.72	185.56	90.61	73.53
9.83	194.25	92.27	78.04

これは Fig. 8 でみられるように、1963 年は終始施肥区の溶出量が対照区を上回るのに対し、1964 年以降は施肥直後で一時的に溶出量は増すが、この期間を過ぎると、むしろ対照区の溶出量を下回って経過することが、こうした結果として現われたものであろう。

1964 年から 1968 年の C 溶出量の年平均値は、対照区が施肥区より 21.1kg 多い。また裸地の溶出総量 39.1kg にくらべて対照区は 22.8kg 多く、この差はおもに堆積腐植に由来した水溶性有機物とみてよいであろう。

K₂O 溶出総量についてみると、2 年目までは施肥区が対照区より 0.82~3.96kg K₂O 溶出量が多いが、1965 年以降は反対に対照区が 3.27~14.44kg 多い溶出量を示している。

これは Fig. 9 でみられたように、施肥直後は一時的に K₂O 溶出量は増加するが、この期間を過ぎると、むしろ対照区の溶出量を下回り、とくに 1965 年以降この傾向が顕著であることに原因している。

1964 年から 1968 年までの K₂O 溶出総量の年平均値も、対照区での溶出総量が、やや大きな値を示している。裸地の K₂O 溶出総量は対照区よりも 27.52kg 少なく、降雨により林冠および堆積腐植層を透過した土壌浸透水は、明らかに K₂O 濃度が上っていることを認めることができる。

CaO 溶出総量は、第 1 回の施肥以降いずれの年も、施肥区の溶出総量が対照区より多く、Fig. 10 でみられるように、施肥後は施肥区が対照区を上回り N、C および K₂O 溶出量の時期別変化とは様相を異にしている。

1964 年から 1968 年までの CaO 溶出総量の年平均値でも、施肥区は対照区を 101.99kg も上回る CaO 溶出量を示している。これは施した肥料中の CaO の約 1/2 に相当する。

裸地は対照区より 14.23kg 少ない CaO 溶出量であり、堆積腐植からの供給の程度に影響されているものであろう。

VI—5. 堆積腐植および鉱質土壌の変化

施肥による土壌の変化は、まず堆積腐植の重量にみられるが、形態的な変化はみられない。

化学的性質については Table 7 でみられるように、施肥前である 1963 年と、連続施肥 6 年目の 1968 年とを比較すると、pH は L、F 層では対照区、施肥区とも上昇し、とくに施肥区は対照区に比しいちじるしく上昇しており、また H および A 層では対照区が下降しているのに

properties

置 換 性 Exchangeable		Ex. K	Ex. Ca
K (m.e/100g)	Ca (m.e/100g)	C.E.C (%)	C.E.C (%)
7.16	24.45	11.59	39.58
6.14	39.92	7.67	49.89
4.09	31.44	4.64	35.70
0.51	6.99	1.98	27.17
7.16	34.43	9.08	43.65
3.07	101.80	2.15	71.15
2.05	85.82	1.77	74.07
1.02	21.95	2.81	60.40
6.14	24.95	8.33	33.83
5.12	40.42	5.38	42.44
3.07	31.93	3.09	32.15
1.02	8.98	2.83	24.92

たいし、施肥区はいちじるしく上昇している。

N含有率は、L、FおよびHの各層で、施肥区と対照区との差は明らかでないが、A層ではN含有率が施肥区で明らかに増加しているのに対し、対照区ではこの5年間にほとんど差がない。すなわち、尿素の連年施肥により、施肥区のA層のNが大きく富化されたと認められる。

C含有率はL、FおよびHの各層ではあまり大きな変化はないが、施肥区のA層で大きく増加している。これはN含有率の変化の傾向に似ている。堆積腐植の重量組成の変化で、施肥区のH層が減っていたことから、H層の分解にともない、A層への腐植の移動が生じたためと推定される。

C/Nは一般にそれほど大きな値を示さず、また施肥区のC/Nが対照区に比べてとくに変化した傾向は認められない。

CEC（陰基置換容量）は、対照区でも施肥前に比べやや増加しているが、施肥区のF、H層ではいちじるしく増加した。これは施肥により堆積腐植の分解が促進され、その性質に大きな変化が生じた結果とみられる。

Ex. Ca（置換性石灰）は、対照区の各層ともほとんど変化が認められないのに、施肥区のF、HおよびA層ではいちじるしく増大した。またF、H層のカルシウム飽和度はCECの増大にもかかわらず、それぞれ71.15、74.07に達している。

土壤腐植のうち、腐植酸の性質についてはTable 8でみられるように、N/8 NaF可溶性腐植酸は、対照区がむしろ減少しているのに反し、施肥区では増加し、とくにF、H層での増加が顕著である。

フルボ酸群とフミン酸群の構成比は、一般に施肥区でフミン酸群の占める割合が大きく、土壤中で比較的動きやすいとされているフルボ酸群は、反対に小さな割合を示している。

一般にフルボ酸群の占める割合の多い土壌は、生産力が低いと言われており、LUNDEGÅRDH⁹⁾もこれを指摘し、KONONOVA⁷⁾は生産力の低いポドゾル性土壌では、フルボ酸型の腐植物質が、腐植酸型よりも多いとしている。

Table 8. 腐 植 酸 の 性 質

Properties of humic acid

処 理 Treatment		層 位 Horizon	NaF 可溶性腐植酸 NaF soluble humic acid	NaF 可溶性腐植酸中 In NaF soluble humic acid		フ ミ ン 酸 Humic acid
			C mg/30m/	フルボ酸 Fulvic acid	フ ミ ン 酸 Humic acid	フルボ酸 Fulvic acid
				(%)	(%)	
施 肥 前 Before fertilizer application (1963)		F	43.7	48.4	51.6	1.1
		H	36.5	41.1	58.9	1.4
		A	26.2	37.6	62.3	1.7
施 肥 後 After fertilizer application (1968)	施肥区 Fertili- zed	F	62.9	30.3	69.7	2.3
		H	61.0	30.7	69.3	2.3
		A	33.2	26.8	73.2	2.7
	対照区 Cont.	F	35.6	48.1	51.9	1.1
		H	27.0	45.0	55.0	1.2
		A	24.6	28.6	71.4	2.5

N/10 KMnO₃m/×0.45=Cmg

当試験において、フルボ酸群の減少は、土壌の腐植酸の性質が、土壌の生産力を大ならしめる方向に変質したとみてよいだろう。

堆積腐植の分解について塩崎¹⁸⁾らは Mor 型の堆積腐植は、林分を皆伐することにより 4～6 か年で、ほとんど Mull 型に変化したと述べ、河田⁶⁾は Mor および Mull の腐植型は、有機物組成の面からは、分解過程に本質的なちがいがあると考えるより、むしろ環境因子のちがいにもとづく、分解速度の遅速の相違にすぎないようだとしている。

当試験地のように、林冠が閉鎖した環境条件下では、堆積腐植の形態による分類には、変化が認められなかったことは当然とも考えられるが、しかし炭酸石灰と尿素の施肥により、林内の堆積腐植の量とともに、化学的性質は大きく変化し、その変化は林木の生育にとり、好ましい方向に向かいつつあると認められる。

文 献

- 1) 青木茂一：土壌と植生，養賢堂，532pp., (1954)
- 2) COMBER, N. M. : An introduction to the scientific study of the soil. EDWARD ARNOLD (Publishers) Ltd. London, 232 pp., (1936)
- 3) HEIBERG, S. O. and R. F. CHANDLER : A revised nomenclature of forest humus layers for northeastern United States. Soil sci., 52, p.87, (1941)
- 4) 船引真吾・青峰重範：新撰土壌実験法，養賢堂，70～83, (1956)
- 5) JACKSON, M. L. : Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc., 256～260, (1958)
- 6) 河田 弘：落葉の有機物組成と分解にともなう変化について，林試研報，128, 115～144, (1961)
- 7) KONONOVA, M. M. : Soil Organic Matter. Pergamon Press., London, 544 pp., (1966)
- 8) 熊田恭一ほか18：腐植分析法，続作物試験法，農業技術協会，363～382, (1960)
- 9) LUNDEGÅRDH, H. : 植物実験生態学，岩波書店，291～324, (1964)
- 10) 丸山明雄・岩坪五郎・堤 利夫：森林内外の降水中の養分量について（第1報），京大演報，36, 25～39, (1965)
- 11) 松尾喜郎ほか18：植物栄養学実験，朝倉書店，44～56, (1959)
- 12) 新良宏一郎・舟阪 渡：水分析，分析化学講座，共立出版株式会社，6-C, 30～38, (1957)
- 13) 日本気象協会北海道本部：北海道の気象，日本気象協会北海道本部，7, 10～13, 1, (1963～1969)
- 14) 大改正隆・森 経一：落葉に関する二・三の研究，帝室林野林試報告，3, 3, 39～107, (1937)
- 15) PARKER, F.W. : Symposium on "Application of base exchange methods". J. Amer. Soc. Agron., 21, 1021～1039, (1929)
- 16) 関 豊太郎：土壌学講義，東京農大出版部，245～246, (1928)
- 17) 芝本武夫：森林土壌，朝倉書店，199 pp., (1955)
- 18) 塩崎正雄・成田孝一：伐採跡地の土壌諸性質の変化，第76回日林講集，133～135, (1965)
- 19) 菅原 建ほか7：天然水の化学分析，実験化学講座，丸善株式会社，14, 135～188 (1958)
- 20) 只木良也・蜂屋欣二：森林生態系とその物質生産，林業科学技術振興所，9～14 (1968)
- 21) 塘 隆男：わが国主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究，林試研報，134～136, (1962)
- 22) 堤 利夫・岡林 巖：林木落葉の分解に及ぼす温度の影響について，生理生態，8, 2, 124～129 (1959)
- 23) 内田丈夫：ドイツツウヒ造林地に於ける間伐の堆積腐植に及ぼす影響，北林試時報，49, 1～26 (1942)
- 24) 内田丈夫：北海道における針葉樹林の堆積腐植に関する研究，林試研報，114, 205 pp., (1959)

- 25) WAKSMAN, S. A. and F. G. TENNY : The composition of natural organic materials and their decomposition in the soil. Soil sci., 24, 275~283, (1927)
- 26) WEETMAN, G. F. : Mor humus studies. Pulp and paper research institute of Canada, Research note No. 15, 1~15, (1961)
- 27) WEETMAN, G. F. : Nitrogen relation in a black spruce (*Picea mariana* Mill) stand subject to various fertilizer and soil treatments. Pulp and paper research institute of Canada, 129, 112 pp., (1962)

Study of Humus Layer Decomposition (1)

Effect of calcium and urea fertilizer application on the decomposition of humus layer and the infiltrated soil water in the Yezo spruce (*Picea jezoensis*) stand

Masao SHIOZAKI⁽¹⁾ and Tomezô NAGAOKE⁽²⁾

Summary

The authors carried out researches on the decomposition of humus layer in mature Yezo spruce (*Picea jezoensis* CARR.) planted stand.

Experimental plot, covering an area of 0.25 ha., was divided into fertilized and control block with 2 times repetition.

At the fertilized blocks, calcium carbonate of 384kg/ha and urea of 160kg/ha (1963 year 80kg/ha) were broadcasted every fall since 1963 to 1968 each year.

Seasonal variation of atmospheric and underground temperature, weight of fallen leaves and twigs, weight of humus layer, nutrients in filtrated soil water and chemical properties of soil were investigated. The results are as follows:

1) Both atmospheric and underground temperature in forest stand were constantly lower than those in bare land (Fig. 4 and Tab. 1).

2) Fallen needle leaves and twigs were about 4 ton/ha in weight throughout one year (Tab. 2), and the defoliation was concentrated from September to November.

3) Weight of humus layer remarkably decreased on account of progressed decomposition with fertilizer application (Tab. 4~5).

4) Amount of nitrogen, organic matter and potassium in filtrated soil water at fertilized blocks showed temporal increment, and thereafter became lower in comparison with control blocks.

Amount of calcium in filtrated soil water in fertilized blocks was, however, constantly higher than that in control blocks (Fig. 7~10).

5) As for chemical properties of F and H layer, pH value rose and calcium concentration increased with fertilizer application, while in A layer, concentration of nitrogen and organic matter increased but that of potassium did not change remarkably with fertilizer application.

Cation-exchange capacity rose in F and H layer, and saturation degree of calcium occupied

71.15~74.07% in the fertilized block (Tab. 7).

N/8 NaF-soluble humic acid increased with fertilizer application, and ratio of humic acid to fulvic acid increased as shown in Table 8.

Humus type did not change with fertilize application. It seems that the chemical properties of humus layer, however, change to desirable course for the tree growth by fertilizer application.