

卒業論文

九重タデ原湿原の植生変遷に及ぼす
火山由来物質の影響

北九州市立大学 国際環境工学部

環境化学プロセス工学科

環境科学講座 原口研究室

中園 亜由美

【要旨】

火山由来物質が湿原の植生変遷を促すかどうかを明確にするために、大分県にあるタデ原湿原において現場の層序および大型植物遺体が調査された。目視で確認できた火山灰層は2箇所あったが、顕微鏡観察によって火山ガラスがほとんどの層から確認されたため、火山の影響を常に受けている湿原だと示唆された。

採取された土壌コアにおいて測定した元素分析により、深さ155 cmから97.5 cmの間にイオウ含有量の大きなピークが見られた。また、イオウのピークと対応して全炭素、全窒素、全水素の含有量は著しく減少していることも分かった。イオウが増加する始点は深さ155 cmであり、始点に伴い植生遷移に変化が見られた。また、 ^{14}C 年代測定により、イオウの増加および植生変遷が開始した年代に火山が噴火していることから、増加したイオウの起源を推定できた。

湿原植生の変遷について、火山活動との相互関係を全て解明することはできなかったが、イオウが植生遷移に影響を与えることは明らかとなった。

【Abstract】

Peat stratigraphy and macrofossil composition of Tadewara mire(Ooita), were investigated to consider whether material derived from volcanic activity induced vegetation change. Macroscopic mineral layers were found 2 points, and volcanic glass were found most layers by microscope observation where the greatest potential impact of volcanic activity was indicated.

Soil core measured by elemental analysis, and big peak of sulfur content was found from depth 155 cm to 97.5. It has been understood that the content of the total carbon, the total nitrogen, and all hydrogens decreases remarkably corresponding to the peak of sulfur. Vegetation change was found with an increase in sulfur content that is depth 155 cm. By measured radiocarbon age, volcanic activity contemporaneous age of origin of increasing sulfur content and vegetation change therefore origin of increasing sulfur was estimated.

It is not able to clarify that all a correlation between volcanic activity and vegetation change, but it is showed that sulfur impact on vegetation change.

1. 緒言

1-1 研究の背景

湿原は、気候や地形、水質、地質など様々な環境要因が関わって形成されている。日本のように火山が多い土地の場合、火山活動の影響も湿原形成に関与する一つの環境要因として考えられている。

生態学分野において、火山活動は全体の景観や生物相を短期間で変える可能性があると考えられてきた。火山灰降下により湿原に栄養塩が供給され植生が変わったのではないかという一つの仮説と共に、植生変遷における火山灰降下の影響に関連して、湿原形成の新たな概念が提案された研究がある (Wolejko & Ito, 1986)。著者らは、日本の湿原の類型学を提案し、独特の性質、発達における特定の状況をより明確にした。さらに、活火山が多い日本において、火山堆積物から植物の成長に最も必要である K の供給がされることによって貧栄養の植生が富栄養の植生に変わる可能性を示唆し、そのような発達をする湿原を“火山灰涵養性湿原”として提案した。著者らは、北海道の 5 つの湿原において火山灰と植生変遷の対比を行った。その結果、トコロ湿原においてミズゴケ (*Sphagnum*) 優占の貧栄養性植生が成立している時に火山灰降下後、貧栄養性植生からヨシ (*Phragmites australis*) 優占の富栄養性植生に変化しているのが分かった。

その後、火山灰涵養性湿原という概念の下、火山活動の湿原植生に及ぼす影響を化学的に検証する研究もされているが、未だその機構は解明されていない。

1-2 研究の目的

湿原生態系を理解するには、時間的スケールで起きている様々な現象を解明する必要がある。湿原において、分解不完全な植物遺体が堆積したもの即ち泥炭層は古いものから順に層をなして積もることから、泥炭層の分析は植生変遷や過去に起こった攪乱、気候変動を把握できる手段として有効であり、それにより様々な環境要因に対する生物の応答を知ることでもある。

本研究では、火山群湿原において泥炭層を採取分析し、地質学的解析、大型植物遺体分析、地球化学的解析を行い、湿原の植生変遷および発達史を把握すると共に、植生変遷における火山由来性物質の影響を検討することを目的とする。

2. 調査方法

2-1 調査地の概要

大分県くじゅうタデ原湿原（標高 800～1200 m）は、東部を上湯沢台と三俣山火山に限られ、北部は松の台岩宵なだれ堆積物からなる丘陵により限られた湿原である。西部は泉水山から黒岩山へと続く火山群により限られているが、直接的には松の台なだれ堆積物、黒岩山溶岩、寒ノ地獄火砕流堆積物が高まりを形成している。

タデ原湿原は、それぞれの火山からの表流水、扇状地などからの伏流水や山体からの湧水が流入することで涵養されている。湿原そのものは、火山体の開析による粗粒堆積物の供給が多く、むしろ扇状地的な要素の大きい湿原を形成している。（千田、1998）この地域の気候は、典型的な内陸山地型であり年平均気温 10℃の低温多雨、年降水量は 3000 mm に近く冬季にはしばしば積雪を見る。また、ミズゴケやヌマガヤ、ヨシなどが植生としては見られる。

タデ原湿原地域は過去数回にわたり総合調査や個人調査が行われているのだが、湿原東部に関しては、人が立ち入ることが困難であることから全く調査されていない。

タデ原湿原は、周辺に九重火山群があるため火山活動の影響を受けやすいと考えられるので本研究の調査地として選定した。

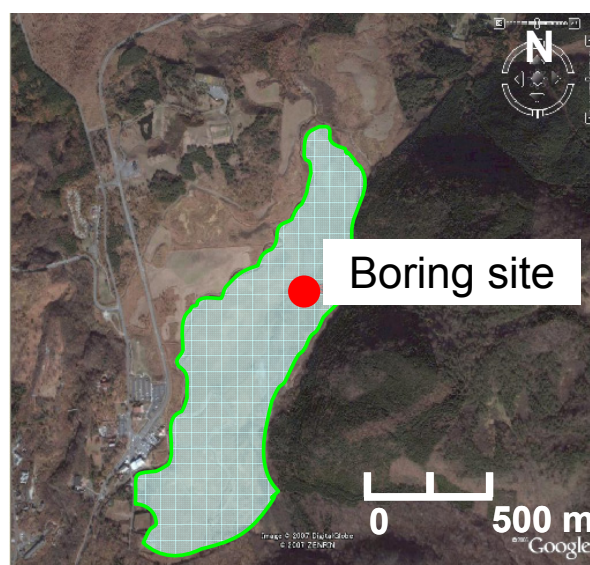


図 1. 九重タデ原湿原調査地点図
(N33° 07′ E131° 14′)

2-2 野外調査法

野瀬鉄工所製トーマス型採泥器（図 1.）を用いて、直径 1m の範囲内で 2006 年 5 月に直径 3 cm、長さ 30cm の円柱状の試料を 7 本（深さ 210 cm）、6 月に 9 本（深さ 270 cm）、7 月に 12 本（深さ 420 cm）、合計 30 本をタデ原湿原東部より採取した。以降、深さ 210 cm まで採取した土壌コアを core1、深さ 270 cm まで採取した土壌コアを core2、深さ 420 cm まで採取した土壌コアを core3 とする。

2-3 地質学的解析

泥炭層では、木や幹や株、動物や人の遺体などが極めて良く保存される。泥炭層は、その当時の地表面の状態や生活の跡を残している。また、普通の土壌や堆積物では到底識別できそうもない火山灰の薄層が保存されている。これらの包含物は環境の復元に貴重な鍵となる。(阪口 豊、1974)

本研究では、泥炭層が有力な環境の指標である点に注目し、ピートサンプラーで土壌コアを採取した後、マンセルの土色帳による土色判定、手触りによる土性の判定、実体顕微鏡観察による火山ガラスの有無の確認などを行い、各コアの層序を決定した。

2-3-1 土色の判定

色は、色相、明度、彩度の3属性で表記される。この判定はマンセルの表色系に従った標準土色帳を用いて行った。

判定は層位ごとに行った。各層位の最も代表的な色を持つ部分から適量の試料を手に取り、指で軽く押し、日陰で、土色帳の色の中から最も近い色を探した。色が決まったら、色相(5YR など)、明度(4 など) / 彩度(6 など)のように順に並べて、5YR4/6のように記載した。

2-3-2 土性の判定

土性は層位間の比較、粘土の移動、異種母材の判定で目安になるので、手触りによる判定を記載した。粘土、シルト、砂の区分は様々な体系があるが、通常は国際法で決められた区分を採用した。

以下に、粘土、シルト、砂の定義を示す。

粘土・・・ 0.002 mm 以下

シルト・・・ 0.02～0.002 mm

細砂・・・ 0.2～0.02 mm

粗砂・・・ 2～0.2 mm

また、手触りによる判定の基準を、表1に示す。

表1. 手触りによる土性の判定

砂土 (S)	ほとんど砂のみで、粘り気を全く感じない
砂壤土 (SL)	砂の感じが強く、粘り気はわずかしかない
壤土 (L)	ある程度砂を感じ、粘り気もある。砂と粘土が同等に感じられる。
シルト質壤土 (CL)	砂はあまり感じられないが、さらさらした小麦粉の様な感触がある
埴土 (CL)	わずかに砂を感じるが、かなり粘る
軽埴土 (LiC)	さらさらした感じで、よく粘る
重埴土 (HC)	ほとんど砂を感じないで、よく粘る

2-3-3 火山ガラスの観察

火山灰には、火山ガラスや結晶、岩片などが含まれているが、噴火をもたらしたマグマの特徴を最も反映しているのは火山ガラスの化学組成である。したがって、火山ガラスの有無を確認することによって、火山活動が起こったかどうかを推測できる。

火山ガラスを実体顕微鏡で観察する試料を、core1 においては、深さ 20.25 cm、63.5cm、74cm、88cm、95 cm、102.5 cm、112.5 cm、135 cm、158.5 cm、173.5 cm、187.5 cm、202.5 cm の計 12 層からスパチュラ 2 さじ採取した。

また core2 においては、深さ 9 cm、20 cm、31 cm、35 cm、41 cm、51 cm、59 cm、65.5 cm、80.5 cm、98.5 cm、113.5 cm、126 cm、141 cm、154.5 cm、168.5 cm、179 cm、181 cm、189 cm、198.5 cm、205.5 cm、211.5cm、219.5 cm、233 cm、244 cm、259 cm、の計 25 層からスパチュラで 2 さじ分採取した。

採取後、超音波振動による洗浄を数回行い、腐植などの有機物を除去した。洗浄後の試料をスライドガラス上で液体に浸し、カバーガラスでおおって実体顕微鏡による観察を行った。

2-4 大型植物遺体分析

泥炭中の植物遺体は、当時の湿原植生を知る手がかりになるとともに、植物遺体のどの部分がどのようにして変化して泥炭を構成するかを明らかにする鍵となる。

各コアの層毎で目視による大型植物遺体の確認を行い、同定が困難な植物遺体については WET-SEM を用いて種の同定を行った。

2-4-1 目視による観察

core3 における各層の大型植物遺体は、泥炭中から取り出したあと、蒸留水で洗浄し目視により、種の同定を行った。

2-4-2 WET - SEM による観察

光学顕微鏡は、焦点深度が浅く起伏のある試料の全体像を写すことが困難であるのに対して、SEM は焦点深度が深く、臨場感にあふれた立体的な画像が有力な情報を与えてくれる。

種の同定が困難な core3 における 9 試料について、WET-SEM により表面状態の観察により種の明らかにした。

2-5 地球化学的解析

泥炭中の化学成分を分析することで、当時の環境を復元する有力な手法である。特に、放射性炭素同位体 ^{14}C を測定することによって、泥炭層の堆積年代を推定することができる。

採取直後、重量を電子天秤で測定した後、定温乾燥器（45℃）で 48 時間以上乾燥させた。乾燥試料の一部をミルミキサーで粉碎し、さらにメノウ乳鉢によってより微細にした。その後、X 線回折装置（リガク・XPD-DSC-X II）により、試料に含まれる鉱物組成を確認した。また、層毎の風乾土壌に対して、元素分析装置（ヤナコ・MT-6CHN Coder）により全炭素、全窒素、全硫黄、全水素、交換性カチオン量（ Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} ）を測定した。また、堆積時期を推定するために core1 に対して深さ 74 cm、158 cm、core3 に関して深さ 245 cm の 3 層準に関して ^{14}C 年代測定を行った。（地球科学研究所）

2-5-1 元素分析

元素分析、特に炭素、窒素含有量を測定することは各層が有機物層か鉱物質層かの判定基準になる。またイオウ含有量は火山活動が起こったかどうかの推定ができる。

2-5-2 交換性カチオン量測定

泥炭中の無機イオン量を測定することで、各層の栄養塩の栄養が乏しい土かどうか分かる。本実験では、core3 の層毎の風乾土壌 1.0 g において、酢酸アンモニウム水溶液により抽出されるカチオン（ Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} ）を高周波誘導プラズマ発光分光分析計（パーキンエルマー/Optima 4300DV）で測定した。

2-5-3 ^{14}C 年代測定

^{14}C 年代測定法は、木・炭・紙など、炭素を含む試料についての年代測定法である。炭素は、 ^{12}C 、 ^{13}C が安定同位体で、 ^{14}C が放射性同位体である。この ^{14}C の含まれている割合は、試料の古さによって変化する。古い試料ほど ^{14}C の含有率が低いのである。この点を利用して ^{14}C 含有率を測定することによって試料の古さ（年代）を求めることができる。ただし、天然に存在する大気中の炭素は、時代ごとに同位体比が変動しているため、年代の判っている古い木の年輪などの炭素同位体比から求められた ^{14}C 年代-暦年代校正曲線を用いて、測定された ^{14}C 年代を実際の暦年代に換算する必要がある。

本実験では、試料を酸洗浄した後、試料の量が少量でも ^{14}C を測定することができる加速器質量分析計を用いて測定した。

3. 結果

3-1 土壌コアの柱状図

core1 の柱状図

core1 の土壌柱状図を図 2 に示す。

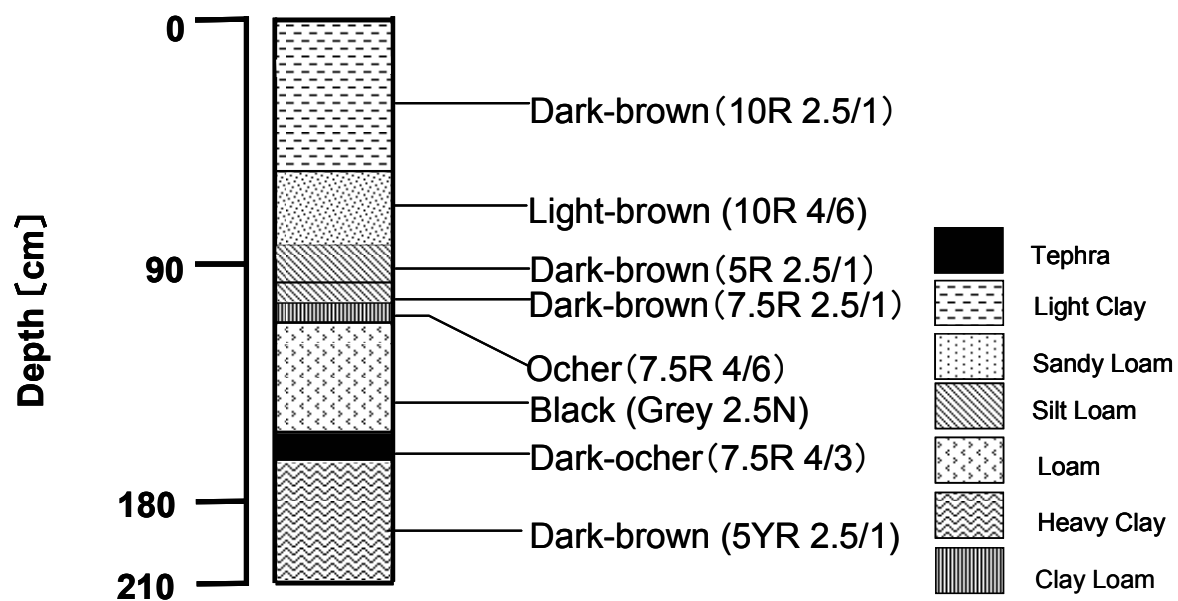


図 2. core1 の土壌柱状図

core2 の柱状図

core2 の土壌柱状図を図 3 に示す。

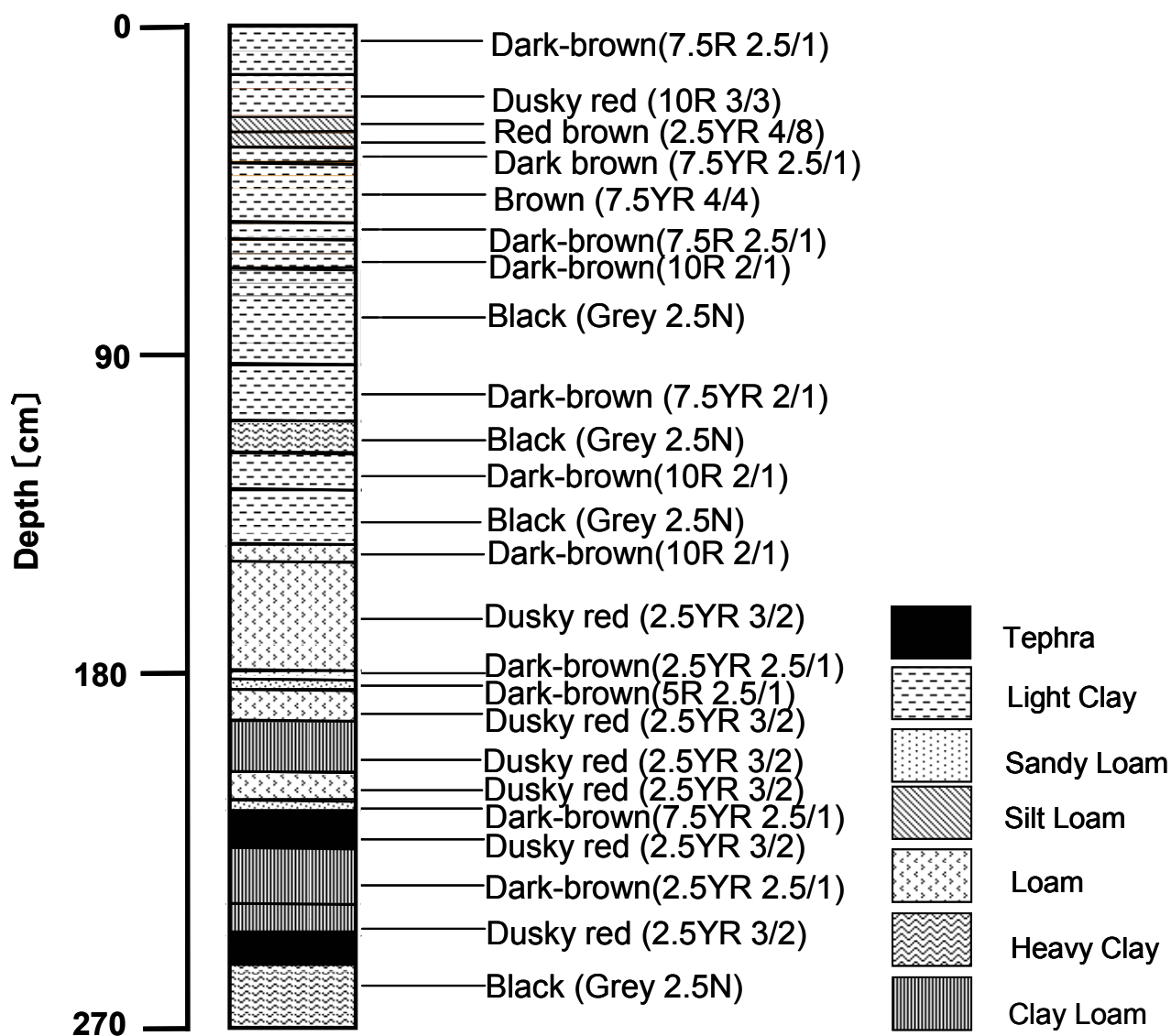


図 3. core2 の土壌柱状図

core3 の柱状図

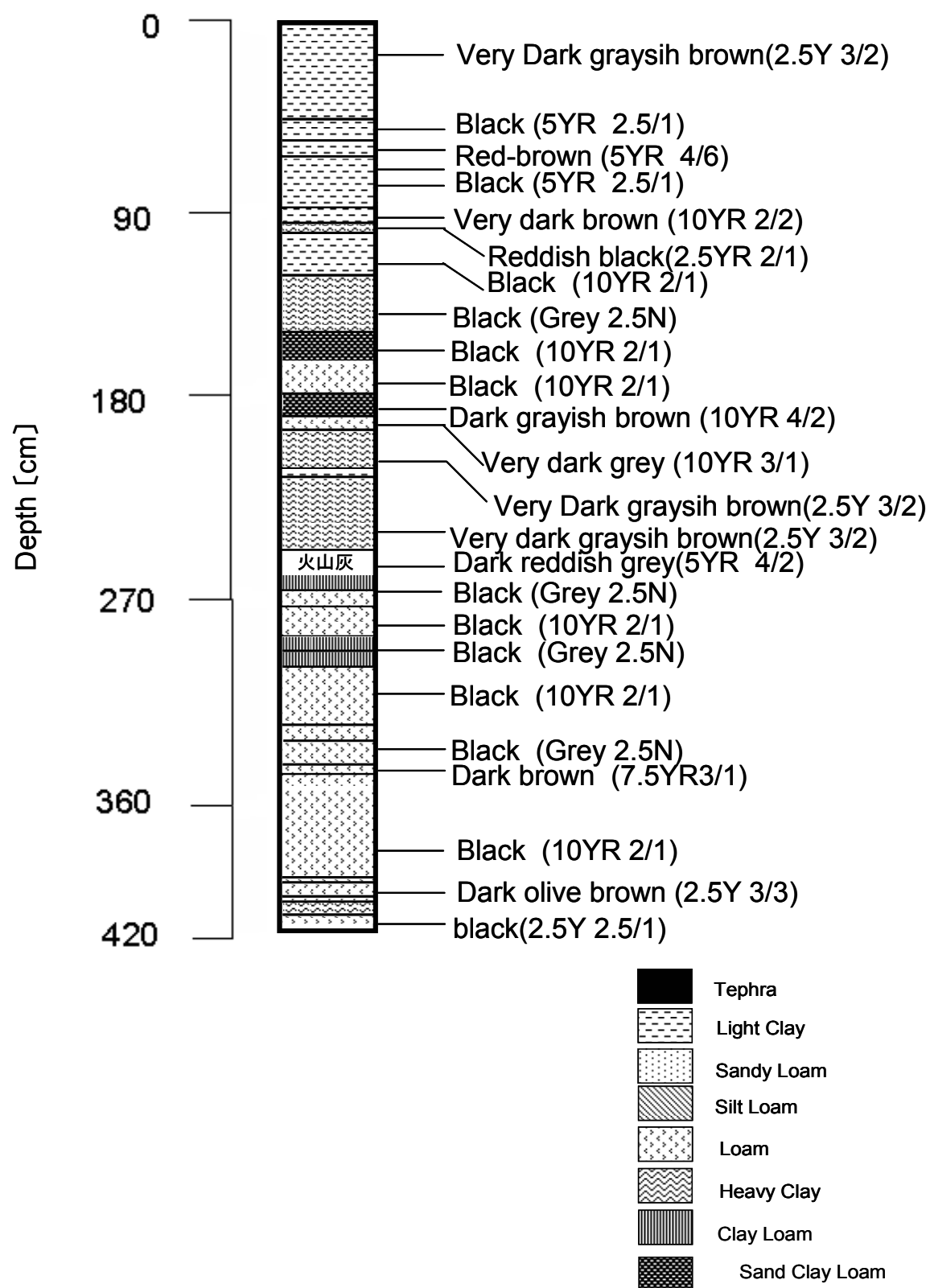


図 4. Core3 の土壌柱状図

3-1-2 各コアにおける元素分析

各コアの層毎の風乾土壌に対する全炭素、全窒素、全硫黄、全水素の結果を比較する。それぞれ、図 5 に各コアの炭素含有率の比較、図 6 に各コアの水素含有率の比較、図 7 にイオウ含有率の比較、図 8 に窒素含有率の比較を示す。

炭素含有率

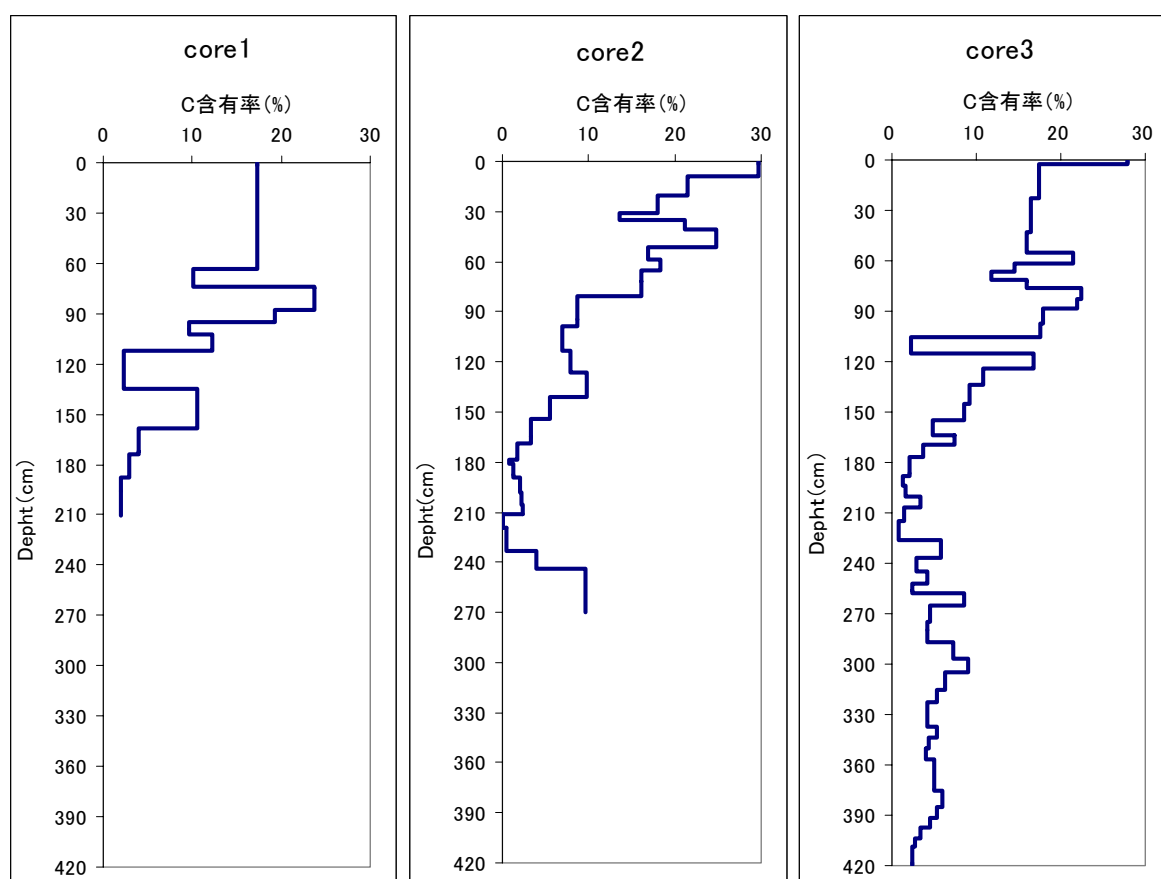


図 5. 各コアの炭素含有率の比較

水素含有率

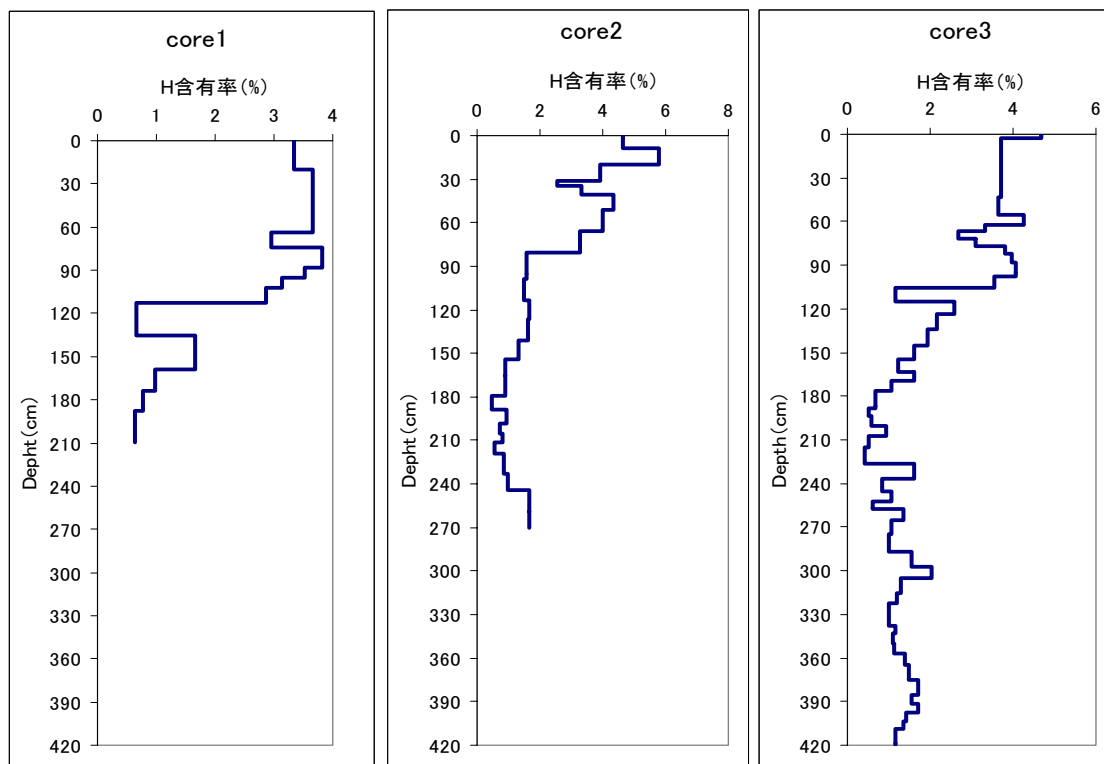


図 6. 各コアの水素含有率の比較

イオウ含有率

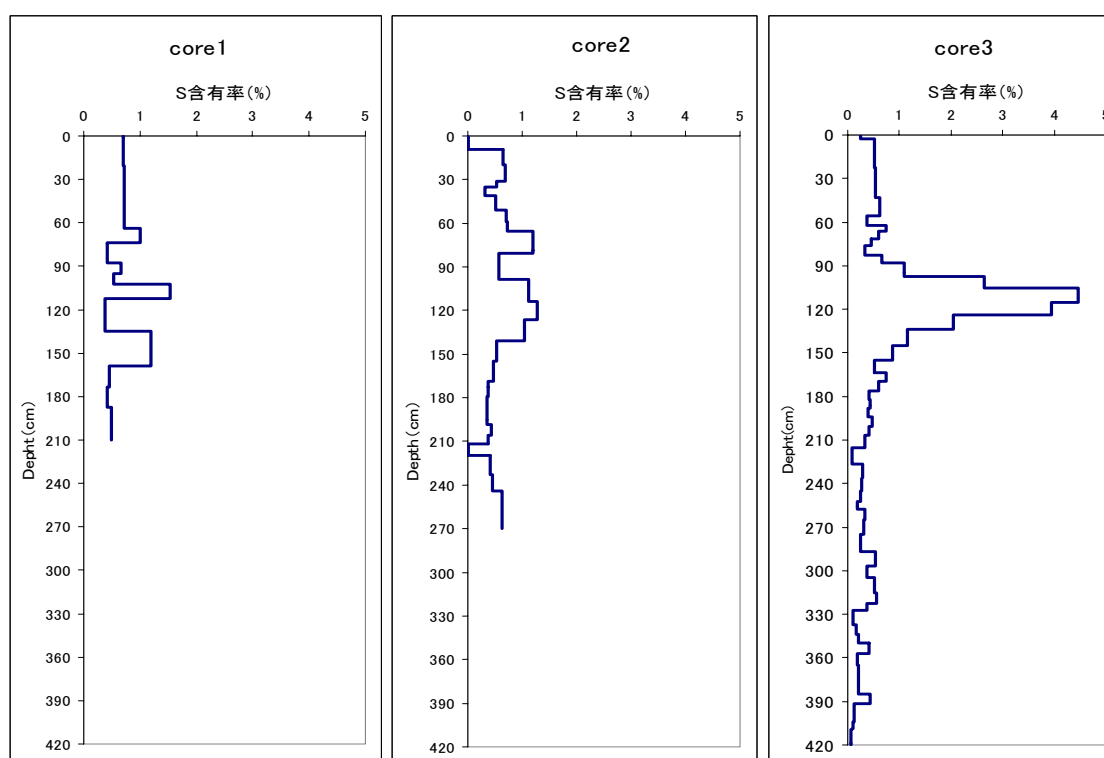


図 7. 各コアのイオウ含有率の比較

窒素含有率

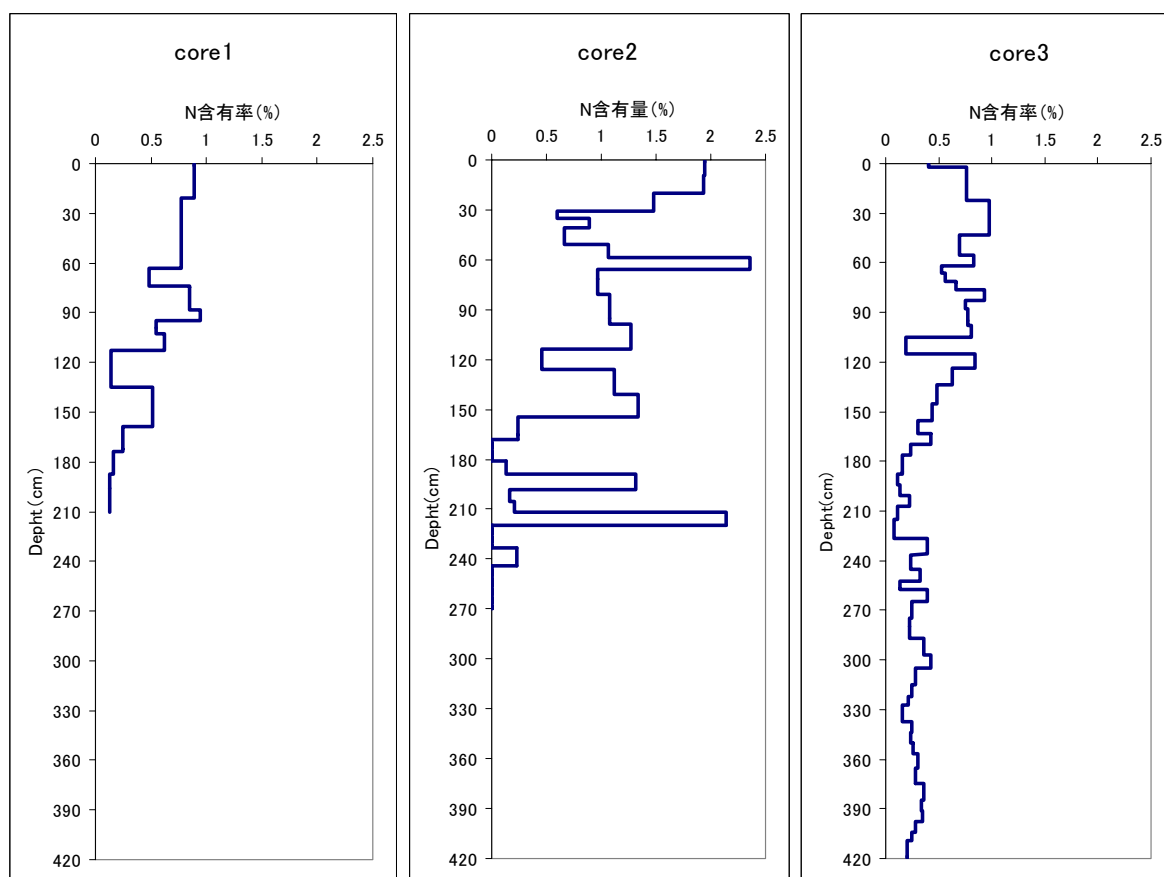


図 8. 各コアの窒素含有量の比較

それぞれの元素の含有率を3つのコアで比較してみると、炭素、水素、窒素に関しては、全体的に緩やかな減少傾向が見られ、深さ 120 cm、210 cm で著しい減少が見られた。一方で、イオウ含有率は深さ 155 cm から 97.5 cm の間で大きなピークが見られた。

全体的にこの結果を見ると、各コアの元素はそれぞれ共通の分布を示していることから、core1、core2、core3 を同一のコアとして捉えることができる。したがって、以降、最新 420 cm まで採取した core3 について結果を述べていくこととする。

3-3 大型植物遺体分析と泥炭堆積年代との関係

目視および WET-SEM により各層の大型植物遺体の種の同定を行った。その結果を図 9 に示す。また、 ^{14}C 年代測定の結果を表 2 に示す。深さ 74 cm の年代が $108.3 \pm 0.5 \text{ y.B.P.}$ 、深さ 158 cm の年代が $970 \pm 40 \text{ y.B.P.}$ であることが分かった。これらの年代から、タデ原湿原の泥炭堆積速度が 1 mm/yr であることが分かった。この結果は、日本の沖積低地の泥炭層の平均堆積速度と合致する。(阪口、1974)

表 2. AMS (加速器質量分析計) の結果

Depth (cm)	Used material	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Conversional ^{14}C age	Probability (%)
74	Peat	-24.4	$108.3 \pm 0.5 \text{ y.B.P.}$	
158	Peat	-17.6	$970 \pm 40 \text{ y.B.P.}$	95. 0

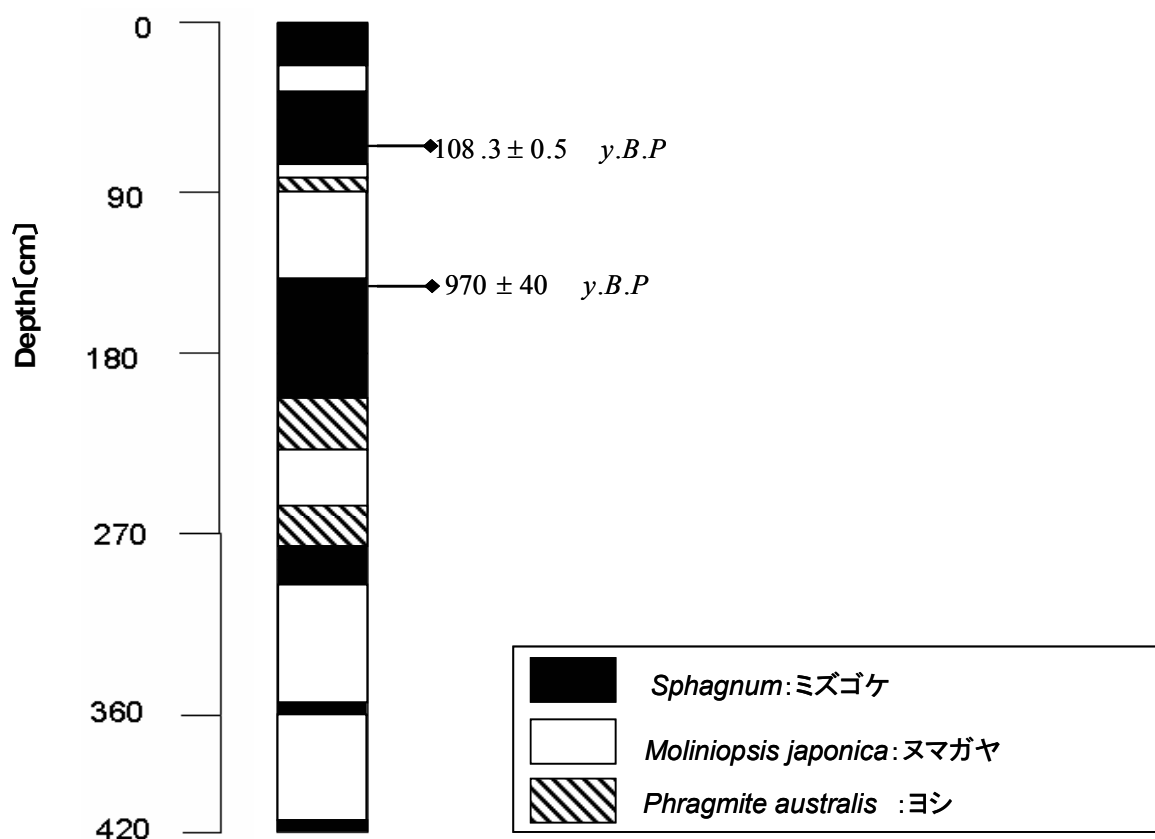


図 9. 大型植物植物遺体分析による植生変遷図

さらに詳しく議論するために、堆積年代が正確に分かっているタデ原湿原の過去 1000 年間の植生変遷を図 10 に示す。

ここで、攪乱が起こっていない場合の湿原植生の変遷の流れを定義しておく。泥炭発生時における湿原植物に対する水は主として地表水と地下水、養分はこれらの水と鉱質の基盤から得られる。それは、富栄養性の湿原植物の生育を助け、貧栄養性の湿原植生の侵入を阻害する。しかし、泥炭層を生活層とする植物は次から次へ前世代の集積した栄養塩類を利用していくので、泥炭層が厚くなるに従い栄養塩類の量は外部からの供給がない限り減少していく。同時に地下水面と泥炭地表面との差が大きくなり、必要とする水の大部分を降水に依存する。しかし都合よく降雨があるとは限らない。そうした環境でも生息できるのが、貧栄養性かつ保水能力が極めて高いミズゴケである。(阪口、1974)

したがって、攪乱がない場合、湿原植生は、ヨシ、スゲなどを優占とする低層湿原かヌマガヤなどを優占とする中間湿原、そしてミズゴケが優占する高層湿原と遷移していく。この流れを進行遷移と呼ぶ。

図 12 を見ると、深さ 97.5 cm から 55 cm までは前述した進行遷移が起こっていることが分かった。一方で、深さ 180 cm から 97.5 cm まではミズゴケからヌマガヤ、そしてヨシへと進行遷移とは逆の遷移すなわち退行遷移が起こっているのが分かった。

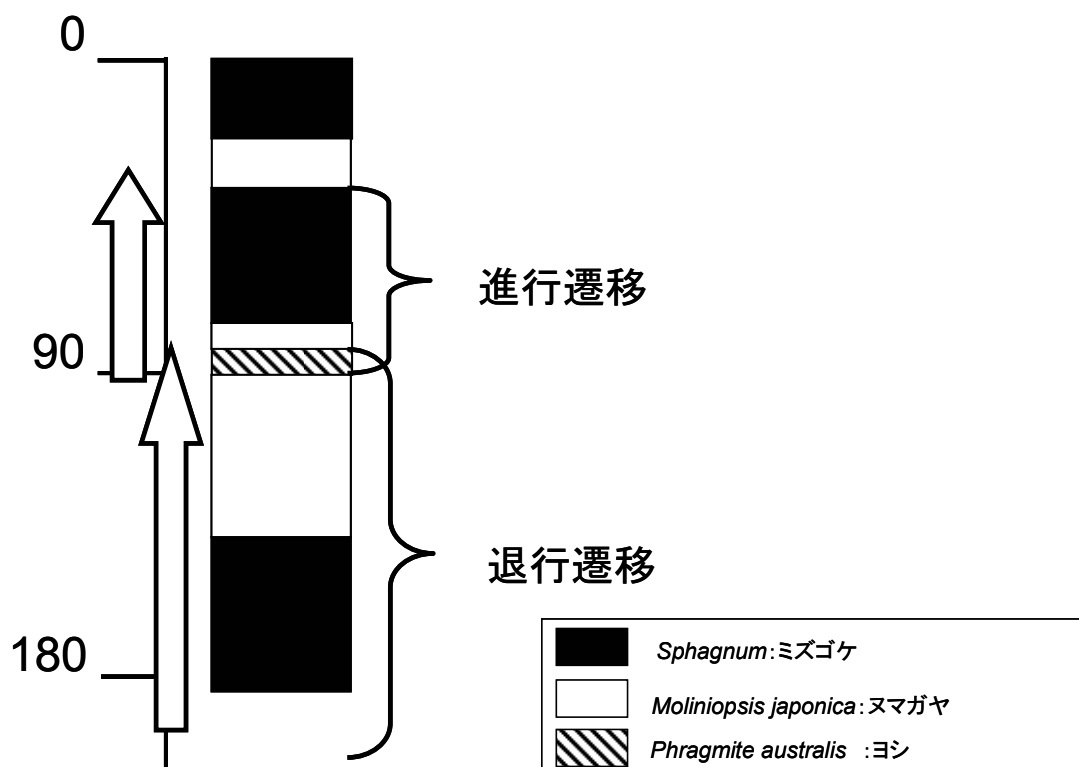


図 10. タデ原湿原の過去 1000 年間の植生変遷

3-4 植生遷移および化学成分の垂直分布

3-3 で示した植生遷移と対応して、core3 の元素分析の結果を見てみると（図 11）、深さ 155 cm からのイオウ増加と同期して、それまで優占していたミズゴケが消失し、ヌマガヤ、ヨシへと退行遷移していることが分かった。一方で、イオウ減少と同期してヨシからヌマガヤ、そしてミズゴケへと進行遷移が始まったことも分かった。

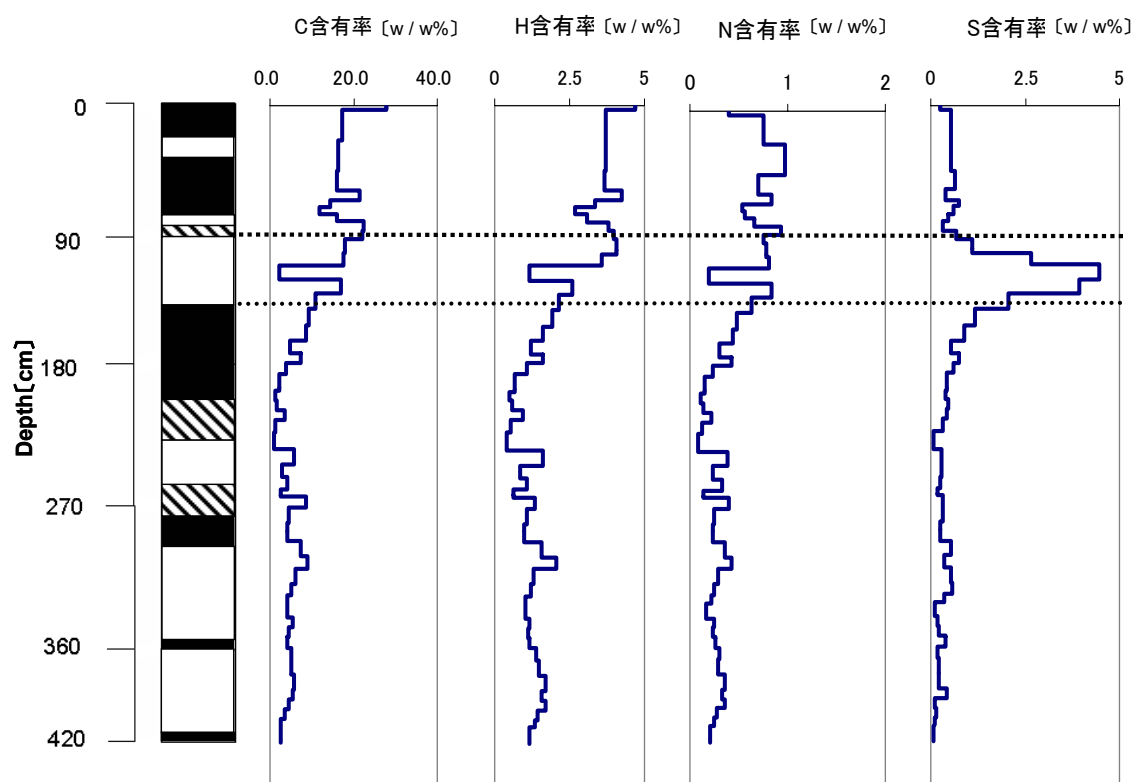


図 11. 植生遷移と化学成分との関係

3-5 植生変遷および交換性カチオンの関係

植生変遷と交換性カチオンの対比（図 12）を見ると、火山灰降下後は交換性カチオン量が増加傾向にある。また、そのことと対応して植生遷移を見ると、富栄養性のヨシが交換性カチオン量の増加と同期して生育していることが分かった。

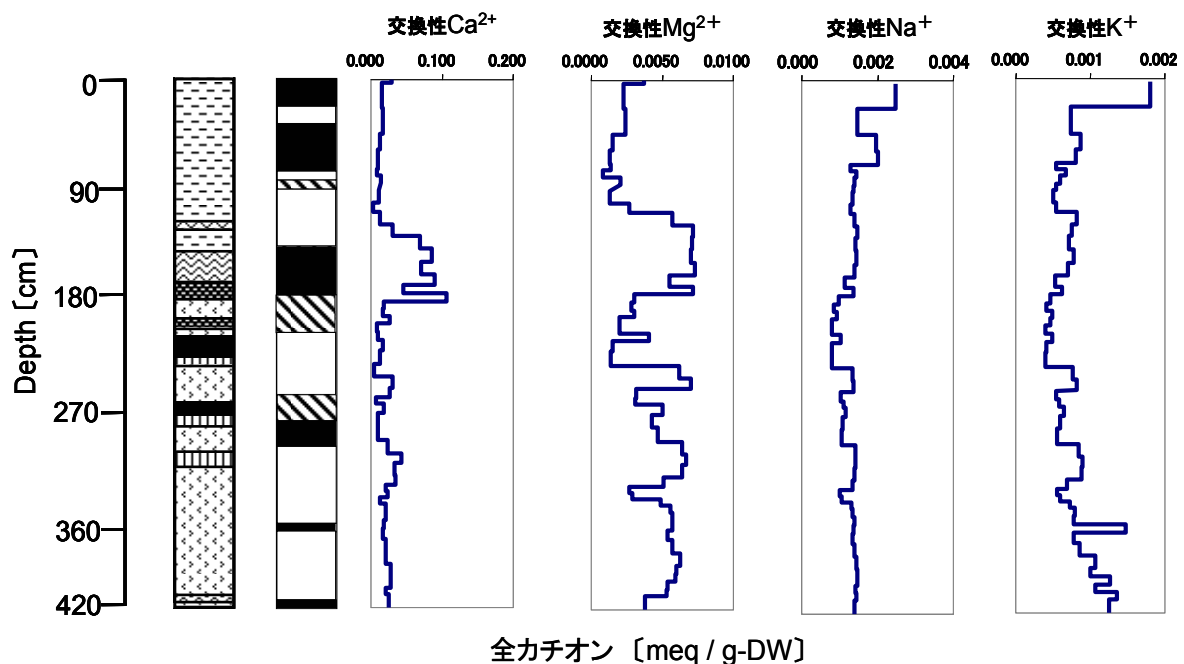


図 12. 植生変遷と交換性カチオン量の関係

4. 考察

4-1 イオウ増加と退行遷移

イオウの増加と共にミズゴケが消失し、ヌマガヤ、ヨシへと退行遷移が開始した。このイオウの増加始点の年代は ^{14}C 年代測定より 970 ± 40 y.B.P. であることが分かった。この時代は、九重火山が頻繁に噴火している時期であり、 980 ± 30 y.B.P. にも一回噴火していることが記録されている。(地質調査所、1997) したがって、このイオウの起源はこの火山活動である可能性が示唆される。火山で見られるイオウは、もともとマグマの中に溶け込んでいたものである。マグマが上昇し、圧力が減少するのに伴い、イオウなどの揮発性成分がマグマから抜け出し、火山ガスとして地表へと上昇する。火山ガス中の硫黄は SO_2 , H_2S , S_2 の形で存在し、これらのイオウのガスは、火山ガスが地表に近づき温度が低くなると一部が硫黄の結晶として晶出する。イオウを晶出するような噴気活動が長期にわたって続くと、結果的に相当量のイオウが噴気地帯やその地下に蓄えられることになる。このように火山活動の過程で蓄積されたイオウが溶解、噴出することは噴気地帯で小規模でも稀に見られる現象である。

本研究で分析したイオウの形態は不明であるが、前述したように火山活動の過程で蓄積したイオウである可能性は非常に高い。このイオウを含め、火山活動によって湿原内に栄養塩が供給され、富栄養下で生育困難なミズゴケが消失したと思われる。

4-2 植生変遷に及ぼすその他の要因

火山灰降下後、交換性カチオンが増加した。これは、泥炭層中に火山灰が混入すると通気性がよくなったために、泥炭の分解が進行し無機塩類が増加したと思われる。その無機塩類の増加により貧栄養性の植生（ここではミズゴケ）から富栄養な（ヨシ）植生へとヌマガヤを通りこして、変化としたと考えられる。

また、下層はコアの観察により礫が非常に多いという結果が分かった。したがって、この時代、河川の氾濫あるいは土砂の流入があったことが示唆される。それにより、栄養塩が供給され、ミズゴケの生育が困難な環境になったのではないだろうか。

4-3 タデ原湿原の植生変遷

タデ原湿原の植生変遷を全体的に見ると、退行遷移や、貧栄養性植物から富栄養性植物への急な遷移、そして単一の植物（ヌマガヤ）の厚い泥炭層の堆積があった。さらに土壌コアのデータとも対比させると、タデ原湿原が常に火山活動や河川の氾濫、土砂の流入などの攪乱が繰り返し起こっていることが推測される。これらの攪乱により、栄養分が供給されたのではないだろうか。

タデ原湿原は、周辺に九重火山群がある。この九重火山群は、4-1 でも前述したように頻繁に噴火していた。最近の研究で、過去 5000 年間に最低 8 回の噴火をしていることが分かっている。（地質調査所、1997）したがって、タデ原湿原は常に火山活動の影響を受けてきたことが予想される。これらの噴火は、植生変遷および化学成分の不連続性の原因となることが示唆される。

5. 結言

本研究により、タデ原湿原において火山由来のイオウの増加が湿原植生に影響を及ぼし、退行遷移を引き起こす原因となりうることがわかった。また、周辺の山々による度重なる噴火活動により、植生遷移が影響を受けていることも分かった。

しかしながら、湿原は様々な攪乱を受けながらも、次第に退行遷移から進行遷移に回復する能力を持っていることも明らかとなった。

今後の展望としては、他の火山群湿原を新たな調査地とし、より詳細な植物種の同定（花粉分析）、気候などの環境要因も考慮した上で、より説得力のある議論ができるであろう。

また、タデ原湿原においては、確認できた火山灰の成分を EPMA で定量分析することにより、その起源を同定できると考えられる。そして湿原内部で泥炭層を底まで採取し、珪藻分析などによりタデ原湿原の初期形成のメカニズムが解明されることだろう。

謝辞

本研究を実施するにあたりまして、ご協力頂きました、原口昭教授、伊豫部勉特別研究員、セブンイレブンみどりの基金様、計測・分析センターの皆様、原口研究室の皆様方に心からお礼を申し上げます。

参考文献

Leslaw WOLEJKO and Koji Ito(1986) MIRES OF JAPAN IN RELATION TO MIRE ZONE, VOLCANIC ACTIVITY AND WATER CHEMISTRY. 日生態会誌(Jap. J. Ecol.), 35 : 575－586

S. HOTES, P. POSCHLOD, H. TAKAHASHI, A. P. GROOTTJANS and E. ADEMA(2004), Effect of tephra deposition on mire vegetation:a field experiment in Hokkaido, Japan. Journal of Ecology 2004 92, 624-634

阪口豊（1974）泥炭地の地学 東京大学出版会

斉藤新一郎（1971）十勝川河口ふきんの火山灰層と耕うん地拵について 北海道林業試験場報告 第9号

Stefan Hotes, Peter Poschlod and Hidenori Takahashi (2006), Effect of volcanic activity on mire development: case studies from Hokkaido, northern Japan The Holocene 16, 4(2006)pp. 561-573

山田忍（昭和 17 年）火山灰介在が泥炭層の形成に及ぼす影響に就いて（北海道農業試験場）

佐藤夕紀・和田恵治・橘ヒサ子（2004）サロベツ湿原で見出された樽前山 1739 年噴火火山灰（Ta-a）北海道教育大学大雪山自然教育研究施設研究報告 第 38 号

千田昇（2002）くじゅうタデ原地域の地形・地質 くじゅうタデ原地域自然環境学術調査報告書 2002、大分県・九重町