

# クロボク土とその形成環境

山野井 徹

(山形大学教養部地学科)

## はじめに

我が国の第四系の最上部にクロボク土と呼ばれる土がある。黒い色をして軟らかく、水はけが良く乾いても決して硬く固まらない土である。この土は、地表に現れ、農業や林業の基盤となることから、主に、土壌学的な視点から研究されてきた。そしてこの土は、火山灰を母材とし、そこに腐植が集積したものであると考えられてきた。小林国夫(1967a, b) など少数の地質学者は、クロボク土が土壌であることに異議を唱え、堆積物であると主張した。しかし、その後の土壌学の進展の中で、クロボク土は依然として、火山灰土壌とされているにもかかわらず、地質学的な検討はなされないままであった。こうした状況に対して、異説に再び光を当て、地質学的な観点でクロボク土の研究を行なうものである。

クロボク土には、多くの有機物が含まれ、泥炭に似た外見を示すことから、花粉分析学者の多くは、この土の分析を試みている。しかしながら、花粉や胞子は見つからないか、あったとしても少量で、保存不良などの悪条件が重なるため、この土は分析の対象としては適さないとされてきた。ただ、クロボク土は、分析の過程でアルカリ処理によって溶け出す暗褐色の溶液や、分析の最後に得られる異様に黒い多量の炭質物が、泥炭のそれらとは異質のものであるという印象を強く与えてきた。

泥炭は、植物遺体が湿地で堆積したために、それが微生物による分解を免れて残ったものである。普通の地表は水はけが良く、そこでの植物遺体は微生物などによって速やかに分解され、やがてその姿を消す。クロボク土は、水はけの良い場所に分布しているにもかかわらず、有機物が完全に分解されずに多量に含有されている。そこで、この研究では、クロボク土について、未解決であった有機物の集積・保持の機構をとり上げることにした。また、このような土が後氷期にしかないという実態は、この時期が他の時期にはない特異な環境にあったことを意味し、それが何であるかを探ることもこの研究の目的とした。

クロボク土の形成環境を明らかにするためには、まず、クロボク土の母材に関する問題を解決する必要があるだろう。それは、クロボク土が土壌であるか堆積物であるかといった基本的な課題である。そのため、この研究では、従来の土壌説と堆積物説の論点を整理し、実際に野外で多くのクロボク土を観察し、証拠が不十分に論じられていたことについての検証も行った。そして、 $^{14}\text{C}$ 年代の測定を通し、クロボク土は、火山灰のユニットが母材となって、そこに腐植

が集積してたのではなく、腐植自体が年代の順に累積していることを明らかにした。すなわちクロボク土の本質は、土壌ではなく、堆積物であることを指摘した。またクロボク土の腐植は、同一試料であっても、古い年代と新しい年代を示す炭素から構成されていることもわかった。古い年代の炭素はアルカリ溶液に不溶のヒューミンの炭質物粒子のものである。この炭質物粒子は、特有の形態をもつ黒色炭質物を主体としており、ほかの有機質土の種々のヒューミン粒子との比較検討により、燃焼炭微粒子であることを明らかにした。次に、クロボク土層は、ローム質層から漸移しているという法則性があることから、ローム質土の堆積環境をまずは資料の豊富な関東ロームで考えた。その結果、関東ロームのローム質層は、その本質は火山灰ではなく、風成層であると結論された。さらに、一般的にも、クロボク土層の下にあるローム層は、風成層であり、火山灰ではあり得ないことを述べた。このことにより、クロボク土が火山灰土壌であるされてきたことは誤りであることも指摘した。すなわち、クロボク土層はローム質層と同様の風成層であり、ローム質層に比べて、燃焼炭微粒子を含み、多量の抽出腐植を保持する堆積物であるといえる。そして、ローム質層のクロボク土層化は、地域的な差はあるが、その地域における縄文人の野焼き・山焼きの開始された時期と関係するであろうことを指摘し、クロボク土の生成には、その背景に阪口(1987)の提唱する「黒ボク土文化」が確かにあったことを述べた。

以上のように、この研究で出された結論の多くは、従来のクロボク土の成因に関しての、いわば定説とは大きく異なるものである。したがって、これまでに従来の定説をベースになされた多くの土壌学の研究成果とは多くの点で、見解の相違がある。しかしながら、そうした相違が、派生的なことで土壌学や地質学のより基本的な部分に直接かわからない場合は、一つ一つとり上げて反論することをしなかった。それは、この研究が、土壌学や地質学の基本に戻ってクロボク土を見直すことに主眼を置いたからである。この研究で得られた結論に対しては、幾多のご批判があるかも知れない。そうしたご批判をいただきながら、さらに未解決の課題にとりくみたいと思う次第である。

この研究行うに当たり、土壌及び、土壌学の文献についてご教示頂いた静岡大学農学部元教授、加藤芳朗博士、日本大学農獣医学部の松井健教授、専修大学文学部の阪口豊教授、並びに、山形大学農学部の安藤豊教授に御礼申し上げます。また、土壌学などに関する文献をお送りいただいた多くの方々にも謝意を表する次第です。なお、この研究には、文部省の特定研究経費と同重点領域研究「文明と環境」の経費の一部を使用したことを記して御礼とします。

## クロボク土の正体に関する2つの説

クロボク土が堆積物か、土壌かについての論議は、1967年になされて以来、土壌学的な観点からは土壌であることを支持する見解があったが、地質学的に

は、ほとんど顧みられなかった。したがって、この問題は、とくに地質学的な検討が待たれていたものでもある。そこで、これまでの主な議論を再びここにとり上げることから始めたい。

まず、クロボク土（以後「黒土」と同義）が堆積物であるという説からあげたい。小林国夫（1967a,b）は、遺物の包含層としての一連の黒土においては、下位から上位へ順次、古い形式から新しい形式の縄文土器の産出があることなどを例証としてあげ、黒土の形成は物質の累加を基本としたものであり、層序学的単位として意味のある堆積物であるとしている。また、町田（1967）は、町田（1964）の調査に基づき、富士山周辺におけるいくつかのテフラ層のある部分が、西南関東では、黒土層に移化することや、これらの地層から産出する石器の新旧関係などから、黒土層は地層累重の法則が成り立つ堆積物であると述べている。

こうした堆積物説に対して加藤（1980）は、黒土の下限の年代が場所によって異なる事実をあげ、このことは母材（火山灰）の堆積と、その後に起こる腐植の集積（土壌化）とが場所によって異なるためであると解釈し、小林（1967a）の黒土の下限が、時間的な意味をもつとしたことへの反論としている。さらに加藤（1972）は、黒土層の下限が漸移的で不明瞭なことも火山灰の母材に腐植の集積作用が働いたとする根拠と考えた。松井（1967,1968）は、黒土は母材（火山灰）の堆積後、腐植の集積によって土壌としてのA層（黒土層）が作られることが基本で、一見、一続きに見える厚い腐植層は、ほとんど例外なく、そうした soil stratigraphic unit の集合であるとした。そして、土器の多くは（埋没）A層から出土するという。こうしたことから、下位のローム層から上位の黒土層へ連続する地層の層序学的な境界は、2次的に形成されたA層（黒土層）の下限にあるのではなく、1次的な堆積物である母材の境界にあり、この境界を見分けられぬベドロジストは少ないであろうとしている。

黒土の成因に関してはその基本の部分で、上のような「堆積物説」と「土壌化説」の2つの対立する見解があった。1969年から2年間にわたり、黒土に関する総合研究（代表者：多田文男）もなされている。そして、第四紀学会の会誌にその成果が特集された（第四紀研究、第10巻、p.115-164）。しかし、これらの成果には、「堆積物説」、「土壌化説」のいずれかを直接検証するような研究成果は見られない。その後（あるいはそれ以前を含めて）黒土の成因に関しては多くの研究がなされてきた。そして、黒土の中に、プラントオパールが存在し、それはイネ科のものが多く（加藤、1978）、オパーリンシリカの微粒子が存在すること（庄子、増井、1969）、風成塵粒子が含まれること（井上、1981）などが判明した。また、黒土の化学的な組成についても詳しく調べられた〔例えば、熊田（1958）、弘法・大羽（1974）、足立（1972）、河田（1975）など〕。

このようにクロボク土の研究は、上記のわずかな地質学的観点のものを除くとそのほとんどが土壌学的観点のものであった。クロボク土が堆積物か土壌かといった基本的なことが曖昧にされていたことは、この土が、第四系の最上位

にあって、その多くは地表に続く位置にあることから、地質学者も、土壌学者も暗黙のうちに「土壌」と信じ込んでいたからかもしれない。境界領域の盲点とはこのようなものであろうか。かつて井尻(1965)は、「土器がどうして土の中にうまるのか」に始まる諸疑問を、レス(風成塵)の存在にふれながら、土壌学者に問うた。こうした単純な疑問に対し、未だに回答となるような成果はでていない。「土壌」として信じられていた土が、実は「堆積物」であった、ということはないのであろうか。土壌の一つと多くの土壌学者に信じられている黒土についても、その成因が、「堆積説」か「土壌化説」か、といった基本的な課題にまで戻って取り組む必要がある。

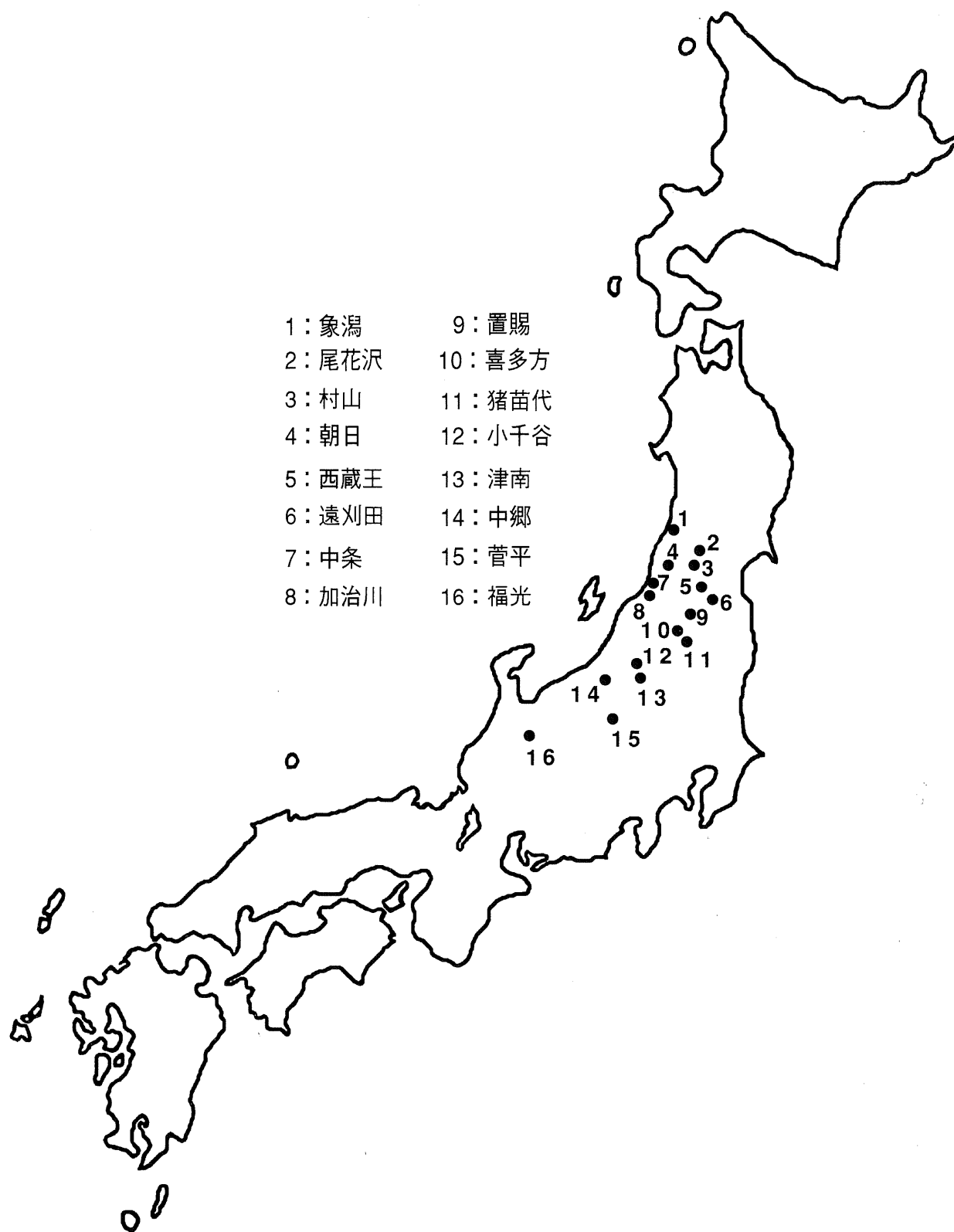
そこで、定説化していない両説の、論点を整理しておきたい。まず、土壌化説の論拠として、加藤(1964、1972、1980)があげる黒土の下限が、場所によって異なる年代を示すことや、漸移的であることは、土壌化説ばかりでなく堆積物説の解釈にも適用できる。こうした現象は、土壌化説にことさら有利であるとも言えないし、堆積説を否定する材料にも使えない。次に黒土層からの土器の産出に関しては、小林(1967)が神奈川県の大丸遺跡から、新旧土器の産出状況を示して、黒土層が堆積性のものである可能性を指摘しているのに対し、松井(1968)は、土器の多くは土壌化したもののうちの(埋没)A層から出土するという。この土器の産出に関しては小林(1967)が具体的なデータに基づいているだけに科学的な評価は高い。また、松井(1968)は、厚い腐植層は soil stratigraphic unit の集合であるとしたが、その露頭が関東ロームが分布する台地のどこの地点にあるのかについての記載がない。したがってこの見解に対する普遍・妥当性の評価は問題として残る。このようにして論点を整理すると、未解決の問題として、1. 厚い腐植層(黒土)はunitの異なる母材の累積であることが普遍的に認められるか否か、2. 黒土から産出する土器が、土壌区分でいう(埋没)A層に多いか否か、の2点が残されている。

## クロボク土の観察と調査

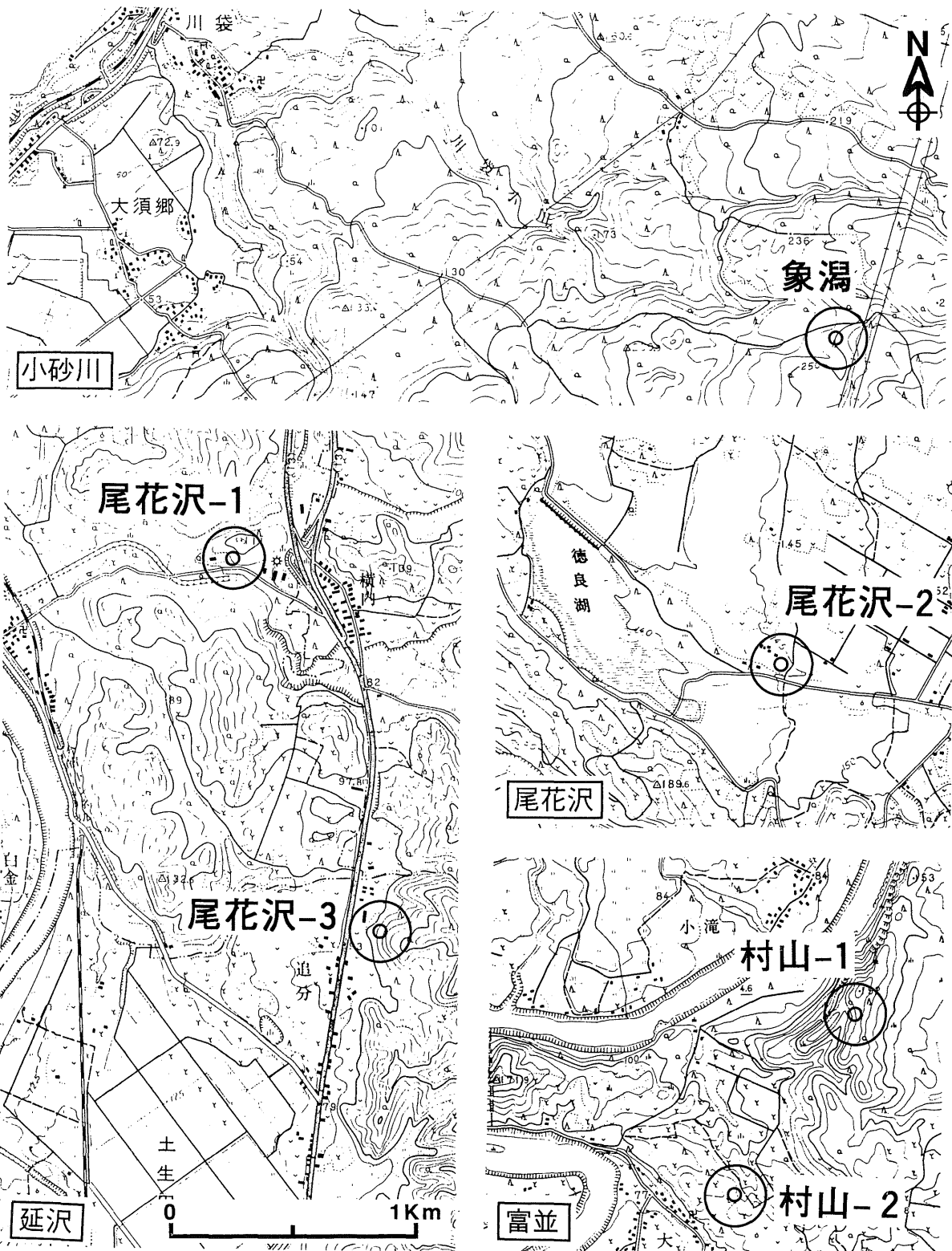
上記の未解決の問題を意識しながら、各地に分布するクロボク土の断面を詳しく観察してみた。観察した露頭のうち、その主な地点は、第1図に示すとおり、秋田、山形、宮城、福島、新潟、長野、富山の各県にわたる範囲にある。各地点の詳細な位置は第2図に示した。そして、これらの露頭の観察に加え、両説の妥当性について、腐植そのもののに的を絞り、その放射性の炭素の示す年代を測定して検討することにした。

## クロボク土の観察・調査の結果

各地点で観察したクロボク土の露頭のうち、主な柱状図を第3図に示す。クロボク土は、それぞれの地域に発達する新第三系や、より古い第四系といった

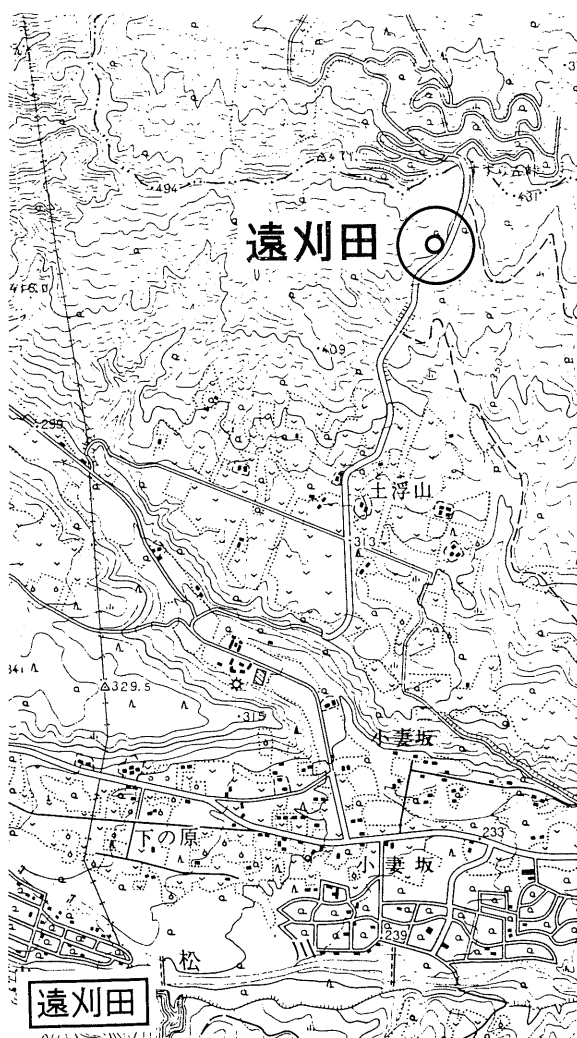
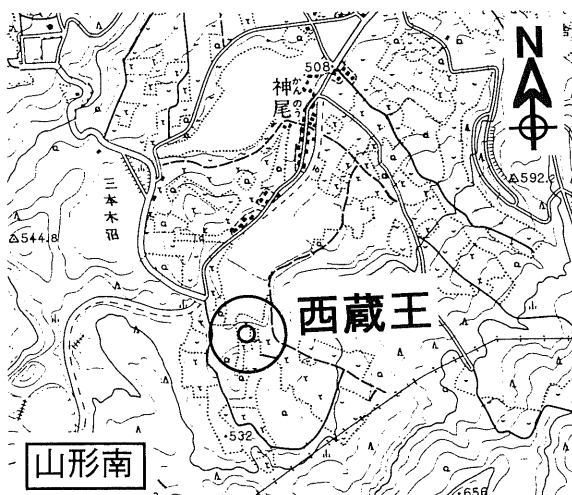
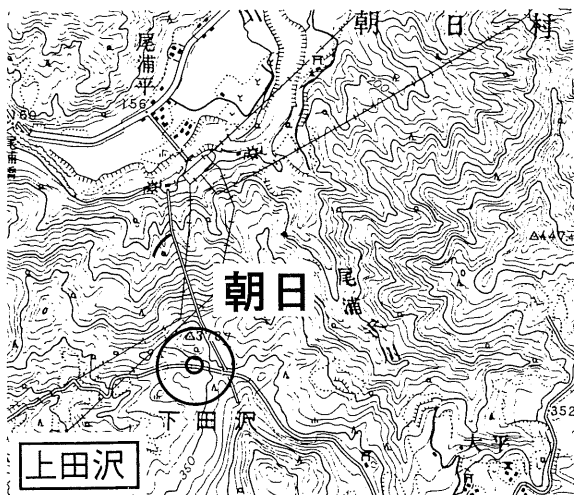


第1図 クロボク土の主要観察位置



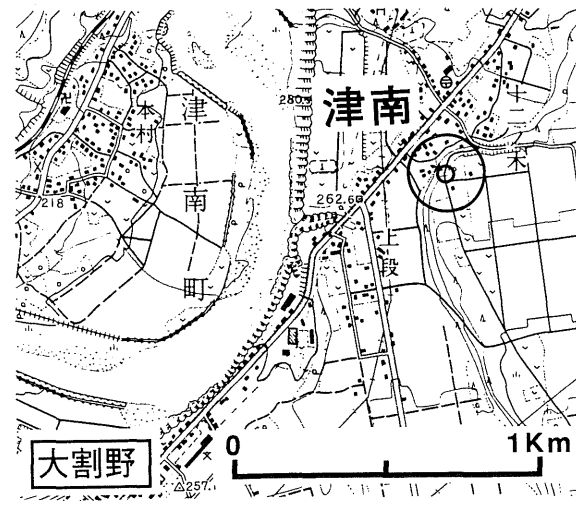
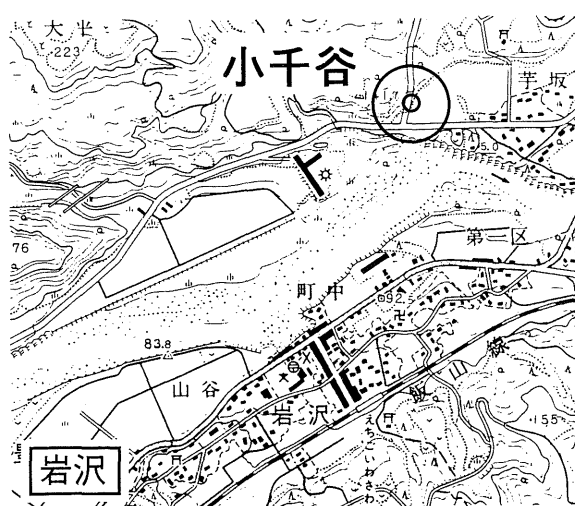
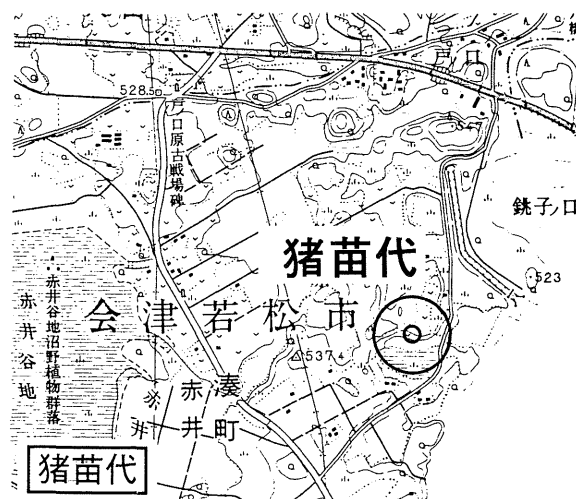
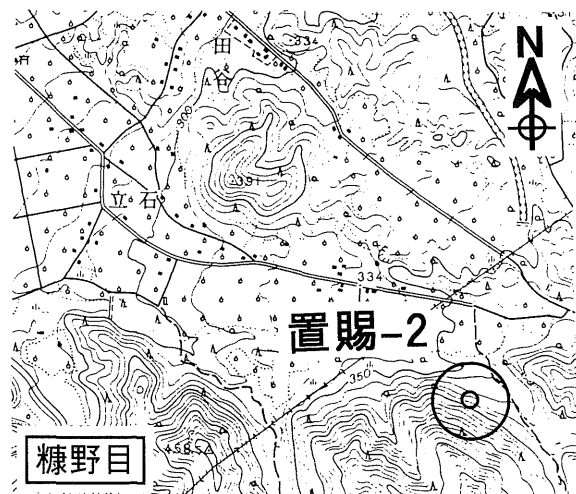
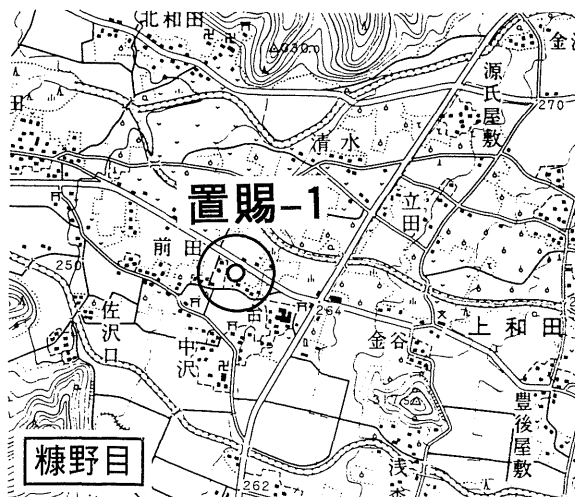
第2図 クロボク土の主要観察地点（その1）

これらの地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図を使用したものである（各図の左下に地図名）。縮尺、方位は全図同様である。



第2図 クロボク土の主要観察地点（その2）

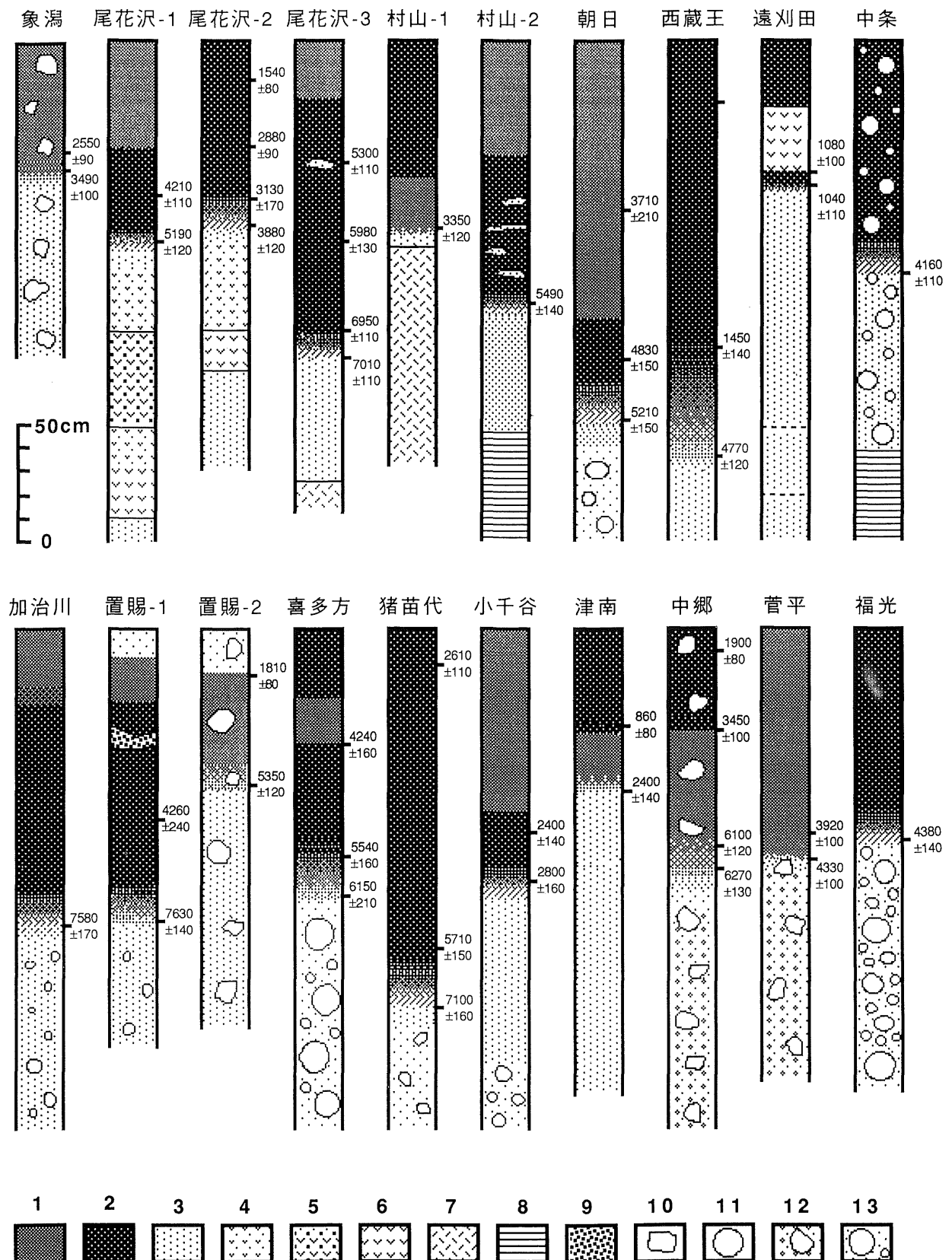
これらの地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図を使用したものである（各図の左下に地図名）。縮尺、方位は全図同様である。



第2図 クロボク土の主要観察地点（その3）

これらの地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図を使用したものである（各図の左下に地図名）。縮尺、方位は全図同様である。





第3図 クロボク土の発達する主要観察地点における柱状図  
 1:茶黒色クロボク土, 2:黒色クロボク土, 3:ローム質土, 4:火山灰交じり  
 ローム質土, 5:火山灰質砂, 6:火山灰, 7:凝灰岩, 8:泥岩, 9:砂,  
 10:角礫, 11:円礫, 12:岩屑流堆積物, 13:砂礫, 数字は<sup>14</sup>C年代

いわゆる基盤岩の上に発達するが、直接そうした基盤岩に接している例は認められなかった。すなわち、基盤岩の上には、褐色のローム質土があり、そのローム質土がクロボク土に漸移している。ローム質土は、それが薄い場合は、下位の基盤岩の岩質に類似する。基盤岩が新期の第四系（例えば、段丘堆積物、泥流状堆積物、崩積土など）の場合は、その上位のローム質土層に漸移することが多い。クロボク土は、黒色の強いもの（黒色クロボク土）と茶褐色を呈するもの（茶褐色クロボク土）とに大別される。1つの露頭で両者が重なる場合があるが、いずれが下位にくるかは、特定されない。両者の境界は、一線で画し難いが、急変している。クロボク土は、上記の両者が、層理を成すほかは、塊状で無葉理である。ただし、ときに、燃焼炭の細片がわずかに交じったり、ローム質土のレンズなどが夾まれることもある。なお、礫が混入するクロボク土は、それが急斜面にある場合に限られる。ときに、火山灰層や、粗粒砂層が介在されるが、それらは上下のクロボク土にシャープに接する。クロボク土の上限は、同様の土質で、現生植物の腐植に富む表土に漸移することが多いが、ときには下位と同様なローム質土に覆われて、表土に至っている例もある。

クロボク土の分布は、いわゆる沖積面より上位の平坦な面の上に、比較的広くまとまって分布するが、その区域は限られている。他方、傾斜地では尾根部や、水の流れるような谷部にはなく、微凹地や山裾を埋めるように分布している。沖積面などの低湿地や、山間部の湿性地などの地表下には、粘土質の黒色土（以後「黒色粘土」と呼ぶ）が分布している。この土は、自然状態では、地表下にあって露出していないが人為的に掘り下げたときに見られる。色は黒色ないし灰色で茶褐色のものはない。下位層とは灰色ないし青灰色の粘土に移化し、上位は下位と同質の粘土かあるいは耕作土や、現生植物の腐植に富んだ表土に連続する。こうした地表下の黒色粘土は、上記の比較的水はけの良い所に分布するクロボク土とは、色の黒さにおいて共通するが、一般に粘性が高く、乾燥させると固く固結することなど、性質が異なる。

<sup>14</sup>C年代の測定は、アメリカのテレダイン アイソトープ社に依頼して測定したものであるが、その結果は第3図の中に示した。

### クロボク土は土壌か？

クロボク土が土壌であるか堆積物であるかの論点については先に整理したとおりである。すなわち、松井(1968)が「土壌説」の立場で指摘した、1. 厚い腐植層（黒土）は unit の異なる母材の累積である、2. 黒土から産出する土器が土壌区分でいう（埋没）A層に多い、という2点が黒ボク土層において普遍的に認められるならば、「土壌説」はその優位さがより確固となるであろうし、しからざる場合は、これまでに主張されている「土壌説」の主たる根拠はなくなり、小林国夫(1967b)の「堆積説」が残ることになる。

まず1.についてであるが、クロボク土を特徴付ける腐植は、母材があつて、

それに集積したものであるとすると、土壌学で言うA層、B層、C層などが区分できるはずである。これらのうち、C層は、母材そのものであるから第3図の柱状図では、ローム質層がこれに当たる。そしてこのローム質層に、腐植の集積が進んだものがクロボク土であるならば、この部分がA層であることになる。B層とは一般に、A層から何らかの影響を受けている部位であるから、B層は、第3図では、ローム質層とクロボク土との間にある漸移帯の土を当てることができる。こうした土壌化の区分で、各露頭を見ると、それぞれの地点で異なる多様なA層（クロボク土）があつて、その下にほぼ共通なB層（漸移帯土）とC層（ローム質土）が続いていることになる。

そこで、問題はクロボク土のA層であるが、1つの母材のユニットにおけるA層は、加藤(1964)は、場所によって異なるが、数10cmになりうるとしているし、松井(1968)によれば、根の分布、地中動物の混和作用、腐植の垂直移動等の相互作用によって決まるもので、原則的に不定であるが、イネ科の根系の平均的な深さ（20 30cm）は一応の目安となろうとされている。さて、野外において観察したA層は、第3図に示されるように、黒色のクロボク土と、茶褐色のクロボク土とのユニットに分けられるが、いずれも塊状で、それぞれをさらに細かなユニットには区分できない。ここで、B層（漸移帯土）の直上にくるA層（最下位A層）のみに注目すると、ほとんどの最下位A層、は30cm以上の厚さをもち、それ以下のものはむしろ例外である。この例外的な地点（尾花沢-1、村山-1、小千谷、津南）をも含めて、最下位A層の上に別のユニットとして、C層（ローム質の母材）やB層（漸移帯）が再びくるという例はなく、違った岩質のクロボク土であるA層（上位A層）がくる。しかもその上位A層の厚さは、また30cm以上であることが多い。言い換えれば、B層（漸移帯土）の上にくるA層（クロボク土）には、30cm以下の母材が、A層化したものの集合体としてできたものであるという形跡はない。なお、加藤(1987)は、母材の堆積量が少なくなると、各ユニットでA層の占める割合が高くなり、C層は消失し、いくつかのユニットからなる母材は、一見均一な1つのA層のようになると考えている。このような解釈が成り立つならば、A層のなかでは、異なった母材のユニットを完全に識別することは不可能になる。こうした解釈はあるにしても、確認すべき課題の、1.厚い腐植層はユニットの異なる母材の累積であることの証拠は本調査の限りでは認めることはできない。また、松井(1968)はA層の厚さが 20 30cm より厚く発達する場合は、再堆積などを疑った方がよいとしている。そうであるならば、第3図で観察したような各地のA層は、むしろそのほとんどが、堆積物（再堆積物）である。

次に、2.の課題の、土器の産出が、（埋没）A層に多いか否かであるが、本調査で、土器の産出を見たのは、喜多方地点（第3図）のみである。産出は、黒色クロボク土に夾まれた燃焼炭などを伴う茶黒色クロボク土からである。土器は、この茶黒クロボク土のほぼ中央部に多数埋積されていたことを広く露出する断面の水平方向において確認した。この事実、土器が、地表からもどり

込まないものとすれば、当時の地表は土器の下限にあることになる。またこの下限は、土壌説によるならば、母材のユニットを区切る境界面であるはずである。この部分を何回か削り直してそのつもりで見ても、そこを境に土質が変わっていないことが確認できた。このことは、腐植は後から集積したとする土壌説をとるにしても、その母材の集積は、燃焼炭の堆積や、土器の埋積とともにゆっくりと進行したことを示す1つの証拠となる。なお、この2.の課題に関する観察は1か所のみであるので、（埋没）A層から、土器の産出が多いか否かの結論はここでは保留したい。

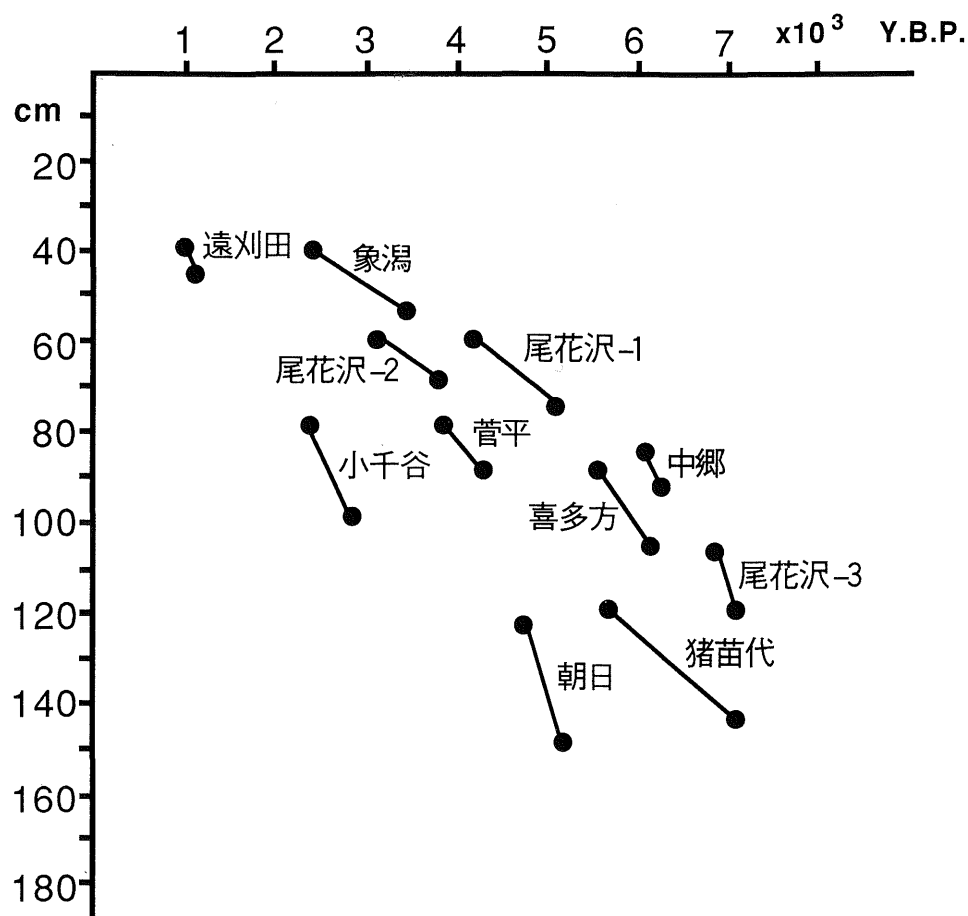
以上のように、クロボク土そのものの観察によって、腐植が土壌化によって集積したとされる根拠の1部は成立しないことが分かった。しかし、他方の説である堆積によるものという決定的な証拠を見出すには至らなかった。両説の差違を見出しにくいのは、土壌説であっても、母材は堆積物であることから、そこに集積しているであろう腐植の集積構造と、母材のそのものの堆積構造とを分けて考えることが非常に難しいことにも起因するであろう。しかし、母材（腐植以外）は堆積物であることが確実であるから、その部分は一時考察の外に置き、まずはクロボク土の腐植の部分に注目したい。

## クロボク土の腐植の示す年代

クロボク土は、その中に多くの炭化物を含むことが特徴である。この炭化物が、腐植として堆積したものか、あるいは、母材の中に2次的に腐植として集積したものかは、 $^{14}\text{C}$ 年代によって検討することが可能である。これまでに黒土に関する多くの $^{14}\text{C}$ 年代が求められてきた。それらの結果、同一地点の黒土が示す年代は、その上位ほど新しい年代を示している（佐々木ほか、1971 など）。このことは完全に、堆積説を有利にはしない。それは試料の測定間隔を狭めていったときにも成り立つ関係か否かは保証されないからである。すなわち、腐植が堆積したものであれば、どの部位においても、原則として上位の試料の年代は下位のそれよりも新しい。それに対して腐植が母材の中で2次的に集積したのであれば、測定試料の間隔が狭まって、同一母材の堆積ユニットの中に試料がある場合、試料示す年代は、下の方が新しいか、または同じかである。なぜならば、同一ユニットの母材での腐植の集積（土壌化）は地表から下に向って進むか、あるいは同時に進行するからである。したがって、土壌説側から見て、明らかに同一ユニットとして認められる部位において、上下関係にある腐植の集積年代は、両説のいずれが妥当であるかを決する十分な証拠となるはずである。

さて、上記の検証に適する部位は、一連のクロボク土の最下位の部分しかない。この部分は、観察したすべての露頭で共通するC層（ローム質土）、B層（漸移帯土）そしてA層（最下位のクロボク土）が接する部分である。このうち、C層には炭素が集積が少ないので、B層とA層とが対象となる。ただし、

A層は厚くなると、加藤(1987)が考えるように、その上位は、一見均一に見えても別の母材のユニットである危険性もある。そこで、A層の測定試料にそうした疑いを残してはならないので、B層に連続的に接するA層の最下部の試料を、B層（漸移帯土）の試料とセットにして採取した。これらセット試料の間隔は10~20cmの範囲にある。各地点からセットで採取した試料の年代の測定結果は、第4図に示すとおりである。



第4図 クロボク土の最下部から連続する2点における $^{14}\text{C}$ 年代

この図では、測定した11地点のすべての上・下試料のセットにおいて、上位の腐植は、下位の腐植より新しいことが証明できる。すなわち、クロボク土を形成する腐植は、母材の堆積があって、その後に地表から下に向かって集積成長したものであるという「母材ユニット腐植集積説」は否定される。しかしながら、ここで結論されることは、腐植の示す年代が、堆積の方向（順序）に調和（平行）的であることであって、腐植の集積が堆積時に完結していることまでを意味するものではない。宮崎(1971)は各種の土壌試料を構成する有機物をいくつかのフラクションに分け、それぞれの $^{14}\text{C}$ 年代を測定した結果、得られた年代にかなりの開きがあることを認めている。宮崎(1971)の報告で、各フラクションが示す年代の新旧のあり方が必ずしも同一傾向にないことは、土壌の

種類によって腐植の形成機構が異なることによるのかもしれない。クロボク土の測定結果では、多摩ニュータウンの富士黒土層中部の試料では、アルカリ溶液に可溶な腐植酸で  $6540 \pm 100$  年前、フルボ酸で  $5370 \pm 200$  年前に対し、アルカリ溶液の抽出残渣であるヒューミンで  $7000 \pm 100$  年前という結果が得られている（宮崎，1971）。このことは、クロボク土では、ヒューミンが先に形成され、その後アルカリ溶液で抽出されるような各種の腐植が形成されたことを示唆している。そこで、このことの妥当性を確認する追試を行なってみた。すなわち、西藏王地点のクロボク土の3層準につき、全炭素とアルカリ液抽出残渣であるヒューミンにつきそれぞれの $^{14}\text{C}$ 年代を測定した。結果は第1表に示すとおりである。

第1表 西藏王地点のクロボク土の腐植中の異種の炭素成分が示す $^{14}\text{C}$ 年代

| 試料の地表からの深度 | 全炭素の年代          | ヒューミンの年代        |
|------------|-----------------|-----------------|
| 80cm       | $510 \pm 90$ 年前 | $640 \pm 80$ 年前 |
| 130        | $1450 \pm 140$  | $2630 \pm 120$  |
| 180        | $4770 \pm 120$  | $5420 \pm 110$  |

これにより、判明したことは、アルカリ溶液抽出後の残渣の腐植（ヒューミン）が示す $^{14}\text{C}$ 年代は、ヒューミンを含む全炭素が示す年代よりも古いということである。すなわち、クロボク土中の腐植は、下から上へ新しくなるという堆積の順に添った年代を示すが、同一層準の腐植であっても、それを構成する炭素は異なった年代を示していることになる。腐植はアルカリ溶液に解ける部分（以後「可溶腐植」という）と不溶な部分（以後「ヒューミン」という）に分けられている。可溶腐植は、植物遺体が微生物や小動物によって分解される過程で、化学的に形成される2次物質で、暗色無定形の高分子化合物であるとされている。可溶腐植については、土壌学の立場から化学的に多くの研究がなされている。しかし、他方のヒューミンに関しての研究はほとんどなされていない。

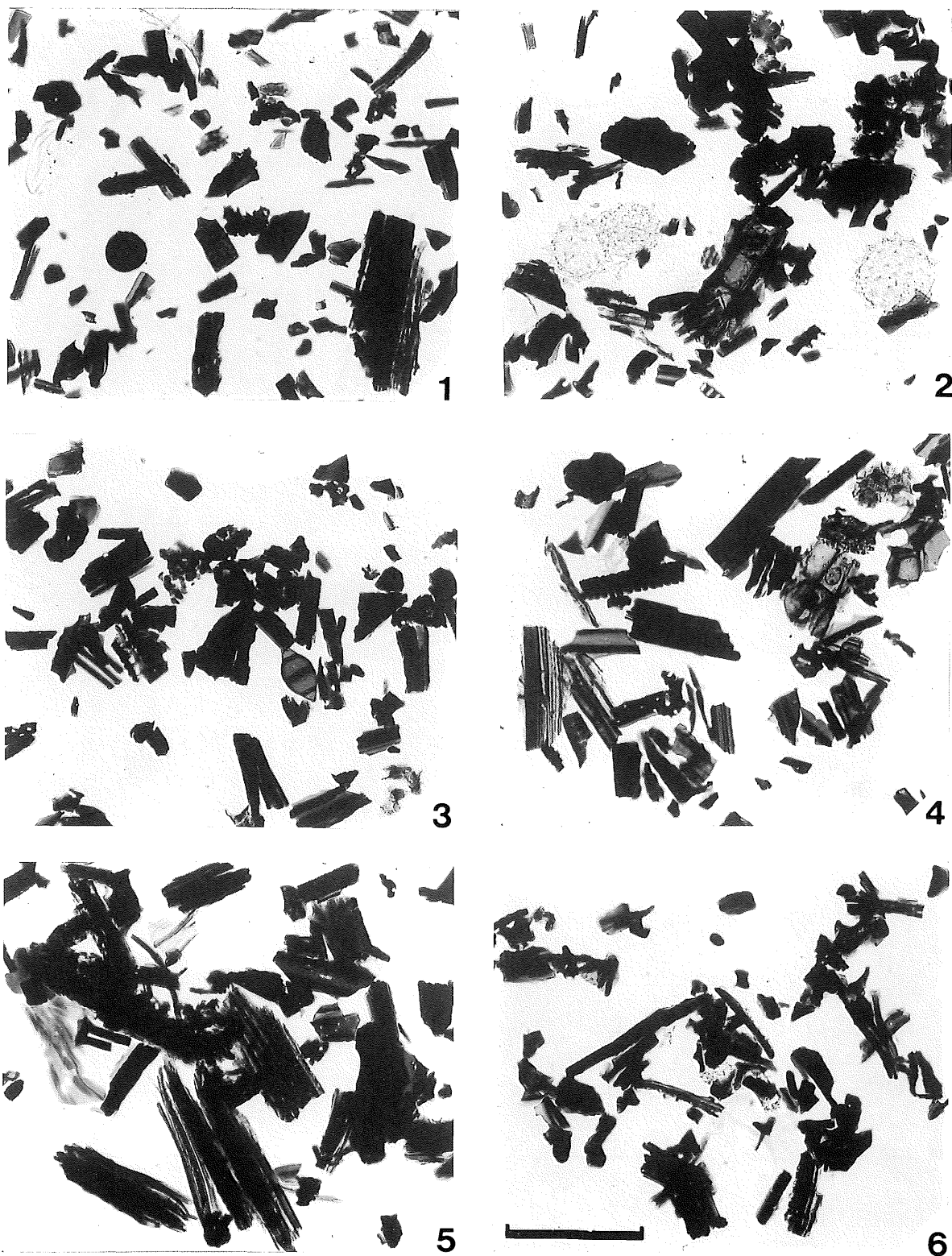
地表の植物遺体は、分解されながら少しずつ累積し、埋積されていく。分解は地下にあっても微生物や小動物などによって進行する。さらに埋積が進み、その微生物や小動物自身も可溶腐植の原料となって堆積されていくであろう。そして、微生物などが生存できない程度にまで埋積が進めば、それ以上の分解は進まない。その際、この深度でもまだ分解されずに残っている植物遺体があり、かつそうした遺体や二次的に形成された可溶腐植が保存される条件が長期間続いたとする。そのような地層に含まれる同一深度の有機物の $^{14}\text{C}$ 年代は、可溶腐植が植物遺体よりは若い年代を示すであろう。このような有機物の埋積機構を仮定すれば、上記のクロボク土中の可溶腐植とヒューミンの示す異なった $^{14}\text{C}$ 年代は理解できる。ここで、可溶腐植やヒューミンの保存される条件については後で考えることとし、クロボク土の中で、より古い年代を示すヒューミンの正体について検討を加えたい。

## クロボク土中のヒューミンの正体

ヒューミンを観察する方法として、花粉分析の手法を用いた。この方法であると、ヒューミンは花粉粒子のサイズの範囲（ $10\sim 100\mu\text{m}$ ）のものが観察の対象となる。その方法とは、KOH(10% 溶液)にて可溶腐植を抽出し、アセトリシス処理（氷酢酸で洗浄後、無水酢酸との濃硫酸の 9:1 の混液で処理後、氷酢酸で洗浄）、さらに鉍物質が多い場合は、フッ化水素酸で珪酸分を解かした。そして、比重 2 の重液（塩化亜鉛の飽和水溶液）で遠心分離し、沈殿しない部分を集めた。こうした残渣を水洗し、光学顕微鏡で観察するたにプレパラートに封入した。

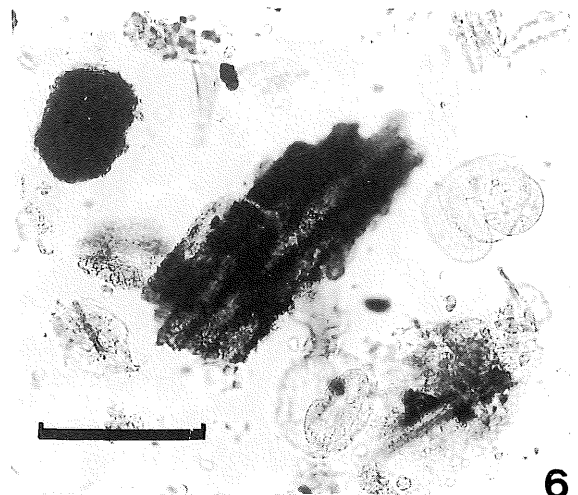
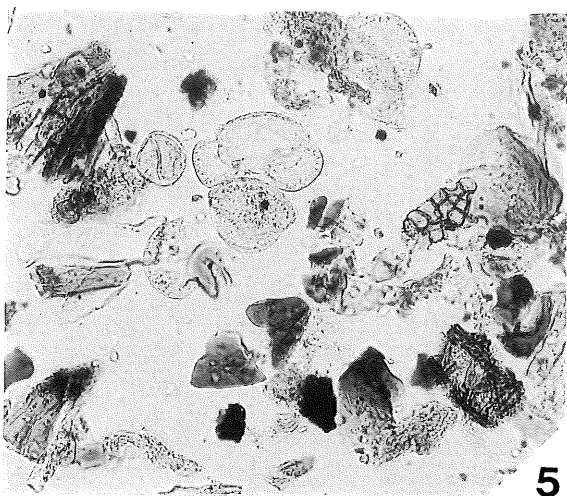
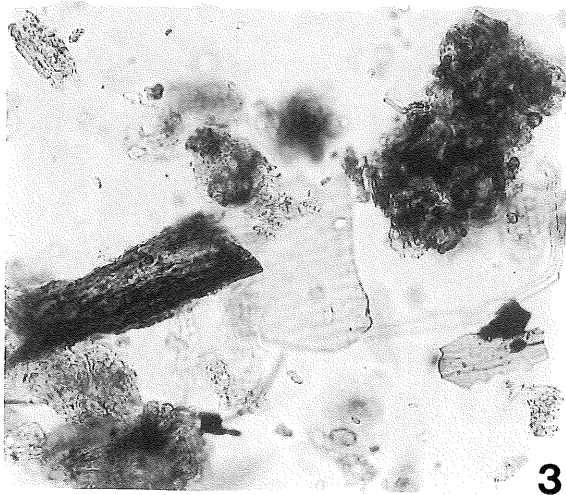
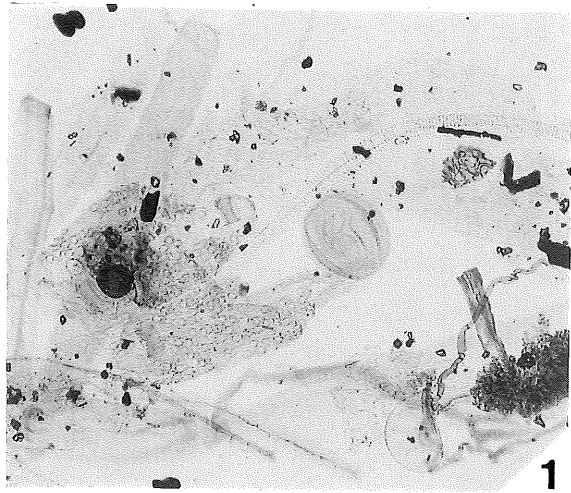
第 3 図に掲げた全地点につき、各 1 点のクロボク土を上記の方法で処理し、得られたヒューミンを観察した。その結果、クロボク土のヒューミンの最大の特徴は、構成粒子のほとんどが黒色ないしは茶黒色をした炭質物細片からなることである。黒色が強く不透明なものもあるが、多くの粒子の中に植物組織を残している。この炭質物の外形は一般に角ばった板状であるが、とくに細長い長方形（短冊状）の細片を主体としている（第 5 図の写真参照）。また、この炭質物の外縁は切り割られたかのようにシャープであることも特徴のひとつである。このような特徴的な炭質物細片（以後「黒色炭質物」という）がクロボク土のヒューミンの主体をなしていることは、調べた限りのすべてのクロボク土に共通することである。また、花粉やシダ類の胞子の含有は極めて少なく、ほとんど含まない試料もある。なお、花粉やシダ類の胞子の保存状態は極めて悪く、外壁の溶食がかなり進んでいるものもある。これに対し、菌類の胞子や菌糸は保存が良くほとんどの試料で観察できる。

以上のようにクロボク土中のヒューミンは、そこに共通に含まれる黒色炭質物を主体としていることが判明したので、次はこの黒色炭質物が何であるかが問題となる。黒色炭質物は植物組織を残す粒子であることから、クロボク土の中で、二次的に形成されたものではないし、ましてや地表からもぐり込んだものとも考え難い。すなわち、かつては地表にあった植物が、堆積物として埋積されたものに違いない。それならば、現在の森林や草原の表土の中のヒューミンと比較すれば、現生植物の何が黒色炭質物に相当するのか分かるかも知れない。そこで、森林（アカマツを交えるコナラなどの雑木林）と草原（ススキを主体としてヨモギを交える）の表土のヒューミンを観察してみた。その結果、現在の表土にあるヒューミンは、第 6 図に示すように、花粉や胞子、菌糸、それに、そのほかの植物遺体片などからなるものであった。このうちの植物遺体片は、茶色ないし黄色で、その外形は一定せず、輪郭も不明瞭なものであり、いずれも分解の過程にあるものと考えられる。このような植物遺体片は、黒色炭質物のように、外縁部が明確で植物組織を内部に残す粒子とは、全く異質のものである。したがって、現在の森林や草原の表土の中には、観察した限りに



第5図 各地点のクロボク土のヒューミン

いずれも特徴的な黒色炭質物からなる。花粉や孢子などの含有は少ないが、写真2ではキク科の花粉が、1ではシダ類の孢子が、1、3では菌類の孢子がみられる。1:象潟, 2:尾花沢-1, 3:尾花沢-3, 4:朝日, 5:中条, 6:喜多方, スケールの長さは0.1mmで、全写真に共通。



第6図 現在の表土に含まれるヒューミン

1～4：ススキを主体とする草原，5：アカマツを交える雑木林，6：アカマツ林，スケールの長さは0.1mmで、全写真に共通。花粉や孢子、菌糸などを含む植物遺体片からなる。植物遺体片は輪郭が、不明瞭で分解の過程にあるものと考えられる。黒色炭質物はみられない。

においては、黒色炭質物は見出しえなかったことになる。

数10万年もの間、植生の連続があったはずの大地が、ほんのわずかの表土（例えば褐色森林土）におおわれるだけであることはごく普通のことである。このことは陸上の地表に堆積した植物遺体は、そこが湿地でない限り、そのほとんどが速やかに分解されて姿を消してしまうからである。人類の異物でも同様で、遺跡の発掘の際、木製品が出るのは、湿地状態が続いていた場所に限られる。水はけの良い住居遺跡において、柱の差し込まれた跡は残るが、柱そのものや床、屋根材が住居跡を直接おお埋積層中に残されている現場を見たことがない。また、竪穴住居跡の埋積層は、とくに腐植に富むというわけでもなく、むしろ黒みに欠ける点すら指摘されている（小林達夫、1987）。ただし、竪穴住居の使用途中に火災があり、その床面のアンペラ（編物）が直接敷物にされていた状態で焼け焦げて残されていた例（小林、1987）は、植物遺体の保存に関して1つの暗示を与えてくれる。すなわち、植物遺体が埋積される前に燃焼によって炭化しているならば、埋積後もそれ以上に分解されることはないということである。

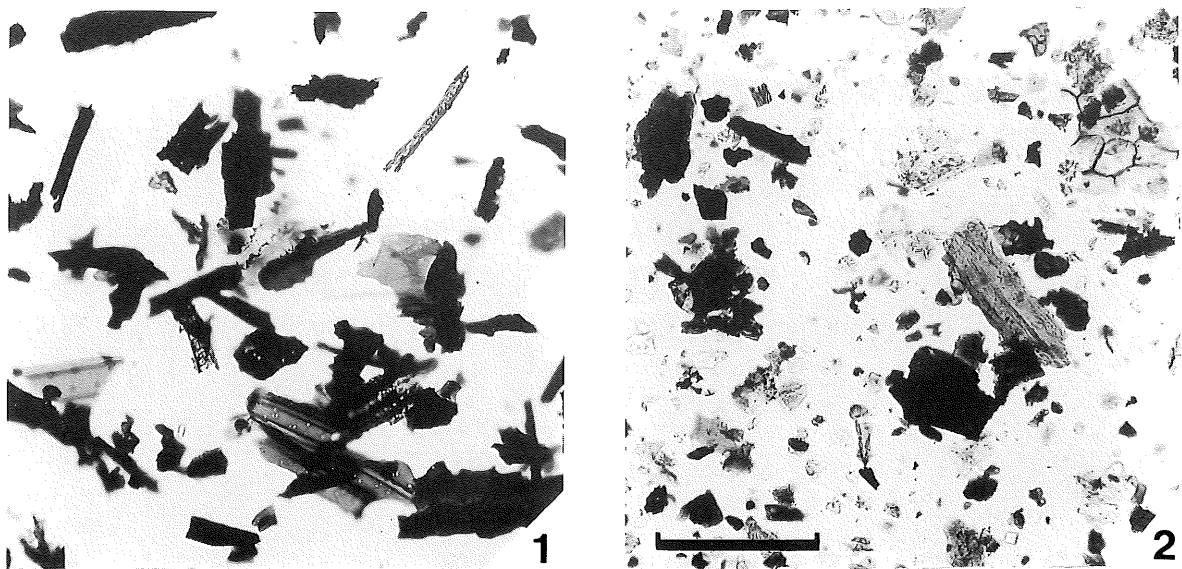
阪口(1987)は千葉県野田市の槇の内遺跡（縄文前期）の古環境復元のためのボーリング調査によるコアの花粉分析を行なった際、2600年前の海成層から、縄文期の湿地堆積物にわたって連続的に植物が焼けた灰の微粒子が産出することを指摘した。ここで阪口(1987)が述べた「灰の微粒子」は、その特徴から前記の黒ボク土中のヒューミンの「黒色炭質物」と同一の物質と考えられる。ただし、阪口(1987)が「灰の微粒子」と着想したことは評価に値するが、それが灰であるという根拠は示されていない。さらに、この「灰の微粒子」のうち、短冊型のものは主としてススキ、ササなどのイネ科の植物が、不定形のものは主として広葉草本あるいは広葉樹が焼けたものと推定している。これに関しても根拠は述べられていないが、重要な指摘であるので、次の実験を試みた。すなわち、ススキと4種の広葉樹（コナラ、ブナ、シラカンバ、イロハカエデ）の葉を燃焼させて炭にしたものを粉碎してそれぞれプレパラートに封入し、検鏡してみた。両者の粒子は第7図の写真に示すとおりである。このうち、とくにススキの燃焼炭の粒子は黒色炭質物の形態的な特徴と一致することが判明した。このことは、阪口(1987)の推定を支持する結果であったことも付記しておきたい。したがって、クロボク土中のヒューミンの主体をなす黒色炭質物は燃焼炭の粒子と考えるのが最も妥当であると結論される。

### クロボク土、ローム質土と火山灰土との関係

我が国の土壌学の教科書の中で、クロボク土は、ほとんど火山灰土と同義に扱われていことが多い。例えば、高井・三好（1977）の、クロボク土は「我が国の畑でもっとも広い面積を占める土壌で、火山灰および火山砂礫を母材とするいわゆる火山灰土壌で、…」といった表現である。先に、クロボク土の野外

観察と<sup>14</sup>C年代の測定結果に基づいて、一連のクロボク土の生成に関し、上位の腐植は、下位の腐植より常に新しい関係にあることを明らかにした。このことは、クロボク土の形成に関し、まず母材の火山灰が堆積し、その後、地表から下に向かって腐植が集積成長し、これを降灰のユニットごとにくり返してきたという説には妥当性が無いことを指摘することになった。実際の野外観察においても、クロボク土が火山灰と関連するという土壌学における常識は、地質学的な視点からは疑問が多い。ただし、「火山灰」という概念が、土壌学と地質学、あるいは考古学などにおいて異なっていたのかも知れない。もし、そうであるならば、この先も、混乱が生ずるので、ここで、クロボク土に関連する用語の定義は明確にしておきたい。

まず、「火山灰」の定義についてであるが、ここで扱う火山灰とは、火山の爆発的噴火に伴って、火山体から噴出したもののうち、液体として流れ出して大きな岩体を作る溶岩とは区別されるものである。これらは、堆積岩の中で、火山碎屑物として区分されるもので、この中に狭い意味での火山灰（粒径が4 mm以下のもの）がある。この狭義の火山灰を包括する火山碎屑物を「火山灰」としておきたい。この「火山灰」は、町田・新井(1992)の「テフラ」と同義である。



第7図 現生植物の燃烧炭微粒子（燃烧後粉末にしたもの）

1：ススキの燃烧炭，2：広葉樹（コナラ、ブナ、シラカンバ、イロハカエデの葉）の燃烧炭，スケールの長さは0.1mmで、全写真に共通。

さて、先述のように、クロボク土層の下にはローム質土があって、それがクロボク土層に漸移しているという関係が一般的であった（第3図）。このことは、いずれの場所でも、ローム質土の堆積に続いて、クロボク土の堆積があったことを意味し、両者の堆積環境には多くの共通点があったはずである。しかしその反面、異なった堆積環境が両者の岩質の違いを生んだに違いない。その違いが重要であるが、それは後で考えることとし、まずはローム質土とは何であるかについて考察を進めたい。

ロームとは、元来は、粘土、シルトが混合した土壌を言うが、土壌学の分野ではその混合の割合が定義されて用いられている。土質工学では、粒度組成で土質を区分する場合、粘土分、シルト分、砂分の組成比をその組み合わせで定義するときにロームという用語が用いられている。地質学においては、我が国では、関東ロームで代表的に使用されているように、土壌や土質の定義とは離れて、台地の上部を構成する地層として、褐色（黄土色）の粘土、シルトあるいは細かな砂を交えるような無機的な土質のものを一括して「ローム」と呼んでいる。ここでは、こうした黄土色の粘土、シルト、細砂の混合しているような土を土壌学や土質工学の定義するロームと区別して「ローム質土」として使うことにする。

関東ロームを構成するローム質土は、関東ローム研究グループ(1965)によれば、火山灰層、風成層、陸成層、風化層といった側面をもつものとして、多くの研究者によって、それぞれ記述されている。この中で、「火山灰層」あるいは「火山灰の風化層」であるという見解は、より厳密に検討してみる必要があろう。すなわち、関東ロームのローム質土の中には、いくつかのテフラが夾まれている。そうした火山灰は、ローム質土層の編年に役立っているように、それぞれの噴出源と年代が特定されている。それに対し、ローム質土はそれらが漠然としていて特定されていない。また、大磯丘陵の下末吉期の堆積物に見られるように、陸上で堆積し、ローム質土に夾まれている火山灰（テフラ）は、同時期の水中堆積物にあっても火山灰（テフラ）として対比される。これに対し、陸上で形成されたローム質土は同じ時期の水中堆積物では、泥、シルト、ユッチャまたは粘土、あるいは泥炭といった堆積相におき代る（辻、1980）。そしてまた、ローム質土から採取された同一試料には、起源の違う火山灰が交じりあっていることや、非火山起源の鉱物や岩片の混入が、ごく普通であるという事実（関東ローム研究グループ、1965）は注目に値する。さらに、ローム質土の中には植物の珪酸質遺体であるプラントオパールが普遍的に含まれている（加藤、1962； 関東ローム研究グループ、1965； 佐瀬ほか、1987； 上條、1987）。これらの事実は、ローム質土が、単一の起源を持つ火山灰から構成されるものではなく、いくつかの火山灰、非火山灰、あるいは植物遺体などの混合物であることを示している。言い換えれば、ローム質土を構成する粒子は、火山起源であることが本質ではなく、当時の地表にあった粒子が雑多に交じり合ったものと考えられる。粒子を移動させ、混合し、定着するまでのエネルギー

ーとしては、風、流水、クライオターベーション、バイオターベーション及び、重力などが考えられるが、平地や台地などでは、とりわけ風の力が大きかったと考えられる。その意味では、関東ロームのローム質土は、乾陸上で形成された風成層と位置付けておきたい。関東ロームにおけるローム質土が、「火山灰層」であると誤解されていた理由の一つに、風成堆積物のオリジンとして、富士山や浅間山などの火山灰がローム質土の堆積地の風上に豊富にあったことが上げられよう。関東ロームにおけるこうした誤解が、それ以外の地にあるローム質土の成因にも影響を与え、さらにこの誤解が、クロボク土の成因にまで及んでいたのかも知れない。

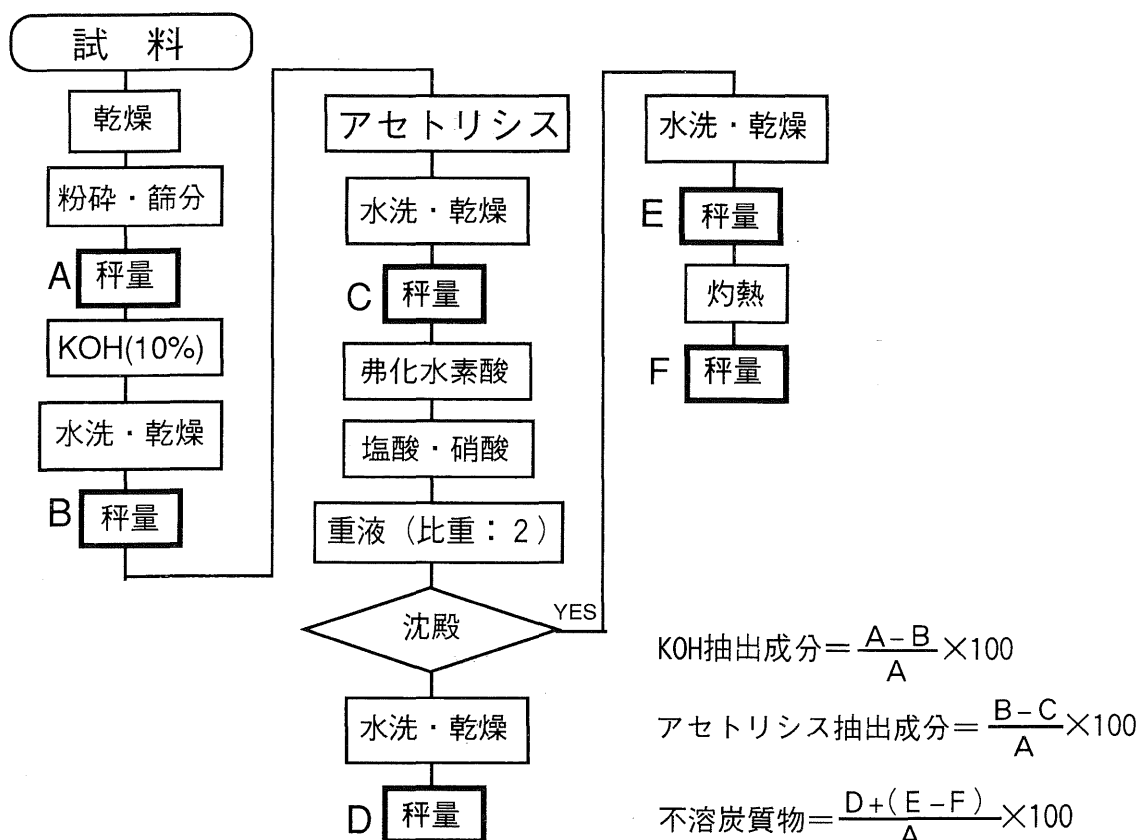
以上のように、関東ロームのローム質土は、関東地方の地表事情を反映して風成堆積物のオリジンとして豊富にあった火山灰が、その再構成粒子として多くの割合を占めて、堆積したものと考えることができる。したがって、関東ロームの上に連続するクロボク土は、下のローム質土と同様に堆積し、そこに腐植が加ったものであるならば、火山灰起源の粒子を多く含むものかも知れないが、それを火山灰土として扱うこともまた誤りである。

さて、本研究で、実際に観察した各地点のクロボク土直下のローム質土の岩質は、第3図に示されているように、その下位の基盤岩から由来した粒子を多く含むものであることが、肉眼的にも確かめられることが多い。こうしたローム質土を火山灰起源と考えることは岩質的にも無理である。ローム質土の分布している場所は、前述のとおり、いわゆる沖積面より上の台地、丘陵地、あるいは山地の裾部や微凹地などに限られる。このような場所は、流水の影響が弱く、水による堆積や侵食が進まない場所でもある。したがってこうした所に堆積しているローム質土を構成する粒子は、関東ロームのそれと同様に、まずは風が粒子の定着までに主体的な役割をしたであろうと考えられる。また、斜面にあるローム質土にはしばしば、礫が混入していることがあるが、これは風で運ばれたローム質土に、時には斜面を転げ落ちる礫が加わったものと考えれば理解される。

## クロボク土の組成と形成

クロボク土層はその下位にローム質土層があって、それがクロボク土層に漸移している。そして、クロボク土の中にはローム質土にも増して多くのプラントオパールが含まれるという（加藤、1962；佐瀬ほか、1987）。また、クロボク土の中の鉱物成分には大陸起源の風成塵含まれることが明らかにされている（井上、1981；井上・溝田、1988；井上・成瀬、1990）。こうした事実は、クロボク土層もまたローム質土と同様に風成層であることを示している。両者が同じ風成層であるならば、何が両者の岩質を分けているのであろうか。両者は明らかにその色が違うが、そのほかの違いを明確にするために、それぞれの組成を分析してみた。その方法は、第8図に示ように行なったが、得られた結果

は、第1表のとおりである。なお、この方法は、花粉分析で行なうヒューミンの濃集法を応用し、それに改良を加えた簡便なもので、土壌学で行われているような化学的に厳密なものではない。



第8図 土の簡易組成分析の方法

花粉分析の方法を応用したもので、水洗と重液分離は、遠心分離（2000rpm, 20分）を必要に応じて繰り返した。

クロボク土とローム質土の粒子の組成では、腐植の量に大差がある。その腐植の中でも、抽出腐植と不溶炭質物の多少に決定的な差が認められる。クロボク土の腐植には不溶炭質物として、黒色炭質物が含まれていることは前述のとおりである。これは堆積物であり、そのほとんどが、燃焼炭微粒子であることも明らかになった。また、観察した限りのすべてのクロボク土から燃焼炭微粒子が見出されることは、燃焼炭微粒子の存在は、クロボク土の形成にとっての必要条件か、もしくは、平行して進んだ現象と考えられる。クロボク土の形成が始まる年代は、場所によって著しく異なるが、7580年前が最も古い年代を示している（置賜-1での全炭素による年代であるが、燃焼炭粒子で測定すればやや古い年代になるであろう）。さらに測定地点をふやせば、より古い年代のものが得られる可能性があるが、小林（1967）は約1万年前に腐植の集積条件が開始したと推定した。その後、日本の多くの事例では、約1万年前であると

いう（町田、1987）。

1 万年前以降といえば、後氷期で、低い平地では軟弱な土質のいわゆる沖積層が堆積する時期である。こうした沖積層に燃焼炭微粒子が、埋積されていることは、阪口（1987）によって指摘されている。山形盆地でも、表層に近い地層には、「黒色粘土」層の発達を見る。これら粘土層中の炭質物粒子は、いずれも第9図に示すごとく、燃焼炭粒子を主体とするものである。これらの黒色粘土は、クロボク土と比べて、黒色が強く、茶色みに欠け、燃焼炭粒子の少な

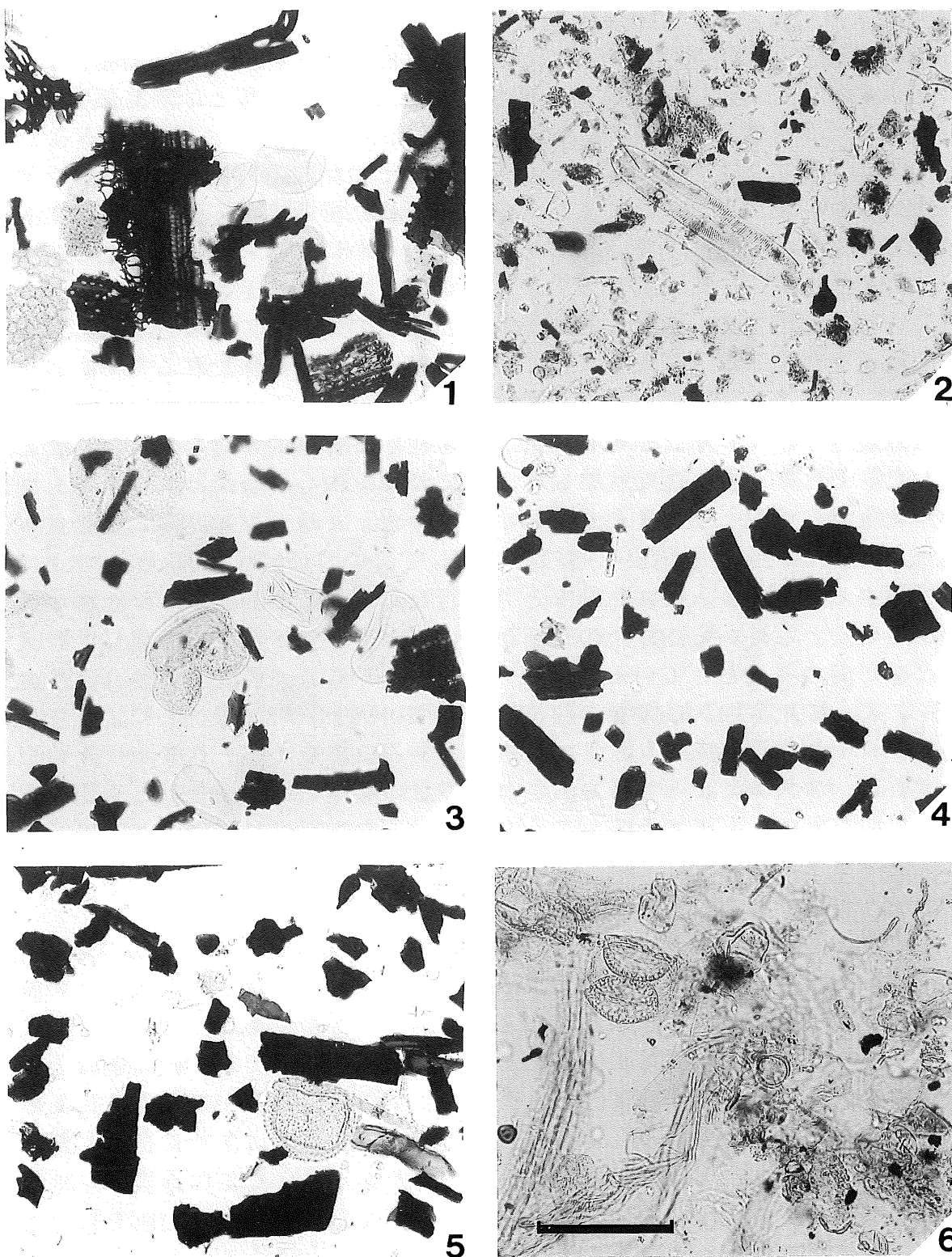
第2表 黒ぼく土の組成と比較ための土壌組成

| 地 点 | 鉍 物   | 有機物   | KOH抽出 | アトリシス抽出 | 不溶炭質物 |
|-----|-------|-------|-------|---------|-------|
| 象 潟 | 55.28 | 44.72 | 33.40 | 6.77    | 4.55  |
| 尾花沢 | 60.64 | 39.36 | 26.95 | 7.28    | 5.13  |
| 村 山 | 60.63 | 39.37 | 26.39 | 7.27    | 5.71  |
| 朝 日 | 46.61 | 53.39 | 40.05 | 6.00    | 7.34  |
| 西藏王 | 51.25 | 48.75 | 36.95 | 6.23    | 5.57  |
| 遠刈田 | 77.91 | 22.09 | 10.67 | 5.91    | 5.51  |
| 中 条 | 57.06 | 42.94 | 32.62 | 6.29    | 4.03  |
| 加治川 | 52.34 | 47.66 | 38.30 | 6.02    | 3.34  |
| 置 賜 | 58.68 | 41.32 | 29.63 | 6.86    | 4.83  |
| 喜多方 | 54.46 | 45.54 | 33.93 | 6.61    | 5.00  |
| 猪苗代 | 55.44 | 44.56 | 33.94 | 6.57    | 4.05  |
| 小千谷 | 47.83 | 52.17 | 37.62 | 6.11    | 8.44  |
| 津 南 | 54.78 | 45.22 | 29.28 | 7.17    | 8.77  |
| 中 郷 | 52.49 | 47.51 | 33.80 | 6.55    | 7.19  |
| 菅 平 | 55.93 | 44.07 | 31.79 | 7.02    | 5.26  |
| 福 光 | 58.56 | 41.44 | 26.09 | 7.52    | 7.83  |

ローム質層

|     |       |       |      |      |      |
|-----|-------|-------|------|------|------|
| 西藏王 | 79.14 | 20.86 | 9.85 | 9.56 | 1.45 |
| 朝 日 | 84.70 | 15.30 | 7.00 | 7.44 | 0.86 |
| 置 賜 | 92.21 | 7.79  | 3.30 | 2.61 | 1.88 |

いものは黒みが薄れる。地表下では一般に重粘土であるが、乾燥すると著しく固結する点もクロボク土とは異なる。また炭質物粒子は、燃焼炭微粒子のほか、花粉、孢子などの非燃焼炭質物も豊富に含む。このような沖積層の比較的上部にある「黒色粘土層」は、その形成年代が1万年以降であることや燃焼炭



第9図 黒色粘土と泥炭のヒューミン（1～5：黒色粘土，6：泥炭）  
 1:山形県高島町押出遺跡（縄文期の湿地遺跡）上黒層（約4000年前）， 2:押出遺跡の下黒層（約8000年前）， 3: 山形盆地東部（天童市寺津）の沖積層， 4:山形盆地北部（村山市浮沼）の沖積層， 5:青森県亀が岡遺跡（湿地部）， 6:宮城県東蔵王芝草平湿地の泥炭， スケールの長さは0.1mmで、全写真に共通。黒色粘土にはいずれも焼炭微粒子が含まれるほか、花粉や胞子も多産することが多い。HF処理をしないと、2のように、珪藻殻が見られる。

微粒子を含むことから、乾陸域で形成されたクロボク土層とは、水・湿地成の同時異相の関係にあると考えられる。このような黒色粘土層は、従来の土壌区分の中では、「黒墨グライ土」として位置付けられていたもの（加藤、1977）に相当する。なお、この黒色粘土層もまた、火山灰の堆積とは無関係の堆積物であることを付言しておきたい。

このように、1万年前以降、場所によってその始まる時期は異なるが、燃焼炭微粒子は、乾陸だけでなく、水・湿地といった場所に至るまで、普遍的に堆積していたという事実があることをここに明らかにしておきたい。加藤（1964）はこの頃、山火事や人為的な野火が草原の拡大を招き、それがクロボク土の形成の一因として考えらることを述べた。山根（1973）はクロボク土の生成にススキの役割を重視し、ススキのような長草型草原が長い間保たれるためには火入れは不可決のものであると考えた。また、阪口（1987）は、狩猟や焼畑を目的とした野焼きが、クロボク土地帯で旧石器時代から普遍的に行なわれてきたと仮定した。そして、旧石器時代につき、縄文時代を中心に行なわれたそうした野焼きを生業の手段とする文化を「黒ボク土分化」と呼んだ。さらに、松井・近藤（1992）は、茅葺き屋根などの材料として農民の必需品であったススキ草原を維持するために、火入れや刈りとりが行なわれたことがクロボク土の生成に結びついたとしている。以上の見解は、いずれもクロボク土の生成に、野火や山火事が関わったとしているが、その結果ススキ草原が拡大維持され、そのススキによって生産される多量の腐植が、「火山灰土」の「母材」によって集積してクロボク土が形成されたとするものである。すなわち、クロボク土の形成の本質は、ススキによってもたらされる多量の腐植にあり、それと火山灰土が結びついたというものである。こうした説は、かつて川村（1950）が火山灰土壌（クロボク土）に含まれて現存する腐植の大部分は、草原時代に集積したものであろうと述べたことに端を発している。

燃焼炭微粒子がクロボク土やそれと同時異相が堆積してきた時期の地層に普遍的に含まれているという事実は、上記の、山火事、野焼き、火入れといった人為的な行為が頻繁に行なわれたことを証明するものである。そしてそれによって、ススキの草原が維持拡大したであろうことも支持できる。問題はそうした植物遺体が分解され、腐植として火山灰に集積したか否かという点にある。クロボク土は、元来火山灰とは異なる堆積物であることはすでに指摘した。また、腐植の集積は、すでに堆積している母材があって、その地表から地下に向けて進行したものではないことも明らかだ。したがって、火山灰を母材として腐植が集積するという従来の説は成立し得ないことになる。そこで、こうした「母材説」に代わるクロボク土の形成機構について考えなければならない。それは、燃焼炭微粒子の存在に注目したものである。

## 燃焼炭微粒子とクロボク土の形成機構

燃焼炭微粒子は、それ自身が堆積物としてクロボク土の腐植の構成員であることが明らかになった。そこで、クロボク土の生成の基本は燃焼炭微粒子の堆積にあると考えたい。そして腐植を構成する炭素の $^{14}\text{C}$ 年代のうち、燃焼炭微粒子が古い年代を示したことは、燃焼炭微粒子が堆積後、さらに多くの有機物である腐植（可溶腐植）が集積・保持されたものと仮定することができる。

燃焼炭は、古来から薬用あるいは防腐剤としてその効用が経験的に知られ、用いられてきた。現在では、「活性炭」として、とくにその吸着能力が認められ、広く用いられている。活性炭粒子の表面特性として、有機化合物に対する強い吸着能や、吸着物を安定に担持する能力などがある（真田ほか，1992）。そのような活性炭は、重量当たりの表面積を広くするために、粉末状や粒状にして用いられることから、燃焼炭微粒子は、粉末状活性炭と同様の機能を持っているものと考えられる。そうであるならば、燃焼炭微粒子が腐植を吸着し、それを安定に担持することによって、クロボク土が形成されたという機構を導くことができる。工業的にフェノール類を吸着した後の活性炭は、水酸化ナトリウム水溶液による溶剤抽出によって再生されるという（真田ほか，1992）。クロボク土の腐植の多くが、アルカリ溶液によって抽出されることは、この再生処理と同種の化学反応であろう。

以上のように、燃焼炭微粒子の吸着作用が腐植の集積の主役であったと考えると、当時の植生やアロフェンなどの鉱物質に腐植の集積の役割を求める必要はなくなる。すなわち、クロボク土にいかなる鉱物が含まれようが、あるいは当時の植生が、ススキを主体としていたことなどは、いずれも結果であって、クロボク土の形成機構の本質にかかわることではない。

これまでに述べてきたクロボク土の形成機構は、次のようなストーリーとしてまとめられる。すなわち、まずは、主として風によって、当時の地表にあった様々な粒子が堆積する。その地表には植物の遺体も加わり、現在の地表と同様に微生物などによる分解作用が働いた。こうした堆積と分解の繰り返しとともに、埋積が進むことにより、やがては植物遺体は姿を消したばかりか、分解生成の中間物質物としての腐植もほとんど分解されてしまった。この際、残った鉱物質粒子を主体とする堆積物が「ローム質層」である。

ところが1万年前以降のある時期から、風成堆積物の一員に、燃焼炭微粒子が急に多く加わり始めた。これを期に、植物遺体の分解に異変が起きた。すなわち、遺体そのものは時とともに、分解されその姿を消したが、その際溶解した有機質の分子は最構築され、腐植（可溶）を形成した。こうした腐植は、ポリフェノールやその酸化・重合産物（リグニンをも含めて）のような芳香族化合物と、主に微生物原形質に由来する窒素酸化物（蛋白質・ペプチド・アミノ酸）などが主な構成要素であるが、さらにこれらが酵素化学的または純化学的に酸化・縮合して高分子を形成した（菅野ほか，1962）。燃焼炭微粒子は、

こうした腐植の生成に触媒として働いたことも考えられるし、何よりも腐植の吸着・担持作用に大きな役割を果たした。すなわち、燃焼炭粒子はその活性により、腐植を吸着したばかりでなく、それを安定的に保持することによって、腐植を集積させた。こうした燃焼炭微粒子の堆積とそれへの腐植の吸着が地表近くでくり返されながら、腐植はより深く埋積していった。やがて、腐植の供給のない深さまで埋積された後は、専ら燃焼炭微粒子の担持作用が働き、吸着された腐植が安定的に保持された。

このように、クロボク土は、風によって粒子が堆積し、そのうちの燃焼炭微粒子に腐植が吸着・担持されたものと考ええる。腐植が形成され、それが吸着・担持される現象は、地表における土壤化作用である。したがって、クロボク土は、土壌学的な観点では「堆積性土壌」であるし、地質学的観点では、「土壌性堆積物」である。

### クロボク土の生成環境

クロボク土がローム質土とは別の土質の堆積物になったのには、燃焼炭微粒子の堆積が決定的な役割を果たしたであろうことを述べた。この燃焼炭微粒子が人類によってもたらされたものであることは、すでに阪口(1987)によって指摘されている。燃焼炭微粒子の存在は、旧石器の時期の堆積物からも認められている(阪口, 1987)。またこの粒子は、クロボク土の下のローム質層の中にも量は少ないが、認められる。このことは、燃焼炭微粒子がある程度多量に堆積しないとクロボク土化が起こらないのかも知れない。その量的な検討は今後の課題となるが、各地域でクロボク土が堆積し始めた時期からは、多量の山焼きや野焼きが発生したことになる。ところが、第3図にみられるようにクロボク土が堆積を止め、途中でローム層を夾む例はない。これは不思議なことで、一旦野焼きが行なわれると、その後は休むことなく続けられてきたのであろうか。こうした解釈が成り立つのは、野焼きとクロボク土の堆積が厳密に対応する場合に限られる。しかし、クロボク土の本質は風成層であることを考えると、燃焼炭粒子がその埋積場所に定着するまで、様々な場所を移動してきたことが考えられる。そのような場合、堆積場所の周辺で野焼きがなくても、燃焼炭微粒子の堆積はあったであろう。こうした野焼きと堆積物との関係は、風成層であるクロボク土と同時位相の関係にある水成の「黒色粘土層」を夾む堆積物に敏感に反映されているはずである。こうした水・湿地の地層を解析すれば、当時の環境と野焼きの関係が解明されるであろう。これは今後の課題としたい。

さて、クロボク土の堆積は、約1万年前から開始されたであろうことは前述のとおりであるが、いつまで続いていたかのであろうか。本研究における<sup>14</sup>C年代測定のうち各地点の最上部付近の年代は、尾花沢-2で、1540±80年前、置賜-2で、1810±80年前、猪苗代で、2610±110年前、中郷で、1900±80年前である。ただし、最上部の試料は、現在の表土の混入を避けるため、クロボ

ク土が表土まで連続している場合でも、地表から20 30cm 下の試料を採取してあるので、真の最上部の年代としては、もう少し新しくなるかも知れない。置賜-2では、最上部が非クロボク土によって覆われているので、その直下の値(1810±80年前)は、この場所におけるクロボク土の堆積の終った年代を示していると考えられる。また、クロボク土層の中位層の年代値として津南では、860 ±80年前、遠刈田で、1040±100 年前といった新しい年代値も得られているので、こうした地点の最上部の値はさらに新しくなると考えられる。クロボク土の炭素の年代は、より古い堆積物としての燃烧炭微粒子と、後に付加された腐植の年代は分けて議論する必要があるが、手元にある全炭素の年代資料で見る限りクロボク土の堆積の終る年代は一律ではないように思われる。他方、クロボク土がもっと広く堆積した時期は、まずは縄文後期の4000~2000 年前頃と考えて良いであろう。この時期は、いわゆる縄文の温暖期が終り、やや低温多湿な時期である。こうした自然環境の変化と、山焼き・野焼きが拡大したこととは何らかの関連があったのであろうか。クロボク土の形成にかかわった当時の日本の文化を、阪口(1987)は「黒ボク土文化」と呼んだ。我が国の各地に広くクロボク土やその相当層が分布していることから当時の文化は正に、そのように呼ばれるにふさわしいものである。この文化の内容は、狩猟・採取、あるいは焼畑といった生業が具体的にどのような山焼き・野焼きを行ない、それがどんな結果を生んだのかといった視点での解明が期待される。

## ま と め

クロボク土とその形成機構に関し、次のことが明らかになった。

- (1) クロボク土は、塊状無葉理を呈し、下位のローム質土から漸移する。
- (2) クロボク土の腐植の示す<sup>14</sup>C年代は、下位にあるものほど古い。また、同一層準では、不溶炭素微粒子<sup>14</sup>C年代は他の腐植のそれよりも古い。
- (3) クロボク土は、母材の堆積があって、その後に腐植が上から下に向かって集積したという「母材ユニット腐植集積説」は成立しない。
- (4) クロボク土の腐植の構成員であるヒューミンの正体は堆積物としての燃烧炭微粒子である。
- (5) 関東ロームの構成員として代表されるローム質土が、火山灰とされていたのは誤りである。一般的にも、ローム質土は風成層であることが本質で、火山起源の粒子が多く交じることもあればそうでないこともある。
- (6) クロボク土は、火山灰土を起源とする考えも誤りで、その本質はローム層と同様に風成層である。
- (7) クロボク土とローム質土との違いは、クロボク土が、より多くの可溶腐植と燃烧炭微粒子を含むことである。
- (8) 燃烧炭微粒子を多く含む地層に黒色粘土層がある。これは水・湿地性の堆積物で、乾陸成のクロボク土とは同時位相の関係にある。

- (9) 燃烧炭微粒子は、地表近くにおいて、活性炭として、腐植（可溶）を吸着・担持した。吸着されて地下深くまで埋積された腐植（可溶）は、燃烧炭粒子によって、安定的に保持され、厚いクロボク土層として成長していった。
- (10) 燃烧炭微粒子は、主に縄文人の山焼き・野焼きによって生成されたもので、当時の生業様式と密接に関係する。こうしたクロボク土の堆積の背景をなす文化は阪口(1978)によって「黒ボク土分化」と提唱されたが、本研究で明らかにしたクロボク土の形成機構からもこれは支持される。

## 引用文献

- 足立嗣雄，1973，火山灰土壤の腐植に関する研究，腐植組成の地域的差異について．農業技術研究書報告，B，(24)，127-265.
- 井尻正二，1966，拝啓、土壤学者様．ペドロジスト，**10**，56-57.
- 井上克弘，1981，火山灰土壤中の14A鉱物の起源，風成塵の意義．ペドロジスト，**25**，97-118.
- ・溝田智俊，1988，黒ボク土および石灰岩・玄武岩台地上の赤黄色土の2：1型鉱物と微細石英の風成塵起源．粘土科学，**28**，30-47.
- ・成瀬敏郎，1990，日本海沿岸の土壤および古土壤中に堆積したアジア大陸起源の広域風成塵．第四紀研究，**29**，209-222.
- 上條朝宏，1987，多摩ニュータウン地域と宮城県北部の火山灰と旧石器時代遺構・遺物をめぐって．土壤学と考古学，博友社，東京，214p.
- 関東ローム研究グループ，1971，関東ローム その起源と性状．築地書館，東京，378p.
- 管野一郎編，1962，日本の土壤型．農村漁村文化協会，東京，469p.
- 加藤芳朗，1960，「黒ボク土」中の植物起源粒子について（予報）．日本土壤肥料科学雑誌，**30**，549-552.
- ，1962，関東ローム層の細砂軽鉱物組成．地球化学，(62)，11-20.
- ，1964，腐植に富む土壤（「黒ボク」土壤）の生成に関する問題点．第四紀研究，**3**，212-222.
- ，1972，火山灰と土壤学(2) 黒土層の堆積過程．テフロクロノロジー総研連絡誌，(2)，8-10.
- ，1977，日本における陸成腐植質土の分類学的試論．ペドロジスト，**21**，42-57.
- ，1980，テフラと斜交する黒土層．軽石学雑誌，(6)，87-89.
- ，1987，古環境解明のために土壤学は何を寄与しうるか．土壤学と考古学，博友社，東京，214p.
- 河田 弘，1975，森林土壤の腐植に関する研究第2報 褐色森林土の腐植の形態．林業試験場研究報告，(270)，89-110.

- 川村一水, 1950, 土壌の分類に就いて. 農業及園芸, **25**, 11-14.
- 小林国夫, 1967a, 黒土の堆積過程. 第四紀研究, **6**, 40.
- , 1967b, 黒土の堆積過程に関する試論. ペドロジスト, **11**, 15-24.
- 小林達夫, 1978, 遺跡における黒色土について. 土壌学と考古学, 博友社, 東京, 214p.
- 弘法健三・大羽 裕, 1974, 火山灰土壌の有機物含量・炭素率および腐植の形態と土壌の風化度・母材型との関係 本邦火山灰土壌の生成論的研究(第7報). 日本土壌肥料学雑誌, **45**, 227-292.
- 熊田恭一, 1958, 腐植に関する最近の研究[3]・[4]. 農業及園芸, **33**, 1169-1172, 1333-1336.
- 町田 洋, 1964, Tephrochronologyによる富士火山とその周辺地域の発達史. 地学雑誌, **73**, 293-308, 337-350.
- , 1967, 富士山の火山灰に由来する黒土について. 第四紀研究, **6**, 41.
- , 1987, 第四紀における土壌の形成時代と環境. 土壌学と考古学, 博友社, 東京, 214p.
- , 新井房夫, 1992, 火山灰アトラス [日本列島とその周辺]. 東大出版会, 東京, 276p.
- 松井 健, 1967, 黒土の土壌生成学的意義. 第四紀研究, **6**, 41-42.
- , 1968, 火山灰土壌の生成と物理性. 土壌の物理性, (18), 3-9.
- , 近藤鳴雄, 1992, 土の地理学 世界の土・日本の土. 朝倉書店, 東京, 122p.
- 宮崎明子, 1971, 土壌試料の<sup>14</sup>C年代測定結果と処理法の検討. 第四紀研究, **10**, 159-164.
- 阪口 豊, 1987, 黒ボク土文化. 科学, **57**, 352-361.
- 真田雄三・鈴木基之・藤元 薫編, 1992, 新版 活性炭 基礎と応用. 講談社. 東京, 284p.
- 佐々木竜男・片山雅弘・富岡悦郎・佐々木清一・矢沢正士・山田 忍・矢野義治・北川芳男, 1971, 北海道における腐植火山灰の編年に関する研究. 第四紀研究, **10**, 117-1123.
- 佐瀬 隆・細野 衛・宇津川 徹・加藤定男・駒村正治, 武蔵野台地成増における関東ローム層の植物珪酸体分析. 第四紀研究, **26**, 1-11.
- 庄司貞雄・増井淳一, 1969, 堆積年代の新しい火山灰土壌の非晶質物について(第2報) 遊離の非晶質ケイ酸について. 日本土壌肥料学雑誌, **40**, 448-456.
- 高井康雄・三好 洋, 1977, 土壌通論. 朝倉書店, 東京, 229p.
- 辻 誠一郎, 1980, 大磯丘陵の更新世吉沢層の植物化石群集(I). 第四紀研究, **19**, 107-115.
- 山根一郎, 1973, 黒ボク土の生成におけるススキの意義. ペドロジスト, **17**, 84-94.