

2011 年度 修 士 論 文

東北地方北東部における縄文時代の生態系史
Study on ecosystem history of the Northeast Tohoku district
During the Jomon Period

松本 優衣
Matsumoto, Yui

東京大学新領域創成科学研究科
社会文化環境学専攻

目次

はじめに.....	1
第一章 研究の背景と目的.....	2
1. 1. 研究の背景.....	2
1. 2. 研究の目的.....	2
1. 3. 対象地域と時代.....	3
1. 3. 1. 対象地域.....	3
1. 3. 2. 縄文時代.....	4
第二章 先行研究.....	6
2. 1. 東北地方の植生史	6
2. 1. 1. 日本列島の植生史.....	6
2. 1. 2. 東北地方北部における縄文時代の植生史.....	7
2. 1. 3. 植生と火山噴火の関係.....	10
2. 2. 十和田火山の研究史.....	11
2. 2. 1. 東北地方の火山.....	11
2. 2. 2. 十和田火山の噴火史.....	12
2. 2. 3. 十和田火山噴火の型式.....	14
2. 2. 4. 十和田中掇テフラ.....	16
2. 3. 東北地方の考古学.....	18
2. 3. 1. 円筒式土器文化圏と大木式土器文化圏.....	19
2. 3. 2. 上北平野の遺跡.....	21

第三章 研究調査地.....	24
3. 1. 自然地理概要.....	24
3. 2. 試料採取地.....	26
第四章 研究の方法.....	28
4. 1. 堆積物の採取.....	28
4. 2. 堆積相の観察.....	28
4. 3. 年代の検討.....	29
4. 3. 1. タイムマーカーとしての広域火山灰.....	29
4. 3. 2. 放射性炭素年代測定法.....	30
4. 4. 灼熱消費量 (Loss of Ignition)	31
4. 5. 花粉分析.....	32
4. 5. 1. 花粉分析の歴史.....	32
4. 5. 2. 花粉と胞子の性質.....	33
4. 5. 3. 花粉化石の処理と計数.....	34
4. 5. 4. 花粉分析結果の表現.....	36
4. 5. 5. 花粉群を検討する際に留意すべき点.....	36
第五章 結果.....	40
5. 1. 堆積相と層序.....	40
5. 1. 1. 馬淵川～長七谷地貝塚～多賀台前面.....	40
5. 1. 2. 日ヶ久保貝塚～中野平.....	44
5. 2. 露頭の観察.....	46
5. 3. 放射性炭素年代測定の結果.....	51
5. 4. 灼熱消費量の結果.....	52

5. 5. 花粉分析の結果.....	53
第六章 考察.....	59
6. 1. 堆積環境の変化.....	59
6. 2. 上北平野の環境変遷.....	61
6. 3. 微粒炭について.....	65
第七章 まとめ.....	68
謝辞.....	69
引用・参考文献.....	70
付録資料 (花粉化石の組成表)	

はじめに

縄文時代の人々の生活は原始的で、自然にほとんど影響を与えることはなかったと考えられてきたが、縄文時代前・中期の長期間に及んで自然の生態系を改変し、大規模なクリ林の経営を行っていた社会の存在が明らかになってきた(辻・能城編、2006)。この三内丸山遺跡で明らかにされた 2000 年近くにもおよぶ円筒式土器文化が、十和田火山の巨大噴火という突発的な出来事を期に形成されたということが明らかにされてきた(星・茅野、2006)。

三内丸山遺跡の事例から、日本列島の生態系は古くから人によって作り変えられてきたと考えることができる。そこで私は、縄文時代の遺跡が集中する東北地方北東部の上北平野を取り上げて、どのような人の活動と生態系の改変があったのかを研究課題に設定した。さらに、この地域は円筒式土器文化の形成に関わったと考えられている十和田火山の影響を強く受けている。火山噴火が生態系に与えた影響についても着目した。

本研究では、三内丸山遺跡において確認された円筒式土器文化におけるクリ林などの人為生態系が東北地方北東部においても確認された。さらに円筒式土器文化に先行する時期においても人為による生態系への干渉の形跡がとらえられ、また、巨大噴火の影響についても新たな知見が得られた。本論文は、縄文時代における人間の活動とそれによる生態系改変、および火山噴火が生態系に及ぼした影響を論じたものである。

第一章 研究の背景と目的

1. 1. 研究の背景

縄文時代前半期の拠点集落である三内丸山遺跡を有する青森平野では、人間活動によって生態系が大きく改変され広大な人為的生態系が作り出されていたことが明らかにされている。また、三内丸山遺跡をはじめとする多数の遺跡群から復原された円筒式土器文化が、東北北部の十和田火山の巨大噴火を契機として形成されたことが論じられている。このように縄文時代においても人間活動によって生態系が改変され、また、巨大噴火が生態系改変に大きくかかわったことが指摘されてきた。

東北地方北東部の上北平野は、ブナ林をもつ下北地域の落葉広葉樹林域と、ブナ林を欠く北上山地以南の太平洋側落葉広葉樹林域の境界域にあたり、縄文時代における人間活動がもっとも盛んな地域として考古学では注目されてきた。さらに、円筒式土器文化形成に大きくかかわったとされる十和田火山の巨大噴火の降灰域にあたり、貝塚遺跡が集中する地域でもあるが、生態系史に関する研究はほとんどなく、縄文時代の人間活動の内容や生態系改変について研究が切望されてきた。

そこで、本研究では上北平野における著名な遺跡での花粉分析を中心に、十和田火山の巨大噴火による地形改変や人間活動が生態系に及ぼした影響を総合的に検討することを目的としたい。

1. 2. 研究の目的

以上の背景をふまえ、本研究での目的を以下に示す。

- (1) 上北平野における縄文時代の植生変遷を明らかにする。
- (2) 6000年前の十和田火山巨大噴火が上北平野に及ぼした影響を描き出す。

(3) 人間社会が生態系に及ぼした影響を考察する。

1. 3. 対象地域と時代

1. 3. 1. 対象地域

研究調査地を青森県の上北平野(図1-1)に設定した。理由は以下の通りである。

- ① 縄文時代早期から前期にかけて、遺跡が集中しており、人間活動が活発であったこと。
- ② 縄文時代の前期、約 6000 年前に起こった十和田火山の巨大噴火による火山灰が厚く堆積し、噴火の影響を大きく受けていること。
- ③ ブナ林を持つ落葉広葉樹林帯である下北半島と、ブナを欠く落葉広葉樹林帯である北上山地のちょうど境目に位置するが、ほとんど植生史が解明されていないこと。

すなわちこの研究では、上北平野において火山噴火や人間活動といった要因が生態系の歴史にどのような影響を与えたのか、解明することを目的とする。

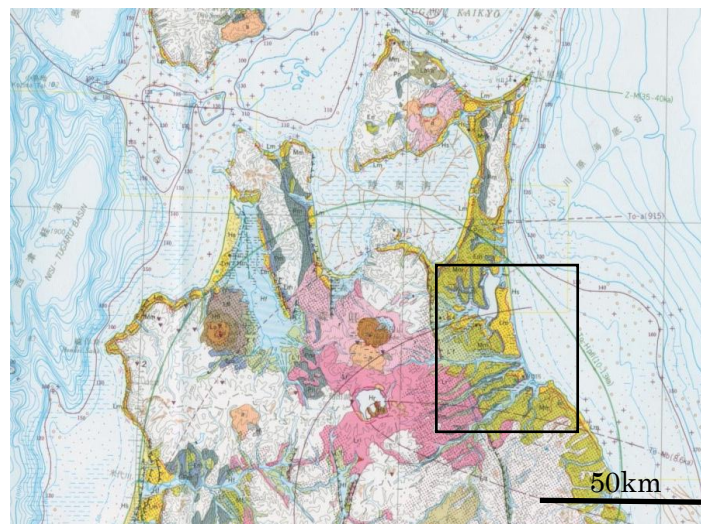


図1-1 上北平野の位置付け（日本第四紀地図より）

1. 3. 2. 縄文時代

縄文時代は、約 15000 年前から 3000 年前にかけての、縄文土器を特徴とする時代である。以下、年代は暦年（較正年代）を示す。

対象となる縄文時代の環境変動と時代区分について、国立歴史民俗博物館（2009）、辻（2001）、米倉ほか（2001）を参考に概説する（図 1－2）。

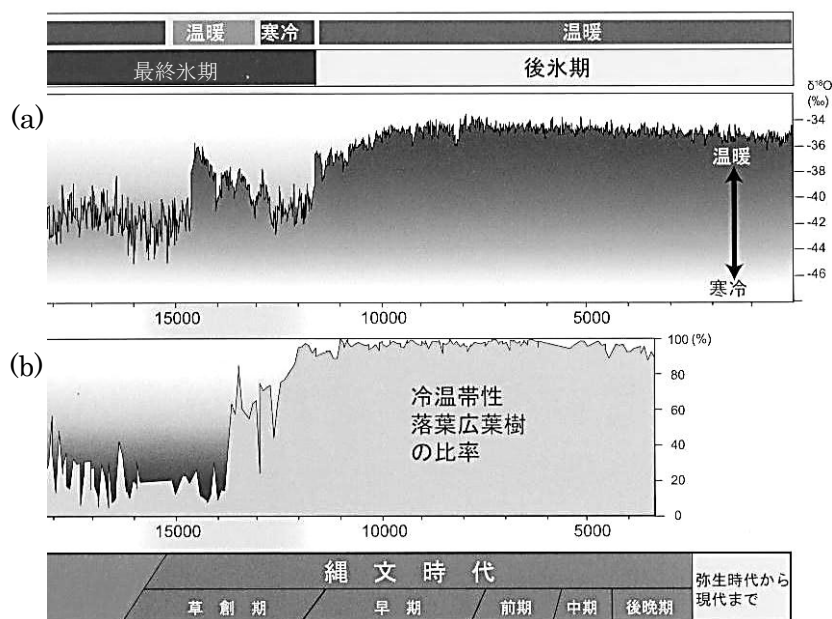


図 1－2 縄文時代の年代区分と気候の変動(工藤、2009)

上から、(a)グリーンランド氷床コア（NGRIP）から復元された過去の気候の変動

(b)野尻湖湖底堆積物の花粉分析による植生の変動（公文ほか、2008）

旧石器時代と縄文時代の環境は大きく異なっていた。旧石器時代には、世界的に寒冷的な気候が卓越しており、海面が現在より最大 100 メートル低下し、それに相当する水分は氷河として閉じ込められていた。この寒冷的な時期は、現在から見て最後の氷期ということで、最終氷期と呼ぶ。これに対して縄文時代は、海面が高くなり、間氷期と呼ばれる温暖な気候に見舞われた時代であった。従来、縄文時代の始まりは更新世から完新世、あるいは最

終氷期から後氷期への移行期として区分され、その境界はおよそ 12000 年前のヤンガードリアス期に置かれていた。ヤンガードリアス期とは、15000 年前から始まった世界的な温暖化の中で、一時的に寒冷な気候に戻ったとされている期間である。しかし、大平山元 I 遺跡（大平山本 I 遺跡発掘調査団編, 1999）にて出土した日本列島最古の土器から測定された年代は 15000～16000 年前頃（中村・辻, 1999）となり、土器の出現を縄文時代の始まりとする考え方が一般的となっている（小林, 1999）。

なお、ヤンガードリアス期以降の急激な海進（海面が上昇して海岸線が陸側に移動すること）を縄文海進と呼んでいる。縄文海進の時期、海の状況変化は大きく、南方から北上する黒潮（暖流）が日本列島の太平洋岸に沿って流れ、その分流である対馬暖流が日本海に流入するようになった。日本列島は暖流に囲まれる形となり、日本海での海水の蒸発量増加が日本海側における降水量の増大をもたらした。このことは、多雨多雪に適応した生態系の変化を誘導している。

*注釈：年代表記について

以下、本論文では年代を放射性炭素年代では【yrBP】、暦年代では【年前】として表す。これは、地質学・植生史の分野における過去の研究事例から、議論のしやすさを考慮したものである。近年の研究では、この放射性炭素年代を較正（4. 3. 2. 放射性炭素年代測定法 参照）した暦年を用いることが多いが、本研究では 1970～1990 年代の先行研究を多く引用しているためである。なお、本研究で着目した十和田火山の巨大噴火は暦年では 6000 年前、放射性炭素年代では 5050yrBP となる。

第二章 先行研究

2. 1. 東北地方の植生史

2. 1. 1. 日本列島の植生史

日本における植生史研究は、膨大な資料の蓄積がある。ここでは、縄文時代の植生変遷について概要をまとめている、辻（1997）を参考に、日本列島における植生変遷を概観する。

（1）九州から関東にかけて

熊本平野と阿蘇カルデラ地域（岩内・長谷、1992）、福岡平野（Kuroda and Hamanaka、1979）、山口県宇生賀盆地（畑中・三好、1980；安、2007）、島根県沼原湿原（杉田・塚田、1983）、大阪府河内平野（安田、1978）、福井県三方湖・三方低地帯（安田、1982；Takahara and Takeoka、1992）、浅間火山東麓地域（辻ほか、1983）などの、連続的な植生変遷に関する研究からは、以下のように4つの段階が認められる。

- ・モミ属・ツガ属・マツ属・トウヒ属といった針葉樹を主体とする植生に、コナラ亜属の増加が開始する段階（約 13,000 年前）
- ・針葉樹の急激な衰退のあと、代わってコナラ亜属を主体としてクマシデ属・ブナ属・クリ属などの落葉広葉樹が優先する植生に急変する段階（約 10,000 年前）
- ・コナラ亜属が現象し、エノキ属・ニレ属・ケヤキ属が増加する段階（約 9,000 年前）
- ・エノキ属などと並行して照葉樹林要素が出現を開始する。エノキ属などの衰退に対応して照葉樹林が成立。日本海側では照葉樹林成立と同時にスギの増加が開始する（約 8,000 年前）

（２）中部地方から北海道にかけて

中部山岳地帯の高原湿地帯（Sakaguchi, 1987）、福島県矢の原湿原（叶内、1988）、福島県法正尻湿原（川村、1979；Sohma, 1984）、山形県白鷹湖沼群荒沼（守田ほか、2002）、山形県川樋盆地（日比野ほか、1991）、宮城県宮城野海岸平野（内山、1987, 1990, 2003；竹内、2005）、秋田県女潟（辻・日比野、1975）、秋田県八郎潟（吉田、2009）、岩手県蛇塚湿原（山中、1978）、岩手県春子谷地湿原（山中、1972；吉田・吉木、2008）、青森県八甲田山田代湿原（Yamanaka, 1987；辻ほか、1982；吉田、2006）、青森県津軽西海岸（辻、1978）、北海道内陸釧路盆地（五十嵐ほか、1993）などを対象にした研究があり、これらをまとめると次のようになる。

- ・最終氷期の終わり（約 12000 年前頃）には、カバノキ属と亜寒帯性針葉樹（モミ属・トウヒ属・ツガ属など）の混交林が広く分布していた。針葉樹林要素の減少と共にコナラ亜属が増加を始める。
- ・約 10000 年前頃には、低地においてコナラ亜属とブナ属を主体とする落葉広葉樹林が成立する。内陸部や山地上部では遅れて約 9000～8000 年前の間、北海道では約 8000 年前以降にコナラ亜属などの広葉樹林が拡大。
- ・約 3000 年前頃にスギ属が増加し始め、山地上部ではモミ属が増加する。

2. 1. 2. 東北地方北部における縄文時代の植生史

ここでは、上北平野の周辺における植生史研究を概観する。前述したとおり、上北平野はブナ林を持つ落葉広葉樹林帯（日本海側から下北半島）と、ブナ林を欠く落葉広葉樹林帯（北上山地以南）とのちょうど中間に位置し、生態学的にも興味深い地域であるが、植生史研究はほとんどなされていない。そこで、まず上北平野以外の青森県と、岩手県における植生史研究を参照する。

(1) 青森県（上北平野以外）における植生史研究

青森県八甲田山においては、多数の植生史研究が行われてきた。いずれの研究でも、針葉樹の優占する植生から、カバノキ科の優占、これに続きコナラ亜属の優占する植生を経て、ブナ属の優占へとといった植生変遷が解明されている。ブナ属の分布拡大については、約 8500yrBP（辻ほか、1983）、約 7500yrBP（吉田、2006）などの説がある。約 3000 年前頃にはスギ属が分布を拡大し始めた（川村、1979；辻、1981 など）。

また、青森平野においては、いくつかの主要な遺跡とその周辺で植生史研究がなされている（図 2－1）。

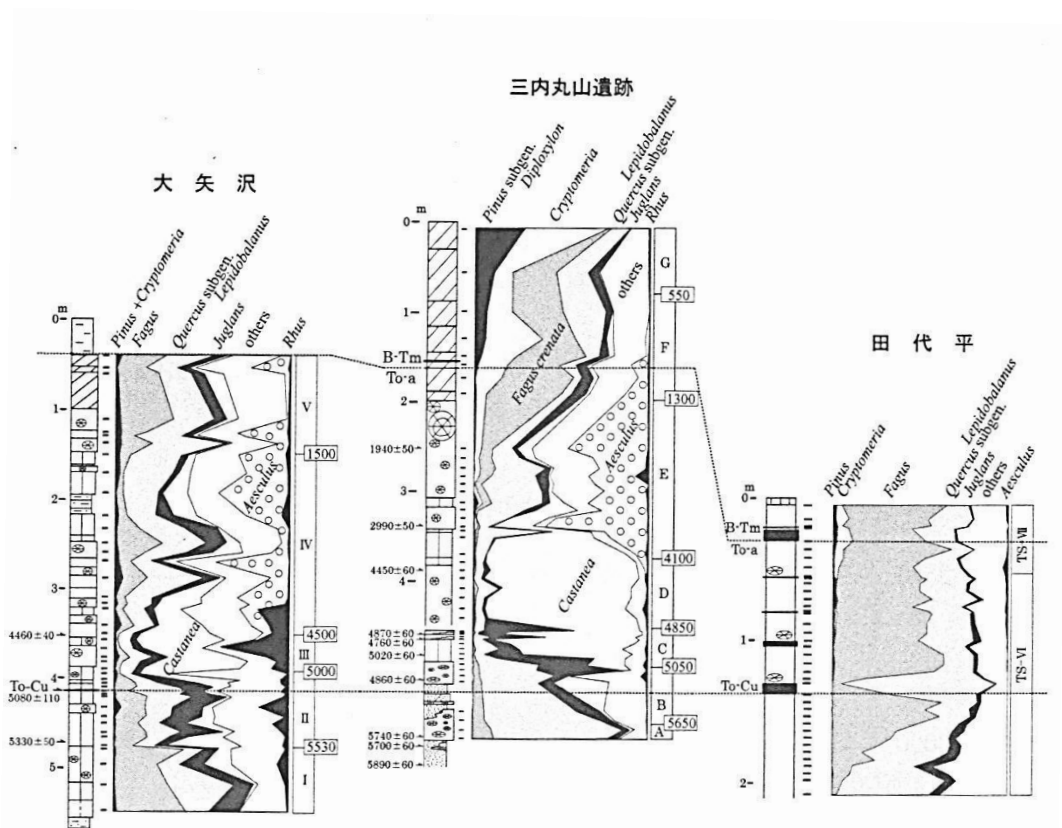


図 2－1 大矢沢野田 I 遺跡、三内丸山遺跡、および八甲田山田代湿原における

花粉ダイアグラムの比較（吉川ほか、2006）

縄文時代前期の中頃から中期終末まで、約 5100yrBP～3800yrBP までの長期間営まれた三内丸山遺跡の研究からは、人為生態系の変遷が描かれている（辻、能城編、2006）。遺跡の内部とその周辺では、遺跡の存在した期間にわたってクリ林が維持管理されていた。また遺跡が終焉を迎えた 3800yrBP 頃、トチノキ属(*Aesculus*)がクリ属(*Castanea*)にとって代わる（吉川・辻、1998）。

同じく青森平野に位置し、縄文時代前期から後期まで営まれた大矢沢野田(I)遺跡の周辺でも、クリ林・トチノキ林への変遷が明らかになっている（後藤・辻、2000）。6000yrBP～5000yrBP 頃はブナ属(*Fagus*)・コナラ亜属(*Quercus Lepidobalanus*)が優勢、約 5000yrBP～4500yrBP にかけてクリ属・ウルシ属(*Rhus*)が拡大した。三内丸山遺跡に先行して 4500yrBP 頃にはトチノキ属が拡大し始めた。トチノキ属が減少した後は、再びブナ属・コナラ亜属が優勢な広葉樹林となった。

なお、青森県津軽西海岸における研究では、約 4025yrBP にトチノキ林が形成されたことが示され、トチノキの拡大は東北地方北部の広域に及ぶことが示された（安ほか、2008）。

縄文時代の東北地方北部におけるトチノキ林の拡大については、さまざまな議論が行われており、人為的に作り出された・維持された可能性（吉川、2008）や、約 4400yrBP～3700yrBP に三段階で気候の寒冷化が起こり（一木ほか、2008）、それにとまう生態系変動と密接に関連している可能性（辻、2008）などの可能性が示唆されている。食用にするためには手間のかかるトチノキの利用が、この時代に広範囲に及ぶようになったことは遺跡発掘調査からも明らかにされている。

（2）岩手県における植生史研究

岩手県の北部においては、奥羽山脈八幡平地域(Yamanaka,1977; Morita,1984; 守田, 1985, 1990)、北上山地地域（山中、1987 ; Miura *et al.*,1992）、北上低地帯北部地域（Yamanaka, 1971, 1973 ; 山中、1972 ; 吉田、2008）などで、詳細な植生変遷が明らかにされているが、太平洋側の低地帯における研究はほとんど存在しない。

上記の研究をまとめると、約 11560～9220yrBP にはコナラ亜属（主にミズナラ）主体の落葉広葉樹林が広がっており、約 9220yrBP 頃からブナ属が増加を始め、以降約 1300yrBP まではコナラ亜属とブナ属主体の落葉広葉樹林帯であった。約 1300～310yrBP には、スギ属が増加し、ブナ属とスギ属を主体とする森林が広がった。

2. 1. 3. 植生と火山噴火の関係

火山活動は、生態系と深く関わるのみならず、最近では地球規模の環境変化にも関わりをもつことが指摘され、歴史時代や近年の火山噴火については生態系への影響が検討されるようになってきた。例えば、田川（1989）は、1883 年のクラカトア火山（インドネシア）の大爆発による生態系の破壊とその後の回復について、100 年以上に及ぶ研究結果をまとめている。火山灰の降灰が生態系におよぼす影響としては、Rees（1979）による、パルクティン火山（メキシコ）噴火による地形・植生・人間の居住への影響を総合的に捉えた研究、Eicher（1957）のように火山灰の二次堆積が陸水生態系に大きな影響を与えることを指摘した研究などを始め、数多い。近年では三宅島の噴火による生態系破壊とその回復に関する研究も多くなされている（長谷川、2006；上條・樋口、2011 など）。しかし、文書の記録がない先史時代については、火山噴火が生態系に及ぼした影響に関する同様の研究は少ない。その中で、年輪年代学的な手法を用いた火山噴火や季節の推定（Smily,1958；Breternitz,1967）、花粉粒・組成の変化にもとづく水域での火山灰の堆積機構や降灰の季節推定（Mehring et al.,1977；Blinman et al.,1979）、火山灰降下が化石枝角類に及ぼした影響の研究（塚田、1967）などが行われている。また、約 25000 年前の九州南部における始良カルデラ巨大噴火では、始良 Tn テフラ（AT）の降灰によって日本列島ほぼ全域の広い範囲に大きな影響があった。噴火の給源地域の生態系は破壊的打撃を受け、植生はそれ以前からの変化を加速させたという（辻、1991）。すなわち、気候の寒冷化による針葉樹林化がかなり進行した段階で AT 噴火の影響を受け、針葉樹林化が促進された。九州から遠く離れ

た青森県津軽西海岸でも AT テフラは見つかっており、気候の乾燥化が誘導された可能性が論じられている。このことから、AT 噴火は広域にわたる気候の変化にも関わった可能性があり、降灰の影響が強い地域では気候の変化による影響は表れにくく、遠方では気候変化の影響を受ける比重が大きくなったと考えられている。

2. 2. 十和田火山の研究史

2. 2. 1. 東北地方の火山

東北地方の第四紀火山は、奥羽山脈の稜線に集中している。奥羽山脈は、太平洋プレートの沈み込みと、新第三紀初頭に始まった日本海拡大に伴う変動の複合によって出現した若い山脈である。

奥羽山脈地域の火山は、火山フロント沿いに等間隔に並んでいると長い間考えられてきたが、第四紀火山カタログ(第四紀火山カタログ委員会,1999)によって地質・年代データが整理された結果、認識が改められた。第四紀火山カタログに認定された東北地方の第四紀火山は、等間隔ではなく7つのクラスターをつくって分布している(林ほか,1996)。それぞれのクラスターは数個から数十個の成層火山と0~数個の大カルデラ火山からなり、火山地域と火山地域の間にはほとんど火山がない(図2-2(a))。どうして奥羽山脈地域では火山活動の局在化が起きたのか。Tamura *et al.*(2002)によると、マントルウェッジ内には斜めに傾いた指状の高温領域「熱い指」が存在する(図2-2(b))。この「熱い指」の上に東北地方の火山のクラスターが存在することから、クラスターは「熱い指」からもたらされたと考えられている。

第四紀に入ってから奥羽山脈地域における火山活動の変遷は、梅田ほか(1999)に詳しい。およそ200万年前から100万年前の時期には大カルデラ火山の活動が特徴的であり、およそ100万年前から60万年前には安山岩質の成層火山が主で、火山活動のレベルは低下する。

その後 60 万年前から火山活動は活発化し、引き続き成層火山が主要な活動を占めているが、カルデラ火山の活動も再開した。

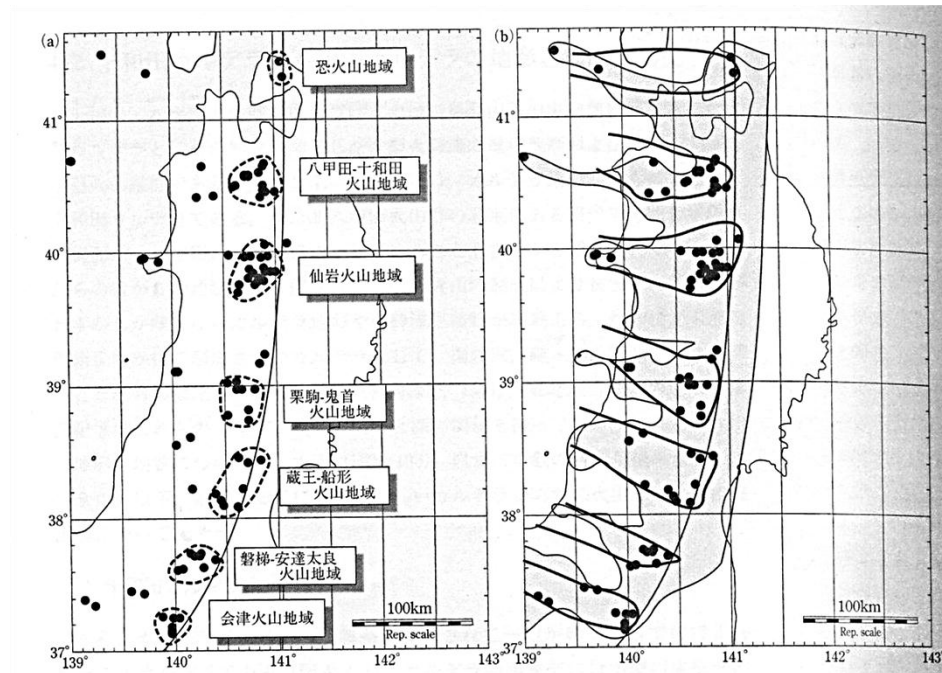


図 2-2 (a)東北地方の第四紀火山の分布

(b)過去 1400 万年間の火山活動域(Kondo *et al.*,1998)を灰色で、

「熱い指(Tamura *et al.*,2002)」の位置を太線で示した (小池ほか、2005)

2. 2. 2. 十和田火山の噴火史

十和田火山は、青森・秋田県境に位置し、現在火山活動度ランク B(気象庁, 2005)の活火山である (図 2-3)。十和田火山の活動は、先カルデラ期 (5.5 万年前以前)、カルデラ形成期 (5.5 万年前～1.5 万年前)、後カルデラ期 (1.5 万年前～現在) の 3 ステージに区分されている(Hayakawa, 1985)。

十和田カルデラは、このカルデラ形成期において少なくとも二回の大規模な火砕流噴火に伴って形成された。それらの火砕流堆積物はそれぞれ十和田大不動(To-Of)、十和田八戸(To-H)と呼ばれており、十和田湖から 100km 以上遠方の地域にまで分布している(中川,

1972; Hayakawa, 1985)。To-Of は 3.2 万年前よりやや古い年代、To-H は約 1.5 万年前に噴出した(町田・新井, 2003)。To-Of を噴出した際の噴火で、カルデラ湖が作られたことは、その次に噴出した To-H が火山豆石や細粒火山灰といった特色を持ち、マグマ水蒸気噴火が起こったことから推定できる(Hayakawa,1985)。

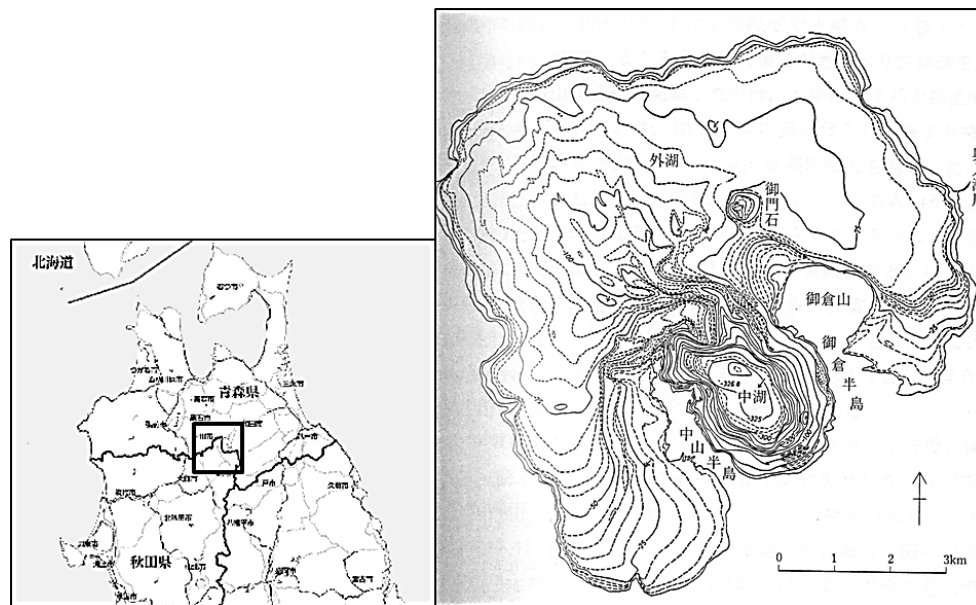


図 2－3 十和田湖湖底地形図（松山・大池、1986）

カルデラができて間もなく湖の南側、現在の中湖（なかのうみ）を中心に安山岩質マグマが繰り返し噴出して小型の成層火山（五色岩火山）が形成された。この五色岩火山はその中心部に中湖カルデラができたため、現在ではもとの地形の半分以下しか残されていない。カルデラ形成後の十和田火山噴火史を表にまとめた（表 2－1）。

工藤・佐々木(2007)によると、十和田火山の後カルデラ期における噴火エピソードは 10 件記載されている。このうち、十和田二の倉テフラ(To-NK)の堆積は、カルデラ形成直後(To-H の堆積直後)に始まり、400 年以下の間隔で頻発し、約 4000 年続いたと報告されている。約 8600 年の南部軽石(To-Nb)は十和田湖の南東地域に降下し、約 6000 年前の中掀軽石(To-Cu)は東北地方のほぼ全域に降下した。その後二回ほどテフラを噴出する噴火があ

った。さらに 10 世紀前半には十和田 a テフラ(To-a)が東北地方全域に降下し、平安時代の東北地方の社会に大きな打撃を与えた。

これらの完新世に繰り返された噴火の結果、火口は深くえぐられて、直径 3～3.5km の中湖カルデラになった。

表 2－1 縄文時代～十和田火山噴火史（大池(1972)、工藤ほか(2003)より作成）

(暦年、年前)	編年	テフラ名
――1000	平安時代	十和田 a (To-a)
――2000	古墳～奈良時代	
――3000	弥生時代	
――4000	縄文時代 晩期	十和田 b (To-b)
――5000	後期	
――6000	中期	
――7000	前期	十和田中掬 (To-Cu)
――8000	縄文時代 早期	
――9000		十和田南部 (To-Nb)
――10000		↑
――11000		十和田二の倉 (To-NK)
――12000		↓
――13000	草創期	
――14000		
――15000		十和田八戸 (To-H)

2. 2. 3. 十和田火山噴火の型式

1.5 万年前以降に十和田火山で起こった噴火のうち、中掬（6000 年前）・南部（8600 年前）・八戸（15000 年前）を噴出した巨大噴火の型式は、プリニアン噴火（プリニー式噴火）であった（図 2－4）。プリニアン噴火は、流紋岩など、ケイ酸を多く含み粘性の高い溶岩質の火山で発生しやすく、大量の噴出物とエネルギーを放出する。軽石や火山灰などの大

量の噴出物は、噴煙柱として約 1 万 m、時には 5 万 m を超えて成層圏に達し、太陽光を遮断するなど広範囲に影響を及ぼす。この噴煙柱は、やがて自重に耐えられずに崩れ落ち、火砕流となって周辺を埋没させることがある。郭・栗田（2000）は、火砕流に移行せず噴火のみのタイプを「単独型プリニアン」（図 2－4 の(a)）、大規模火砕流を伴うものを「先駆型プリニアン」（図 2－4 の(b)）と区別し、軽石の粒径分布や密度から、噴火機構の相違をについて考察している。これによると、先駆型プリニアンである八戸テフラは、単独型プリニアンである中楸テフラや南部テフラに比べて、軽石の密度が高いことが解明された。

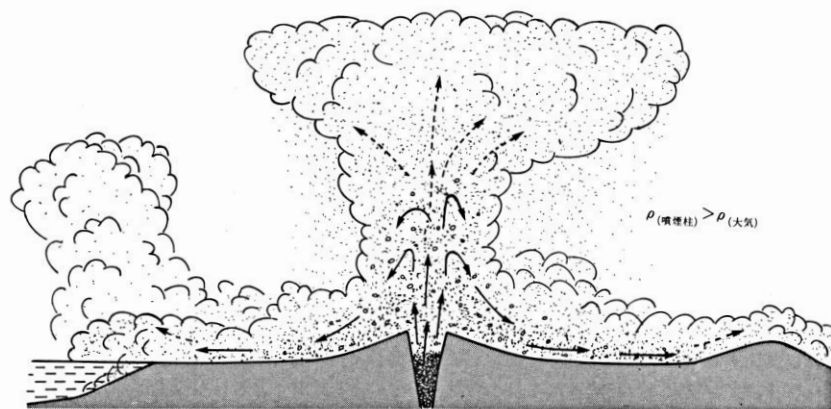
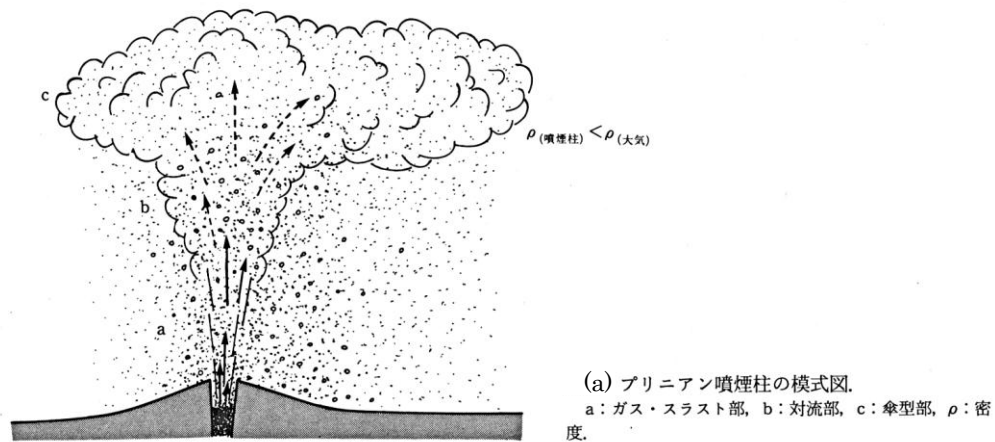


図 2－4 (a)プリニアン噴火の模式図

(b)火砕流を伴うプリニアン噴火の模式図（町田・新井、2003）

2. 2. 4. 十和田中掬テフラ

中湖火口で起こった噴火のうち最大規模であったのは、約 6000 年前に起こった巨大噴火である(早川, 1983)。この噴火では十和田中掬テフラ(To-Cu)が噴出し、東北地方の広い範囲に降下堆積した(図2-5)。To-Cu は、下位から中掬軽石・金ヶ沢軽石・宇樽部火山灰の3つのユニットに分かれており、大きく3回の爆発があったことがわかっている。

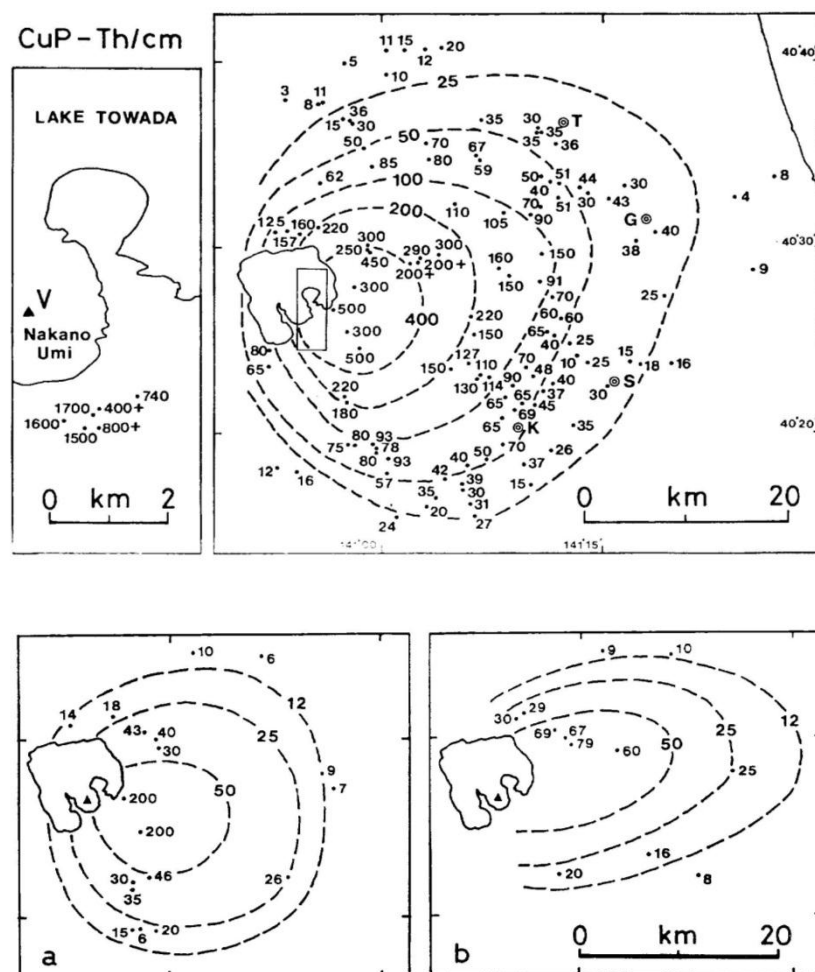


図2-5 中掬テフラの分布範囲(上から中掬軽石、a 宇樽部火山灰、b 金ヶ沢軽石)

中掬軽石は大池(1972)によって中掬浮石として初めて記載され、等層厚線が与えられた。模式地は大池(1972)によって青森県十和田市中掬とされていたが、早川(1983)によって、上記の金ヶ沢軽石・宇樽部火山灰を含めた3部層が全て見られる青森県新郷村金ヶ沢が中掬テフラ層の新しい模式地と定められた。

模式地での中掬軽石の様相は以下のようである。層厚は91cm、淡黄色のデイサイト質軽石塊と斜長石を主とする遊離結晶からなり、縞状軽石およびスコリアが極少量含まれる。石質岩片は大部分が安山岩質溶岩であり、含有量は少ない。軽石の平均最大粒径(露頭面で見られる最大3個の平均)は38mm、石質岩片の平均最大粒径は3mmである。その形状から、地域によっては「アワズナ」と呼ばれる。

To-Cu の降下年代はいくつかの報告がある。1980年代以降の報告例としては、中掬軽石中の炭化木片から 5390 ± 140 yrBP(早川, 1983)、テフラ中の植物遺体から 5050 ± 70 yrBP、 5080 ± 110 yrBP(辻・中村, 2001)、中掬軽石直下の土壌から 5250 ± 90 yrBP、 5320 ± 90 yrBP(工藤ほか, 2003)の年代値がある。本研究では、テフラの中に残留した植物遺体で量が十分にあり、近年の測定結果である 5050 ± 70 yrBP を To-Cu の降下年代として採用する。

2. 3. 東北地方の考古学

縄文時代は、土器形式に関連して、草創期・早期・前期・中期・後期・晩期の6つに区分されている（表2-2）。本研究の対象である早期から中期の東北地方における考古学的研究について概説する。

表2-2 縄文時代の時代区分と東北地方の土器形式（小林編(2008)より編集）

(暦年、年前)	編年		土器形式	
			東北南部	東北北部
---3300----	縄文時代	晩期	大洞B1～C1	
		後期	金剛寺 宝ヶ峯 綱取 南境	十腰内1a～6 馬立 門前
---4500----		中期	大木10 大木9 大木8b 大木8a 大木7b 大木7a	大曲、中の平 最花 榎林 円筒上層d 円筒上層c,b 円筒上層a
---5500----		前期	大木6 大木5 大木4,3 大木2 大木1 上川名上層	円筒下層d 円筒下層c 円筒下層b 円筒下層a 深郷田 早稲田6
---7000----		早期	船入島下層 梨木畑 素山上層 槻木1 大寺下層 大寺上層 大平、日計	表館X群 早稲田5 赤御堂、ムシリ1 物見台 吹切沢、寺の沢 白浜、日計
---12000----		草創期		太平山元
---15000----				

2. 3. 1. 円筒土器文化圏と大木式土器文化圏

縄文時代の前期から、東北地方には北部と南部で異なる大きな土器文化圏が登場した。

北部の文化圏を円筒式土器文化圏、南部を大木式土器文化圏と呼ぶ。

・円筒式土器文化圏について

円筒式土器は縄文時代前期中葉～中期頃、東北地方北部から北海道南西部の広範囲にかけて広がっていた土器形式である（図2-6）。八戸市是川一王寺遺跡から出土した土器がその形状的特徴から「円筒土器」と名付けられたのが始まりである（長谷部、1927）。円筒式の遺跡では非常に多量の土器がまとまって出土する特徴がある。土器形式は前期のものは下層、中期のものは上層に分けられ、さらに円筒下層 a 式・b 式・c 式・d 式、円筒上層 a 式・b 式・c 式・d 式・e 式と細かく区分されている。

円筒下層 a 式土器の出土は、十和田中掬テフラ（To-Cu）の上位であり、円筒式土器文化は To-Cu 直後に成立したことが明らかになっている（星・茅野、2006）。辻（2004）は、東北地方北部における十和田カルデラの巨大噴火とその直後の生態系の急変、ほぼ同時的な円筒式土器文化の成立を説明するために、「十和田中掬テフラの火山活動は東北地方北部を中心とする生態系と人社会の攪乱を引き起こし、円筒式土器文化の形成を誘導した」という仮説を提示している。星・茅野（2006）により、To-Cu と円筒下層 a 式土器の層位関係が解明されたことで、この仮説はいっそう補強されたと言える。

円筒式土器文化圏は、土器・石器の種類や竪穴住居の形、土偶など精神文化の面でも共通性をもつ。ミズナラやコナラのドングリ類や、クルミ・クリ・トチなどの堅果類を食料とし、サケやマス、海獣などの漁労を行っていた。

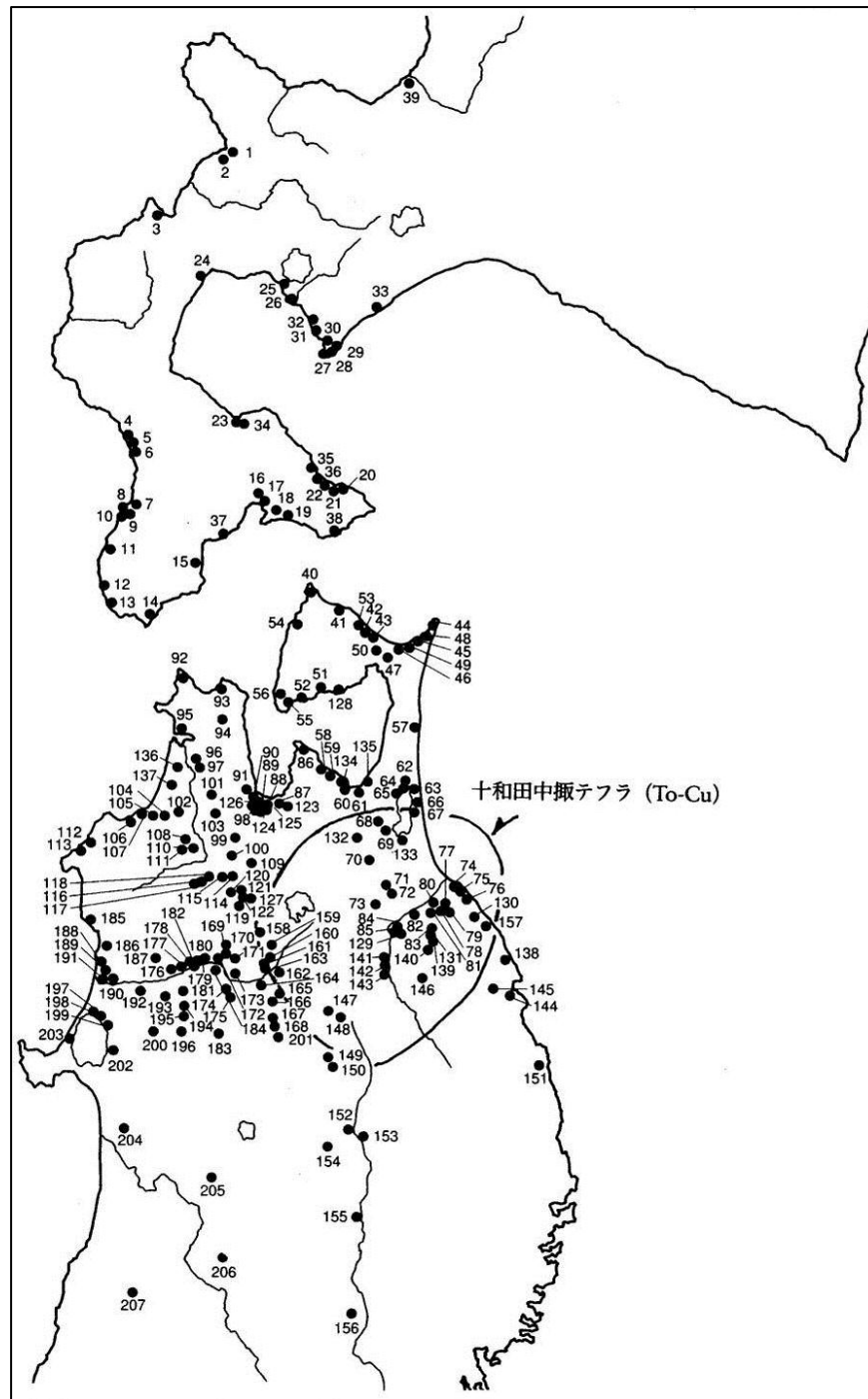


図 2-6 東北地方北部と北海道南部における円筒下層式土器をともなう遺跡の分布（青森県史編纂考
古部会編、2002）と十和田中郷テフラの層厚 10 cm以上の範囲

・大木式土器文化圏について

大木式土器は、縄文時代前期前葉から中期の終わりにかけて、東北地方中南部を中心に広がっていた土器形式である（図2－7）。1式から10式に区分され、1～7式は縄文時代前期、8～10式は縄文時代中期に属する。文化圏の北限、円筒土器文化圏との境界線は、秋田市・田沢湖・盛岡市・宮古市を結ぶ線である。十和田中掬テフラ(To-Cu)との関係としては、大木2a式土器はTo-Cuの下位であり、大木2b式土器はTo-Cuの下位か上下にまたがる可能性が高いことが明らかにされている（星・茅野、2006）。

なお、縄文時代中期後半からの円筒式土器文化圏では、大木8-10式土器が検出されることが多い。つまり、東北地方の南部に広がる大木式土器文化圏が、この時期に北へ分布を拡大したことを示している。

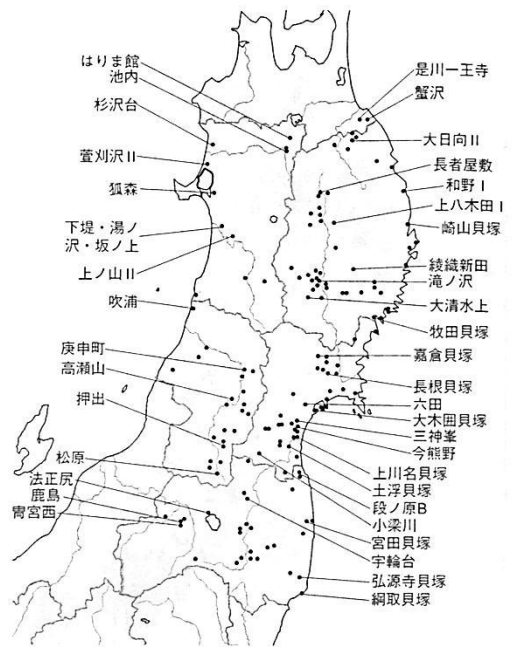


図2－7 前期大木式土器主要遺跡の分布(早瀬、2008)

2. 3. 2. 上北平野の遺跡

上北平野の低地帯には、縄文海進によって形成された古八戸湾があった（図2-8）。古八戸湾の名称は市川(1969)によって呼ばれ、現等高線 10mの範囲を海域と想定している。縄文時代早期末ごろには既に完成していたと見られ、周辺に見られる貝塚遺跡も大規模なものは縄文早期の後半に集中している。縄文海進と上北平野に関しては、一木（2011）に詳しい。

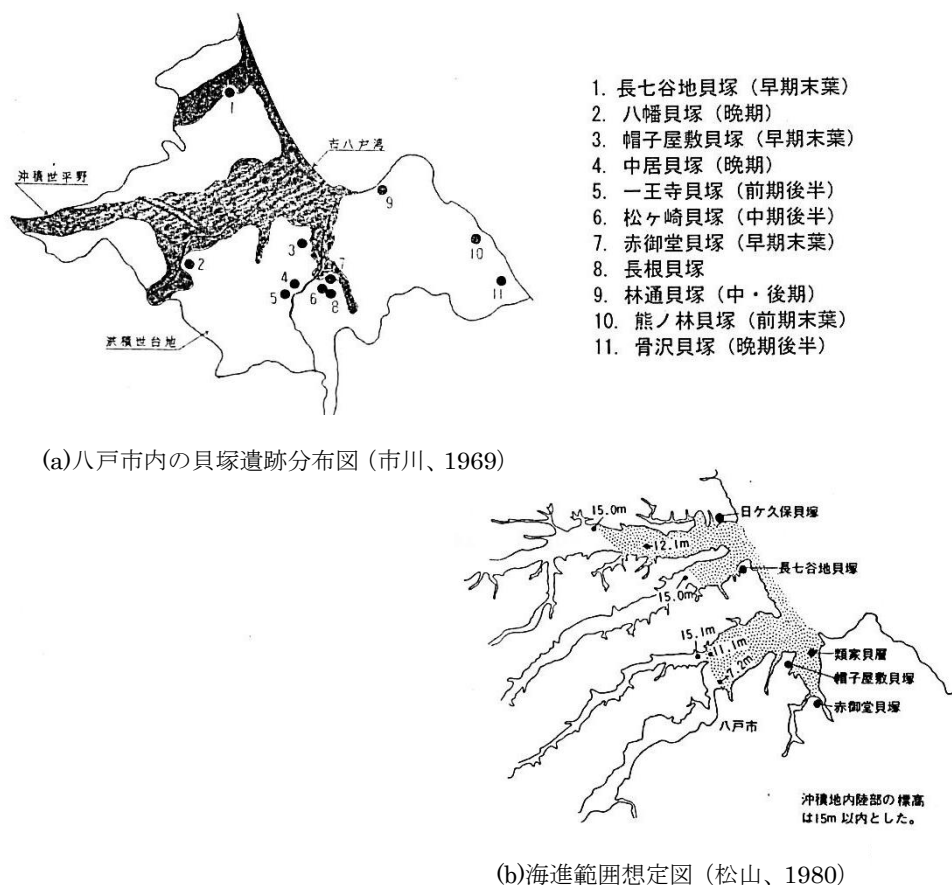


図2-8 縄文海進と古八戸湾の復原図

今回の調査地域に位置する、長七谷地貝塚と日ヶ久保貝塚について遺跡の概要をまとめる。

・長七谷地貝塚

青森県八戸市に位置する縄文早期後葉の貝塚。貝層中の貝類からは、 $6570 \pm 280 \text{yrBP}$ （ヤマトシジミ他）、 $7180 \pm 150 \text{yrBP}$ （ハマグリ）が測定されている。貝類の構成は約 5 割がハマグリであり、その他オオノガイ・ヤマトシジミ・オキシジミ・アサリ・マガキなどとなっている。土器形式は赤御堂式・早稲田 5 類である（青森県教育委員会、1980）。

長七谷地遺跡では、基本層序から 6 試料について花粉分析が行われているが、各層 10 cm ～30 cmを一括試料としてサンプリングしており、詳細な植生変遷を解明するのは難しい。また、うち 2 試料は To-Cu の火山灰層であり、花粉が全く検出されていない。しかし、火山灰層以下の 2 試料からは、花粉が非常に少なく胞子が多い（約 90%）傾向が見られ、縄文早期末葉の人為的な植生への干渉が示唆されている（八戸市教育委員会、1982）。

・日ヶ久保貝塚

青森県おいらせ町（旧百石町）に位置する縄文早期後葉の貝塚。貝層中のハマグリから、 $5850 \pm 105 \text{yrBP}$ の年代が測定されている（大池・松山、1974）。貝類はマガキ・コタマガイ・オオノガイ・オキシジミ・シオフキ・ハマグリ・アサリなどである。土器形式は、日ヶ久保式、早稲田 4 類である（百石町教育委員会、1974）。

第三章 研究調査地

3. 1. 自然地理概要

上北平野は、青森県の東南部（南部地方）に位置し、南方の北上山地と北方の下北丘陵、西方は三戸丘陵に挟まれている。東方は太平洋に面し、南北約 50km、東西約 30km の広大な台地型の海岸平野である。もともとは奥羽山脈と北上山地北端部の間に挟まれた盆状構造を埋めるように堆積した厚い新第三紀層～下部更新世層を基盤としている（大西,1962、Chinzei,1966、北村ほか,1972）（図 3－1）。

平野は海成段丘群とそれらを侵食する河川沿いの河成段丘群、および沖積低地からなっている。西方にある十和田カルデラ・八甲田火山から連続的に供給されたテフラを利用した火山灰編年学的方法が早くから導入され、東北地方の第四紀段丘編年の標式地と位置付けられてきた。（中川ほか,1972、大池・中川,1979 など）。その後、広域テフラの発見や放射性年代測定などにより、それらの段丘群の形成年代が詳細に記されるようになった。6 段の海成段丘は最高位のものから高位面、七百面、天狗岱面、高館面、根城面、柴山面と呼ばれている（宮内,1985、桑原、2004 など）。七百面はステージ¹9 に、Toya と Aso-4 との被覆関係より高館面はステージ 5e に、根城面はステージ 5c にそれぞれ対比される。さらにこれらの段丘配列に従うと、天狗岱面はステージ 7 に、柴山面はステージ 5e に相当する。最終氷期に十和田カルデラから相次いで噴出した火砕流堆積物の影響を強く受けた七戸面（2.5 万年前頃）、三本木面（1.3 万年前頃）は、低海面期の河川に沿うように分布している。

気候は太平洋側気候であり、岩手県の気候に似る。夏は偏東風（山背）の影響を受けて冷涼であり、冬は晴天が多く乾燥する。また北東北にありながら降雪量が少なく、日照時間も長い。

¹ 海洋酸素同位体ステージ(Marine Isotope Stage)：有孔虫の酸素同位体編年により、氷期を偶数、間氷期を奇数として表す。現在はステージ 1 にあたる。

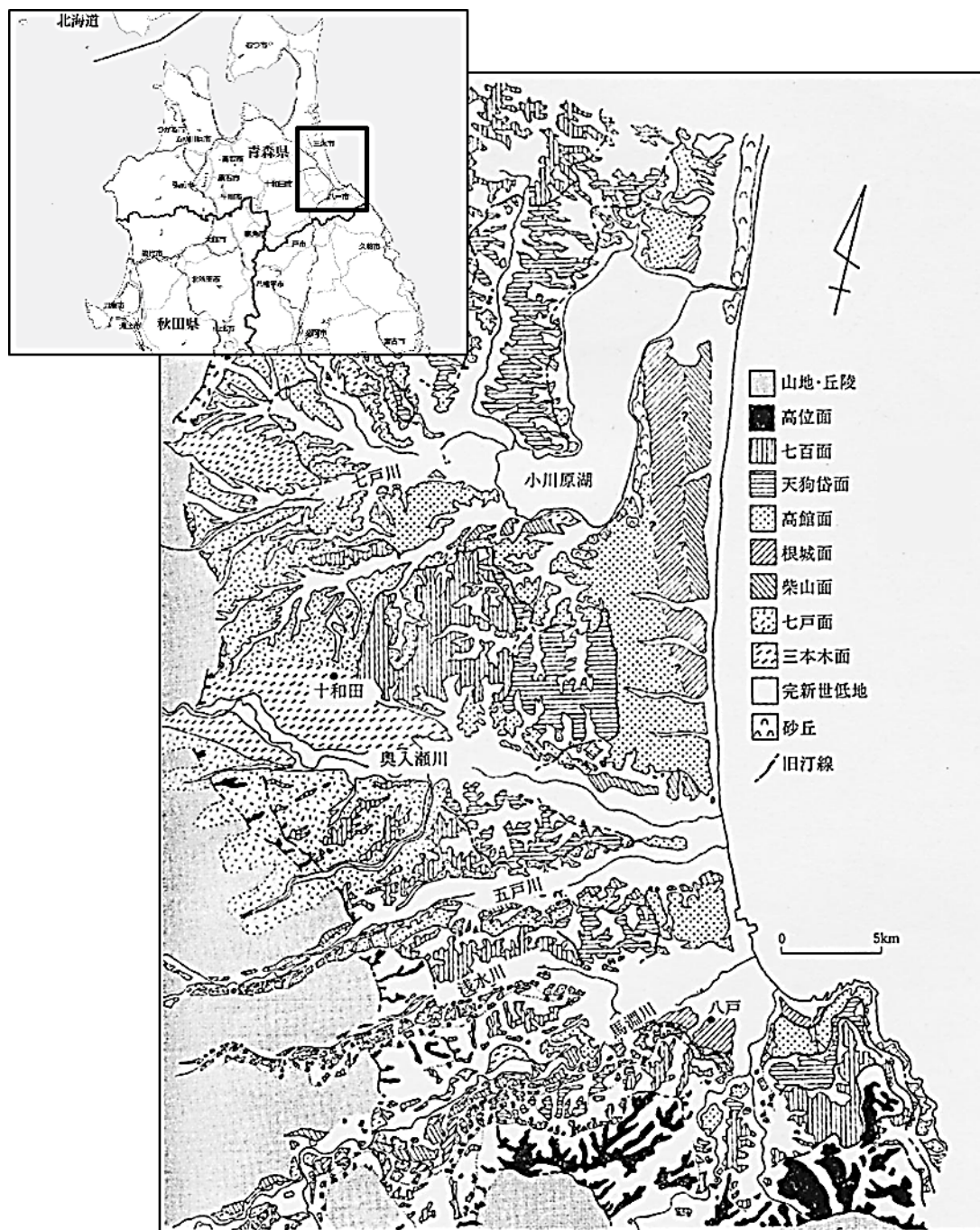


図 3 - 1 上北平野の地形分類図 (Miyauchi、1987)

3. 2. 試料の採取地

今回試料を採取したのは、以下の 10 地点である（表 3－1、図 3－2）。採取地については、長七谷地遺跡・日ヶ久保遺跡の付近と、その影響の範囲を調べる為、堆積状況の良さそうな休耕田にてボーリング調査を行った。

表 3－1 堆積物コア採取地

採取地点	緯度経度	場所	住所	標高
Ha-1	N40°34'21.71" E141°27'27.69"	長七谷地貝塚直近	八戸市市川町 吹上沖	約9m
Ha-4	N40°34'38.7" E141°27'25.1"	長七谷地貝塚付近	八戸市市川町 向谷地前	約5m
Ha-5	N40°34' 31.5" E141°27'27.0"	長七谷地貝塚付近	八戸市市川町 向谷地前	約7m
Ha-6	N40°34'11.8" E141°27'12.5"	長七谷地貝塚付近	八戸市市川町 堤下	約8m
Ha-2	N40°32'06.84" E141°28'12.22"	馬淵川北、トレーニングセンター脇	八戸市河原木	約5m
Ha-3	N40°35'19.27" E141°26'50.6"	多賀台前面	八戸市市川町 坂ノ下	約0m
HK-1	N40°36' 32.0" E141°6' 50.6"	日ヶ久保貝塚直近の休耕田	おいらせ町東後 谷地604	約6m
HK-2	N40°36'18.7" E141°27'21.2"	おいらせ町海より	おいらせ町風嵐 151. 152. 153	約0m
HK-3	N40°36'42.6" E141°25'16.5"	おいらせ町中野平付近	おいらせ町黒坂 谷地	約0m
HK-4	N40°36'44.9" E141°25'10.9"	おいらせ町中野平付近	おいらせ町黒坂 谷地	約7m



図3-2 堆積物コア採取地（国土地理院2万5千分の一地形図）

第四章 研究の方法

本研究では、堆積物コアを採取し層相の観察・花粉分析・年代測定法などを用いて、八戸・上北の生態系を復原する。

4. 1. 堆積物の採取

本研究で扱う堆積物コアは、八戸の主要な遺跡の周辺において、ボーリング調査によって採取した。ボーリング調査には、柱状試料を攪乱することなく連続的に採取できる、直径 6 cm のシンウォール・サンプラーを使用した。これは 33 cm の金属製円筒で地中を割り貫く、打ち込み式のサンプラーである（図 4-1、4-2）。1 m 長のロッドを継ぎ足していくことで、5 m 33 cm まで手動で堆積物を採取できる。

コアは、五戸川流域の長七谷地遺跡周辺の Ha-1・Ha-4・Ha-5・Ha-6、馬淵川の北部に位置する Ha-2、奥入瀬川と五戸川の間で多賀台の縁に位置する Ha-3、奥入瀬川の河口に位置する日ヶ久保遺跡周辺の HK-1、HK-2、おいらせ町中野平の谷に位置する HK-3、HK-4、以上 10 地点から採取した。

採取した堆積物コアは、現地でラップに包み、柏キャンパスまで郵送した。

4. 2. 堆積相の観察

研究室に持ち帰った柱状試料は、実験室にて縦に半切し、片方を分析用サンプルに、もう片方を保管用とした。半切した面をナイフでクリーニングし、堆積相の観察と層序の確認を肉眼で行った。堆積物中の火山灰や砂などの同定には、実体顕微鏡を使用した。



図 4-1 シンウォールサンプラー



図 4-2 堆積物コア

4. 3. 年代の検討

4. 3. 1. タイムマーカーとしての広域火山灰

長七谷地遺跡周辺の Ha-1、馬淵川北部の Ha-2、日ヶ久保貝塚周辺の HK-1 からは、それぞれの深度で広域火山灰である十和田中掬テフラ(To-Cu)が検出された。これら 3 地点では、それぞれの深度において約 20 cm～40 cm の厚さで堆積している。

巨大噴火による広域テフラの発見は、生態系に与えた影響を評価する際にも重要である上、それが発見された地域の同時期面を示すという意味で有意義なものである。To-Cu の年代は、前述のとおり、 $5050 \pm 70 \text{yrBP}$ (辻・中村、2001)であり、暦年に較正すると、約 6000 年前となる。

テフラの同定には、層位学的方法（層序や層厚、色調など）と岩石記載的方法（岩石の組織・鉱物組成・鉱物の屈折率や化学組成など）を用いて総合的に判断することが求められる。今回着目した To-Cu は、調査地でも 20cm～40cm という厚さを持つため比較的わか

りやすいが、二次堆積として泥と混合しているものは特に正確を期すため、実体顕微鏡下で火山ガラス（軽石）の形態観察を行った。火山ガラスの形態分類による、爆発型の推定は以下ようになる（図4－3）。To-Cuは繊維状・スポンジ状軽石である。

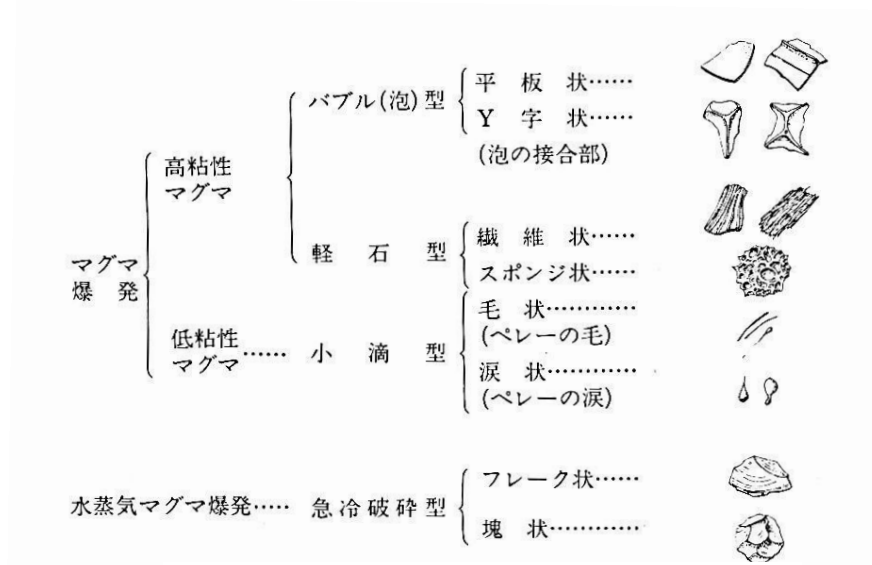


図4－3 火山ガラスの形態分類（町田・新井、2003）

また、Ha-3、HK-3からはB-Tmと見られる広域火山灰が検出された。B-Tmは、白頭山一苦小牧テフラの略称であり、中国と北朝鮮の国境に位置する白頭山の噴火によって北海道から東北地方北部にまでもたらされた広域火山灰である。B-Tmの降灰年代は、白頭山周辺の渤海国の滅亡(AD 926)との関連性の中で論じられてきており(町田、1992)、数多くの年代測定法が試みられてきた。その年代はおおよそAD 926～1039の範囲と言われている(奥野、2002)。B-Tmも大規模なプリニアン噴火であり軽石等を噴出しているが、遠方であるため軽石が破砕されてバブル型ガラスとなって検出される。

B-Tmとほぼ同じ年代(AD 915)には、十和田火山も巨大噴火を起こしており、十和田a火山灰(To-a)を噴出している(町田ほか、1981)。To-aは十和田火山の南方に向かって東北地方のほぼ全域を覆っているが、今回の調査では検出されなかった。

4. 3. 2. 放射性炭素年代測定法

生態系が変化していく年代を知るために、放射性炭素年代測定法を用いた。これは炭素の放射性同位体である ^{14}C が放射壊変によって減少する特性を用いた方法である。試料は、Ha-1 コアの To-Cu 下から 3 点（炭化植物遺体 2 点、植物遺体 1 点）採取した。採取した植物遺体は、さまざまな部位が起源となっているが、種や部位の特定には至らなかった。採取する際留意すべき点は、堆積当時の年代を知るために、上位や下位から混入したと見られる植物遺体は対象にしないことである。本研究では上部から下部にかけて根をはっているヤチダモ・ハンノキなどの根は除いた。このような混入物は、実際の堆積年代とは異なる年代値を示し、解釈の妨げになるからである。

採取した年代測定用試料は、パレオ・ラボ株式会社に測定を依頼した。試料は、超音波洗浄、酸・アルカリ・酸洗浄など調整処理の後、加速器質量分析計（パレオ・ラボ、コンパクト AMS : NEC 製 1.5SDH）を用いて測定された。 ^{14}C 年代の算出には、 ^{14}C の半減期として Libby の半減期 5568 年を使用した。測定値に付された BP は、西暦 1950 年より遡る年数として示される。

なお、暦年較正の詳細は以下のとおりである。

暦年較正とは、大気中の ^{14}C 濃度が一定で半減期が 5568 年として算出された ^{14}C 年代に対し、過去の宇宙線強度や地球磁場の変動による大気中の ^{14}C 濃度の変動、および半減期の違い（ ^{14}C の半減期 5730 ± 40 年）を較正して、より実際の年代値に近いものを算出することである（広瀬編、2007）。

4. 4. 灼熱消費量（Loss of Ignition）

堆積物の有機物量を知るために、灼熱消費量（強熱減量・LOI）を測定した。計測の方法は以下のとおりである。

- ①堆積物コアから、花粉分析試料と同層位の試料を 1cm³程度、薬包紙に包む。
- ②試料を乾燥機(110℃)で 8 時間乾燥し、計量する。
- ③試料を電気炉(900℃)で 30 分燃焼させる。
- ④試料が冷めたら計量し、LOI を計算する。

$$[\text{灼熱消費量}(\%) = (\text{消失量}(\text{g}) / 110^\circ\text{C乾燥後堆積物量}(\text{g})) \times 100]$$

4. 5. 花粉分析

花粉分析とは、花粉や孢子などのパリノモルフ（植物性紛体）を抽出し、植物群の進化や植生の復元などさまざまな研究に役立てる手法である。

花粉分析を研究の手法として確立させている根拠は、以下の 3 点である。

- ①花粉や孢子は生殖にかかわる強靱な器官であり、遺体あるいは化石として高い保存性を有する。そのため数億年前の花粉や孢子でさえ抽出し、研究対象とすることができる。
- ②それぞれの植物群に固有の性質が見られる。とくに形態に現れる性質は、植物群の系統関係を反映すると考えられており、植物群の同定を可能にする。
- ③生殖の可能性を高めるため、植物は花粉や孢子を大量に生産する（後述するとおり、種によって産出量は異なる）。生産された花粉や孢子のほとんどは生殖に役立つことなく大気中や水中を浮遊し、最終的には堆積物中に遺体として残留することになる。そのため産出量を統計的処理によって表現する（ダイヤグラム）ことが可能になる。

4. 5. 1. 花粉分析の歴史

堆積物中の花粉や孢子を抽出し、分類群ごとの産出量を定量的に表示する近代的な花粉分析は、1902 年、ストックホルム大学のラーゲルハイムによって始められた。この研究を受け継いで、第四紀の植生変遷や気候変化の解明の基礎を築いたのがラーゲルハイムに支

持したホン・ポストである。ホン・ポストは、ヨーロッパ各地の泥炭層の花粉分析によって、地点ごとの層位による花粉組成の変化を示し、植生が時間・空間的にどのように変化したのかを示した。

日本における花粉分析は、1928年の沼田大学による公表にはじまった。1930年代には、東北大学の神保忠男、京都大学の沼田大学や山崎次男によって日本各地から樺太に及んで、完新世から更新世の堆積物が取り上げられた。森林植生の変化と気候変化をヨーロッパのそれと対比させたのは、1952年の中村純の業績であった。その後は塚田松雄によって放射性炭素年代測定による編年と花粉帯の見直しがなされ、国際的に対比される花粉帯が設定された。遺跡の発掘調査と関係した花粉分析は、1970年代、安田喜憲らによって推し進められ、稲作史研究や人と植生の交渉史研究が急速に展開した。

4. 5. 2. 花粉と胞子の性質

花粉とは、「種子植物の小胞子の有糸分裂後に生じた少数の細胞からなる独立の構造組織体で、発達した花粉管細胞と生殖細胞をもち、一般には、維管束植物の雄性配偶体と相同と見なしうる生活単位体である」（相馬、1984）。

陸上植物は、孢子体（複相： $2n$ ）と配偶体（単相： n ）の二つの体を持っており、孢子とは孢子体でつくられ、発芽して発達すると配偶体となるものである。コケ植物やシダ植物の大半は、おなじ形をした同形孢子をつくる。

花粉やコケ植物・シダ植物の孢子は外壁と呼ばれる化学的に強靱な壁を持っている。この壁は主にスポロポレニンと呼ばれる物質とセルロースによって構成されている。スポロポレニン化学的に安定な高分子であり、酸やアルカリなど化学薬品に侵されることがないため、堆積物に取り込まれてからも化石として高い保存性を示す。

花粉が葯を離れて、裸子植物では胚珠に、被子植物では柱頭に到達するまでの過程を送粉という。裸子植物・原始的な被子植物である尾状花序群では、花粉は風によって送粉さ

れる（風媒花）のがふつうで、花で生産される花粉の量は著しく多い。一方、動物（昆虫・鳥・コウモリなど）によって送粉される植物は動物媒花と呼ぶ。これらは花びらや香りが目立つ花をつけ、受粉の確立がきわめて高いため、花粉の生産量は少ない。送粉の過程の違いは、花粉の生産量の違いだけでなく、形態の違いにも反映される。

4. 5. 3. 花粉化石の処理と計数

花粉分析には、Ha-1、Ha-4、HK-1、HK-4 の 4 本のコアについて、層位的にサンプルを採取した。層相の変化する場所は、通常よりも細かくサンプルを採取し、環境の変化を詳細に描けるよう考慮した。

（1）花粉化石の抽出と標本作成

花粉の抽出作業は、花粉とそれ以外の有機物質や無機物質の分離・鉱物粒や沈殿物の除去からなる。その詳細は次のようになる（図 4－4）。

- ① 試料 1 g 前後を 10 cc 遠沈管に取り、5%程度の KOH を加え、何回かかき混ぜる。
- ② 遠心分離と水洗を行った後、茶漉しで植物遺体などの粗粒物質を除去し、砂粒などの鉱物粒を傾斜法（ビーカーを揺らしながら傾け、鉱物のみを沈殿させる）で除去する。
- ③ 約 50%の HF を加え、5 分間の湯煎処理をドラフトチャンバー内で行う。
- ④ 遠心分離と水洗を行った後、酢酸を加え、脱水させる。
- ⑤ アセトリシス液（無水酢酸：硫酸＝9：1）を加え湯煎する（アセトリシス処理；Erdman,1969）
- ⑥ 遠心分離と水洗を行った後、残渣にグリセリン・染色用サフラニンを適量入れ、保存管ビンに入れる。

⑦ 検鏡用プレパラートに適量を取り、標本を作成する。

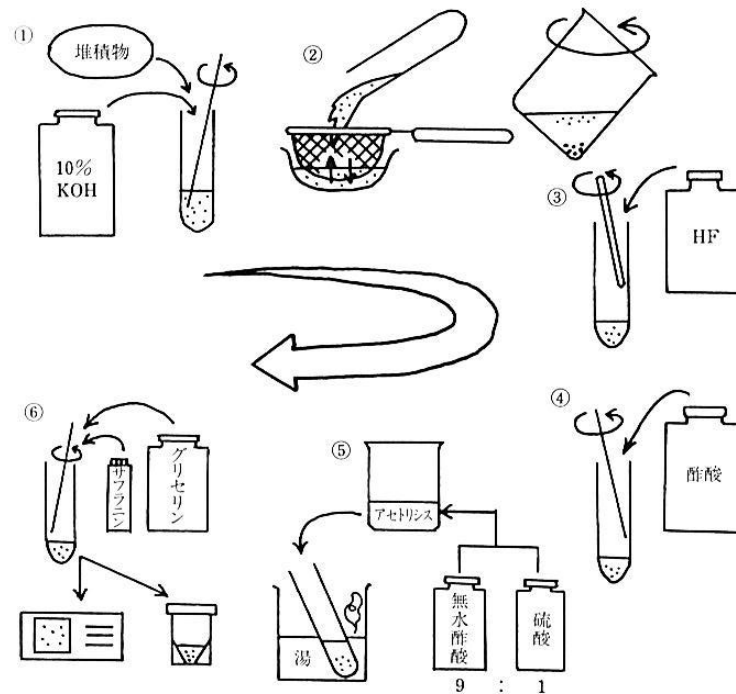


図 4-4 標準的な花粉の抽出方法(辻、2000)

(2) 花粉化石の計数

花粉遺体群の同定と計数は、**600 倍、1500 倍**の光学顕微鏡下において、連続走査による観察で行った。

今回の調査では、微粒の炭片が多いなどの理由により、花粉の数が十分でないサンプルが多く見られたため、計数の際は以下のように基準を設けた。

樹木花粉が十分に計数できる場合は、樹木花粉 **200 個以上**、草本花粉・あるいは孢子が多い場合は花粉と孢子の総数が **500 個以上**になるよう、孢子・花粉いずれもほとんど検出されない場合はプレパラート **2 面**を計数した。総数が **150 個以下**の場合は、花粉ダ

イヤグラムの結果を白抜きにして表示した。

4. 5. 4. 花粉分析結果の表現

結果をわかりやすく表示するために、花粉の出現率を百分率として算出した。樹木花粉は基数を樹木花粉総数とし、草本花粉・胞子は基数を花粉と胞子の総数として計算した。また下位から上位へと層位的な出現率の変遷が読み取れるように、花粉ダイヤグラムに示した。花粉ダイヤグラムは、堆積物中の花粉化石の種類と量を図示したもので、分析の結果が一覧できる。本研究では、花粉化石の出現率を相対値として表し、棒線で示した。

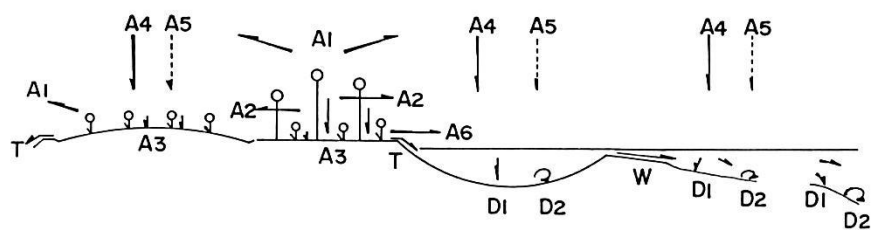
また、花粉化石群の種類および量の変化にもとづいて、下位から上位へ区分される生層序区分単位を、花粉群帯という。花粉群帯には、局地的な花粉の産出量変動を示す局地花粉群帯と、ある程度の空間的広がりを持つ地域花粉群帯がある(Cushing,1967;West,1970)。他地点と比較をするために、局地的環境の変動を受けにくい樹木花粉の変化に基づいて区分するのが普通である。本研究では、共通性の高い花粉出現率の変化が認められたため、地域花粉群帯として設定し、考察を行った。上位から下位へ、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの3つに区分した。花粉帯の名前の付け方には、下位から上位へ番号をふる場合もあるが、今後さらに深度を増してコアを採取し検討を行うことを考慮し、このように分帯した。

4. 5. 5. 花粉群を検討する際に留意すべき点

(1) 花粉の拡散について

堆積物中の花粉・胞子は、生産された後、堆積するまでに大気や水が営力として関わる。花を着けた植物体がある場に堆積した場合を除いて、生育域を離れた場所まで飛散して堆積することが多い。堆積する場所では、集水域が大きいと広い範囲（異地性）の植生から

もたらされた花粉群が混在し、小さいと堆積域周辺の狭い範囲（現地性）の植生に由来するものとなる傾向がある。花粉が堆積域に運ばれる経路はおおむね解明されており、以下のように示される（図4-5）。



種々の環境における花粉の散布・堆積の過程（West 1977 を一部改変、辻 1979 より引用）

a:丘モールにおける堆積 b:母植物群からの飛散 c:湖沼における堆積
d:河口部における堆積 e:海洋における堆積

A₁:大気中の散布 A₂:樹間を通しての散布 A₃:地表への落下

A₄:大気中より落下 A₅:降雨による落下 A₆:フィルター効果による通過

T:地上落下した花粉の流水による運搬 W:河川による運搬

D₁:水域における堆積 D₂:再移動

図4-5 花粉の散布・堆積過程(辻、2000)

花粉は、水域など還元電位下では保存性が高いが、陸上の酸化電位下ではバクテリアなどの食害を受けやすく保存性は著しく低い。それでも累積性の黒色土壌には大量の花粉群が保存されていることがふつうであり、陸上の堆積物が花粉分析に適さないとは言えない。

（2）花粉分析における出現率と実際の植生の関連

花粉分析において各分類群が示す出現率（％）が、実際の植生をどの程度反映するのか

は、花粉分析結果を検証する上で重要である。この関係性は、複数のファクターが作用するため複雑であり、花粉や孢子は植物の種類や樹齢によってその生産量が大きく異なるだけでなく、散布距離も一様ではない。そのため、表層堆積物中の花粉構成とその周辺の植生は、必ずしも一致しない可能性がある。しかし、現在の森林と表層堆積物中の花粉組成との比較研究を基礎として、対応関係が解明されてきている（たとえば塚田(1958、1967)、守田(1984)）。これらの比較研究のひとつとして、長野県の志賀高原の山岳林における植生被度と表層花粉群集の比較研究の結果が以下の表に示されている。

表 4-1 表層の花粉群集百分率／植生被度百分率（塚田、1958）

花粉の種類	1420	1510	1520	1600	1610	1760	1790	1850	1890	1960	平均
トウヒ属	—	—	—	—	—	(3.0)	0.82	0.37	0.40	0.34	0.48
モミ属	—	—	0.78	0.63	0.64	0.47	0.70	0.63	0.58	0.61	0.63
ツガ属	—	—	0.83	0.64	0.71	0.66	0.66	0.89	0.89	1.33	0.83
カンバ属	(0.59)	(0.92)	1.25	(1.00)	(0.92)	2.61	2.33	1.55	2.10	2.11	1.48
ブナ属	—	—	0.91	(+)	—	—	—	—	—	—	0.91
サワグルミ属	—	—	1.06	—	—	—	—	—	—	—	1.06
ナラ属	0.58	0.52	0.79	—	—	—	—	—	—	—	0.63
シナノキ属	0.22	—	0.03	—	—	—	—	—	—	—	0.13
カエデ属	0.04	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03
マツ属	44.70	44.70	—	—	8.9	—	9.5	6.2	23.4	18.4	22.36
クロベ属	—	—	—	1.48	0.32	0.25	0.13	—	0.86	0.28	0.56
ハンノキ属	2.02	2.42	12.80	—	—	—	—	—	—	—	5.76

ここで 1.0 以上の値は花粉が被度より過大に表現され、それ以下の場合は過小に表現されている。塚田 (Tsukada, 1958) はこのような結果を総合して花粉群を 3 つに分けているが、これを参考に本研究で同定し得た分類群を次のように分けて示した。

- ① 実際の植生より過大に表現される分類群：マツ属、ハンノキ属、カバノキ属、ハシバ

ミ属

- ② 実際の植生とほぼ同率に表現される分類群：スギ属、トウヒ属、ブナ属、オニグルミ属—サワグルミ属、コナラ属（アカガシ亜属、コナラ亜属）、ニレ属—ケヤキ属、クマシデ属

- ③ 実際の植生より過小に表現される分類群：シナノキ属、ヤナギ属、カエデ属、虫媒種

とくに森林の主林木となる針葉樹林やブナ科・カバノキ科などの尾状花序群の花粉は生産性・散布能ともに高いことがわかる。

考察の際は、このような花粉の性質を考慮しながら検討を行う。

第五章 結果

5. 1. 堆積相と層序

採取した堆積物コア断面の観察結果を、5. 1. 1（馬淵川～長七谷地貝塚～多賀台前面について）、5. 1. 2（日ケ久保貝塚～中野平について）とし、以下に示す。

5. 1. 1. 馬淵川～長七谷地貝塚～多賀台前面

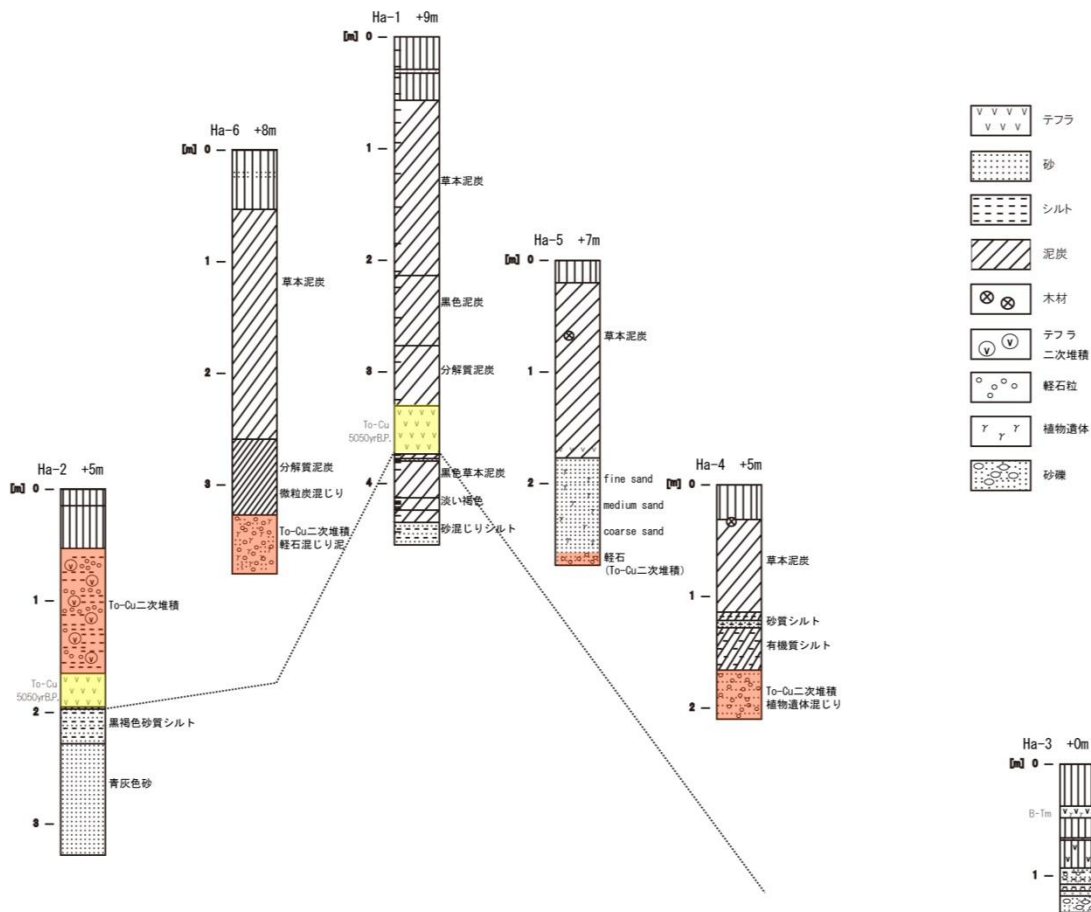


図 5-1 八戸周辺における地質柱状図

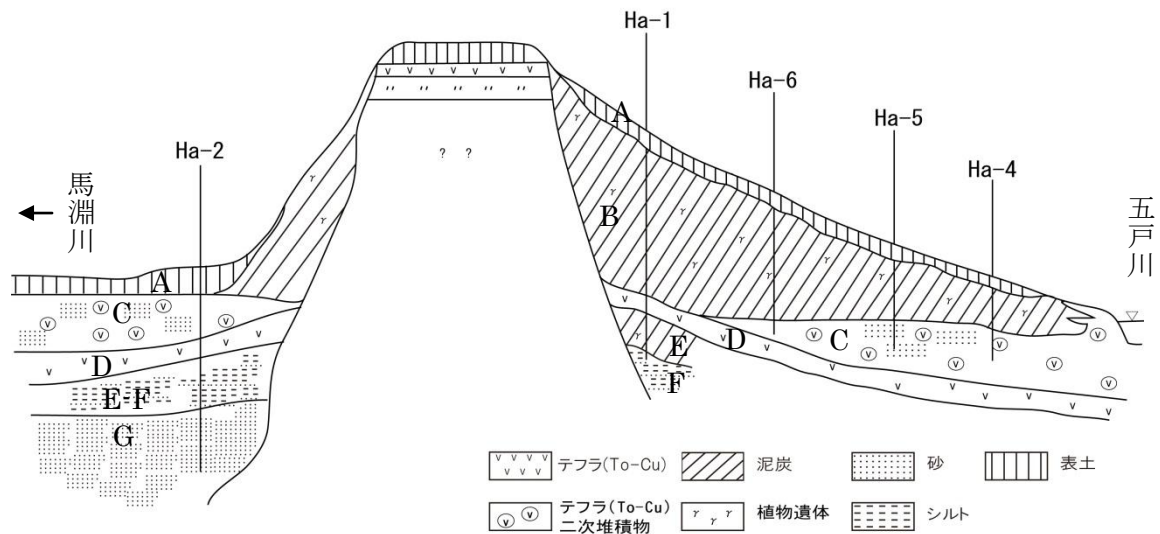


図 5 - 2 馬淵川～長七谷地貝塚における模式断面図

ボーリング調査によって得られた八戸周辺の完新世堆積物は、模式図に示したように、上位から A～G の 7 層に区分した。以下に、各層の特徴を記す。

G 層：青灰色砂。Ha-2 の(328cm)～228cm に相当する。下限は不明。

F 層：灰色砂混じりシルト。Ha-1 の(453cm)～433cm に相当。下限は不明。

E 層：黒色～淡褐色泥炭。Ha-1 の 433cm～372cm に相当。全層に未分解の草本植物遺体を含む。下部は淡い褐色の泥炭だが、上部へ行くにつれて黒色泥炭となる。Ha-2 の 228cm～197cm は、Ha-1 における E 層と F 層、両方の特徴を有する。すなわち、黒褐色の有機質を含む砂質シルトである。

D 層：火山灰（十和田中嶺テフラ・To-Cu）。Ha-1 の 372cm～329cm、Ha-2 の 197cm～165cm に相当する。白色軽石主体。詳細は後述（5. 2. 露頭観察とテフラ同定）。

C 層：火山灰（To-Cu）二次堆積と見られる軽石混じりの泥。Ha-2 の 165cm～53cm、Ha-4 の(210cm)～164cm、Ha-5 の(273cm)～177cm、Ha-6 の(380cm)～327cm に相当。層となっ

ておらず、灰褐色の泥と To-Cu が混合した様相を呈する。

B 層：泥炭。草本植物遺体を含む。Ha-1 の 329cm~56cm、Ha-4 の 164cm~31cm、Ha-5 の 177cm~20cm、Ha-6 の 327cm~53cm に相当。なお、Ha-4 の下部 164cm~130cm は有機質シルトであり、黒色と褐色・灰褐色がラミナ状に見られる。泥炭層は、下部は黒色が強く、上部へ向かうにつれて黒褐色～褐色となる。

A 層：人為攪乱土壌（客土）。Ha-1 の 56cm~、Ha-2 の 53cm~、Ha-4 の 31cm~、Ha-5 の 20cm~、Ha-6 の 53cm~に相当する。堆積物コアの採取地は休耕田であるため、水田開発の際に埋め立てられた土壌と見られる。

E 層と B 層に相当する泥炭では、細かい炭片が多く見られた（図 5－3）。層相が黒色を呈するほど、その量は多い。また、同じく E 層・B 層について、プラントオパール（植物珪酸体）を検鏡したところ、ヨシ属と見られる植物珪酸体がすべてのサンプルから検出された（図 5－4）。

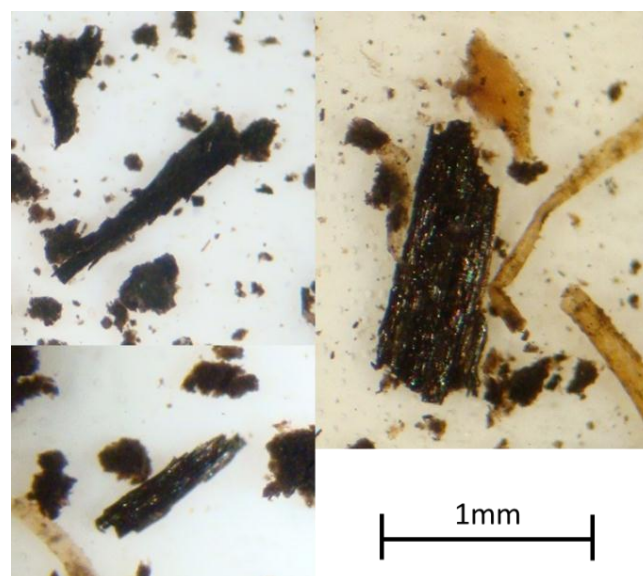


図 5－3 微小な炭片（E 層・B 層）

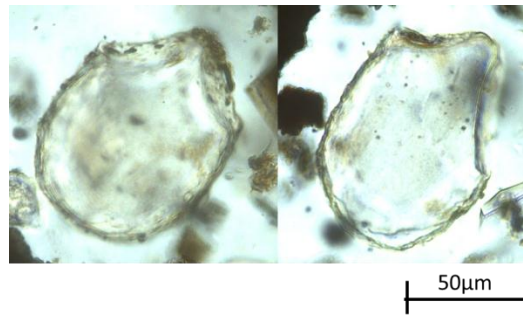


図 5 - 4 ヨシ属植物珪酸体化石 (Ha-1)

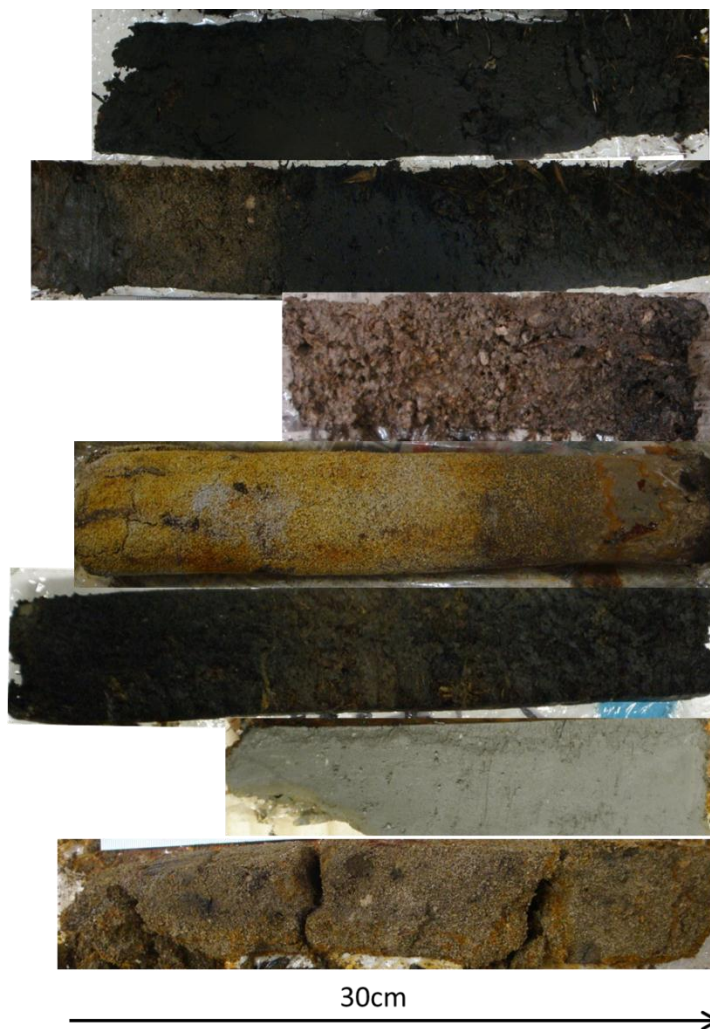


図 5 - 5 長七谷地貝塚周辺

上から A 層、B 層、C 層、D 層、E 層、F 層、G 層

5. 1. 2. 日ヶ久保貝塚～中野平

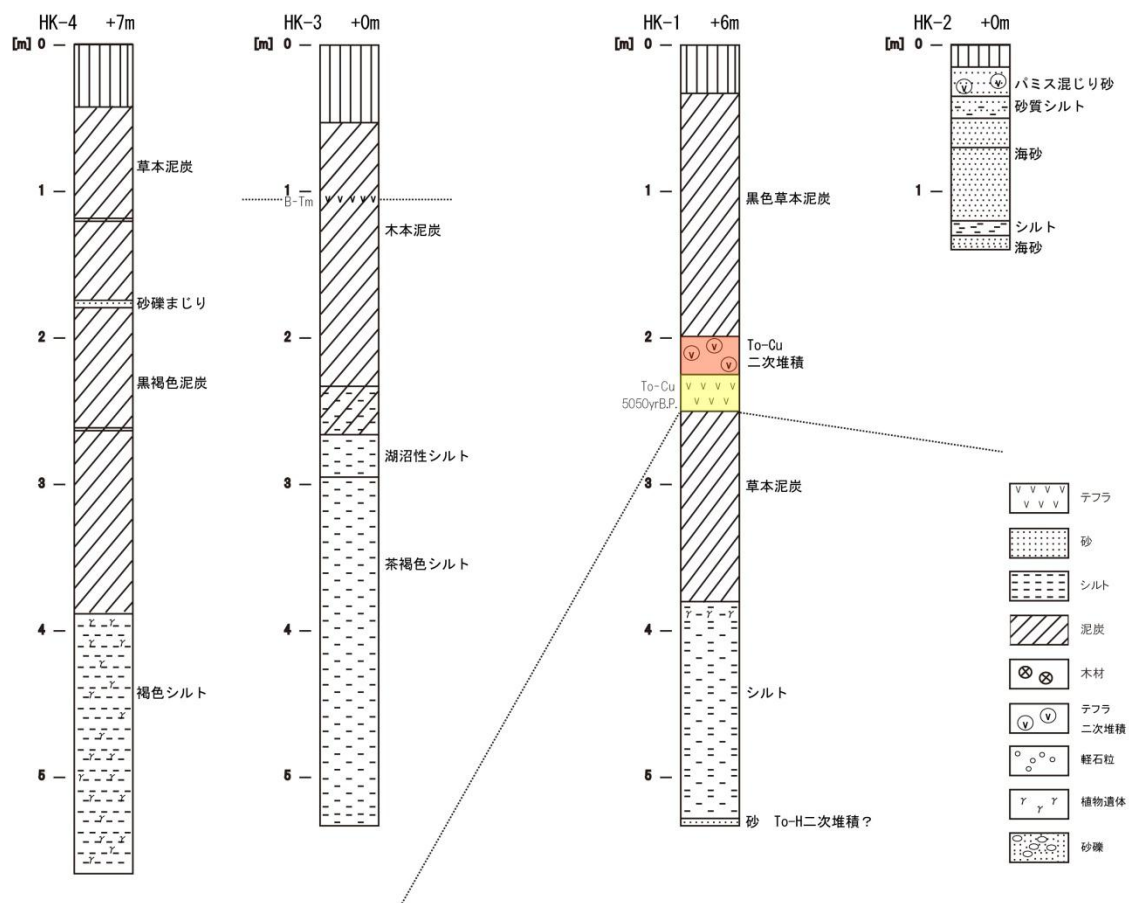


図5-6 日ヶ久保周辺における地質柱状図

HK-1：日ヶ久保貝塚直近

最下部 533cm～528cm は砂、528cm～380cm は灰褐色シルト（上部に草本植物遺体を含む）、380cm～250cm は黒褐色泥炭（木本質でよく締まっている）、250cm～225cm は火山灰（To-Cu）、225cm～200cm は To-Cu の二次堆積と見られる砂泥、200cm～33cm は黒色泥炭、33cm～0cm は客土であった。

長七谷地周辺と同様、To-Cu 前後の泥炭層には、微小の炭片が多く検出された。

HK-2：おいらせ町海より

最下部 150cm~130cm は砂（中粒、淘汰が悪い）、130cm~120cm はシルト、120cm~70cm は砂（粗~中粒、淘汰が悪い）、70cm~50cm は砂（細~中粒、淘汰が良い）、50cm~35cm は有機質を含む砂質シルト、35cm~15cm はパミス混じり砂（軽石が混じる、淘汰が悪い）、15cm~0cm は客土であった。

HK-3：おいらせ町中野平付近 谷の中央部

533cm~266cm は茶褐色シルト（有機質を多く含む、白色層(485cm~480cm)や黒色層(300cm~295cm)のラミナが見られる、湖沼性）、266cm~233cm にかけてシルトから泥炭へと移行し、233cm~53cm は泥炭（ハンノキ・ヤチダモと見られる根を含む、105cm に B-Tm テフラが挟在）、53cm~0cm は客土であった。

HK-4：おいらせ町中野平付近 谷の縁辺部

566cm~389cm は黒褐色~褐色シルト（草本植物遺体を含む、546cm~545cm・531cm~530cm に灰色粘土が挟在、392cm~391cm に白色粘土を挟む）、389cm~43cm は泥炭（下部は黒色、上部にかけて茶褐色。264cm~262cm に灰褐色の粘土を挟む、180cm~175cm に砂礫を混じる、121cm~119cm に灰褐色の粘土を挟む、上部にハンノキの根を含む）、43cm~0cm は客土であった。

5. 2. 露頭の観察

以下に十和田中掇軽石の分布範囲（早川、1983）を示す（図5－7）。

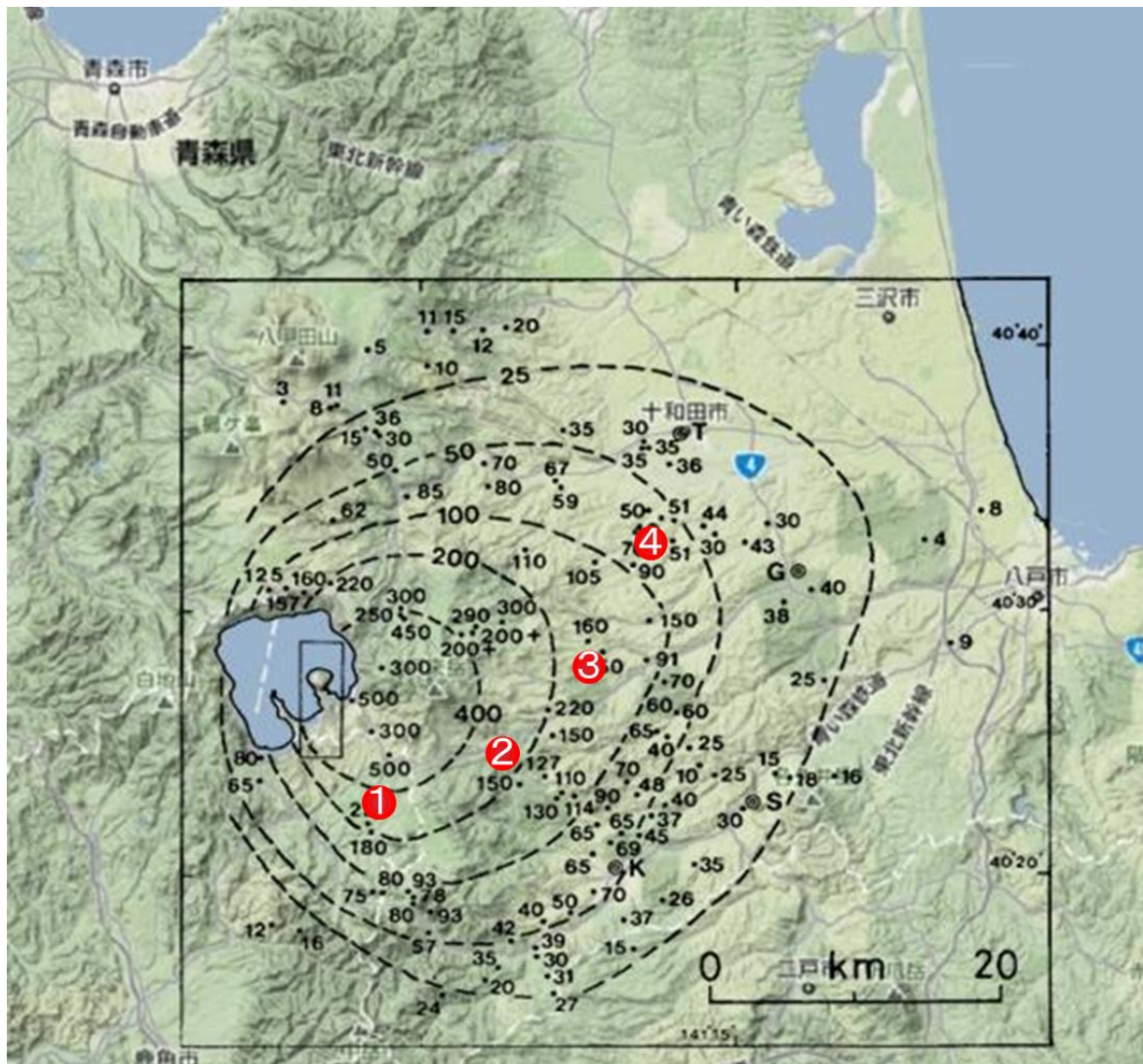


図5－7 十和田中掇軽石の分布範囲（早川(1983)を編集）

図中の①～④の4地点において、露頭の観察を行った。軽石の形状や粒径を観察し、堆積物コア中の中掇軽石との対比を行った。

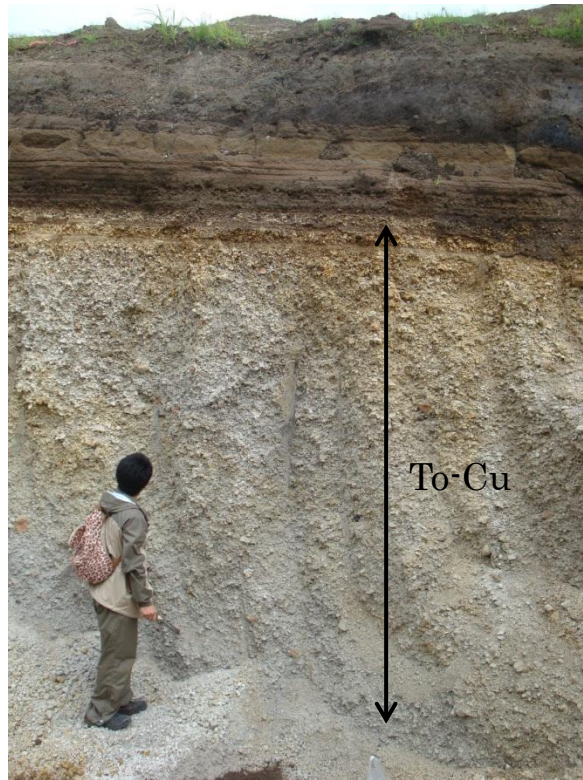


図 5 - 8 ①秋田県鹿角市十和田大湯田代平 採石場における露頭断面

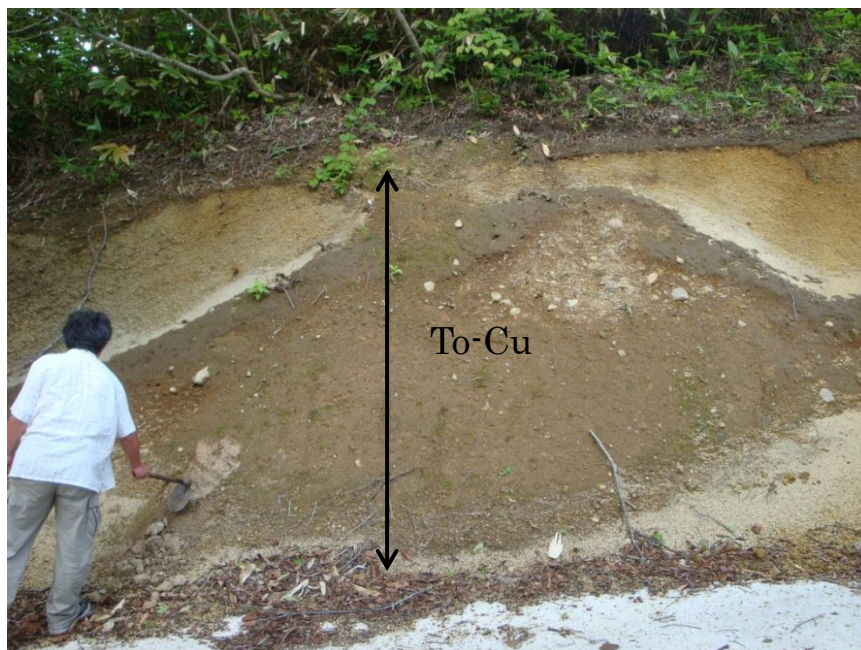


図 5 - 9 ②三戸郡新郷村権現の滝付近における露頭断面



図 5 - 1 0 ③三戸郡新郷村採石場における露頭断面



図 5 - 1 1 ④十和田市老人保健施設「みのり苑」駐車場

十和田カルデラから 7~8km の①田代平採石場近く露頭では、握りこぶし大から小さいものまで、様々な粒径の白色軽石が見られた（図 5-12 左）。一方、20km ほど離れた④「みのり苑」では、粒径は 1mm~5mm のものが多く揃っており、色も黄味がかっていた（図 5-12 右）。

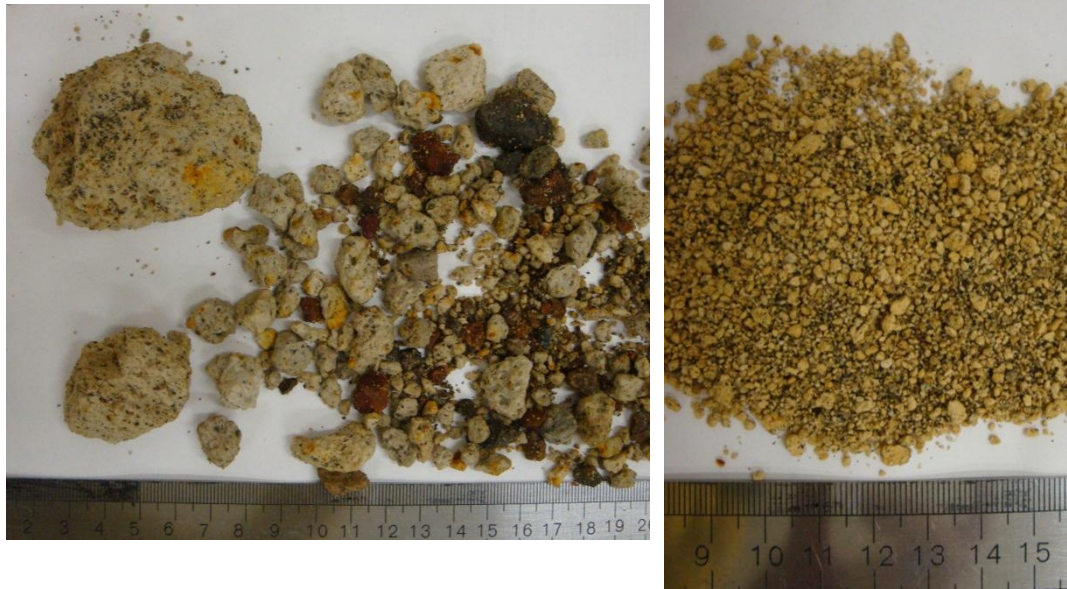


図 5-12 十和田中掬テフラ写真（左）①田代平採石場（右）④「みのり苑」駐車場

露頭中の十和田中掬テフラと堆積物中の火山灰とを対比するため、ふるいにかけて、 $\phi 1$ (0.5~1mm) の粒子について、実体顕微鏡下で観察を行った（図 5-13）。 $\phi 1$ ではスポンジ状白色軽石が多く見られ、発泡の度合いなども同程度であった。よって C 層の軽石混じり泥は十和田中掬テフラの二次堆積であると解った。なお、 $\phi 3$ (0.125~0.25mm) の粒子についても観察を行い、輝石が存在し、角閃石が存在しないことを確認した。この層序・地域で確認される確率がある十和田八戸テフラ（To-H）の場合は角閃石を含むため、十和田中掬テフラと同定できる。



図 5 - 1 3 十和田中掬テフラ(φ 1)写真

(a)田代平採石場 (b)「みのり苑」 (c)Ha-1 D層

(d)Ha-4 C層 (e)Ha-5 C層 (f)Ha-6 C層

5. 3. 放射性炭素年代測定の結果

Ha-1 の To-Cu 以下における放射性炭素年代測定の結果は以下のとおりである。上位から、
4900±25yrBP（暦年代で 3695BC~3653BC）、5650±25yrBP（暦年代で 4504BC~
4454BC）、5455±25yrBP（暦年代で 4343BC~4325BC）であった。

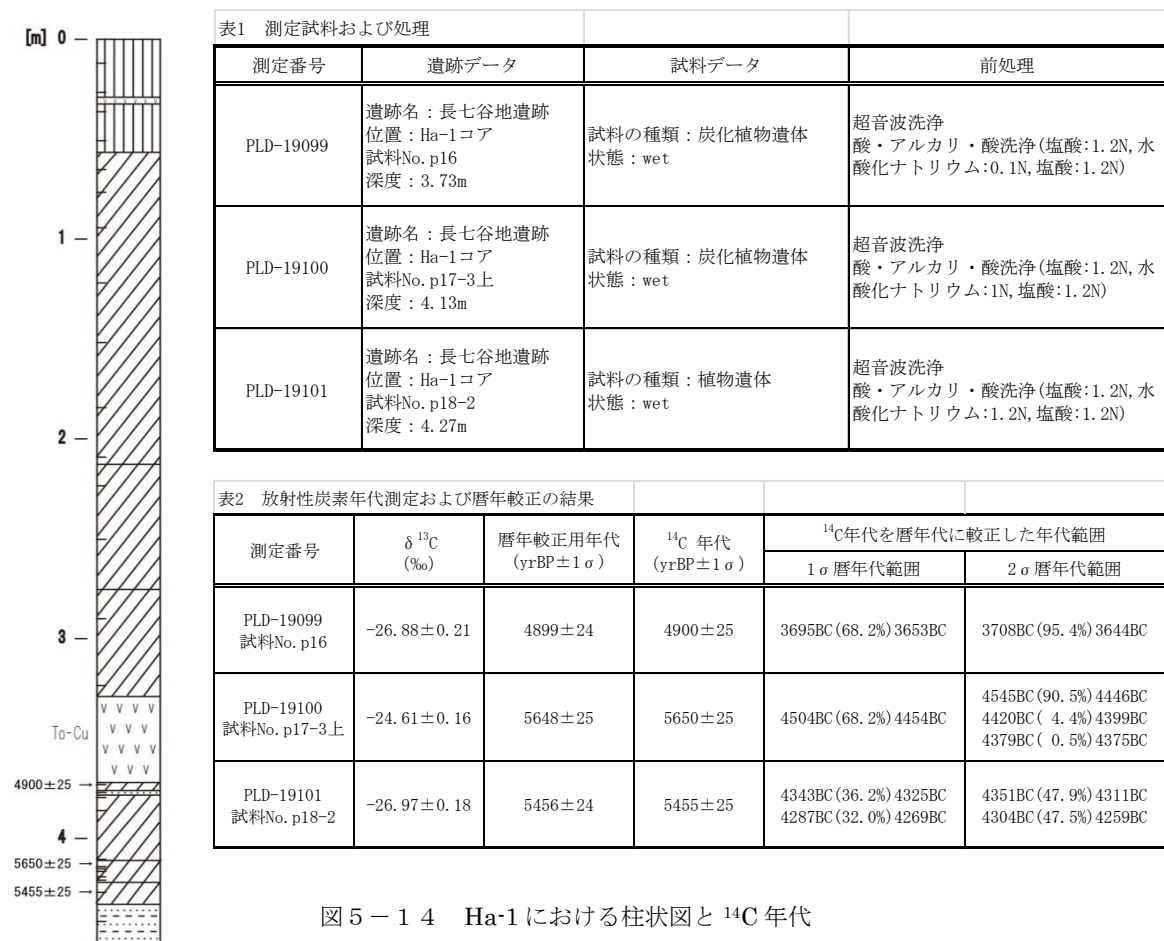


図 5 - 1 4 Ha-1 における柱状図と ^{14}C 年代

^{14}C 年代の暦年較正には OxCal4.1（較正曲線データ：IntCal09）を使用した。なお、1
σ 暦年代範囲は、OxCal の確率法を使用して算出された ^{14}C 年代誤差に相当する 68.2%信
頼限界の暦年代範囲であり、同様に 2σ 暦年代範囲は 95.4%信頼限界の暦年代範囲である。
カッコ内の百分率の値は、その範囲内に暦年代が入る確率を意味する。

5. 4. 灼熱消費量の結果

計量した灼熱消費量の結果を、表 5－1 に記す。また、花粉ダイヤグラム（図にグラフを記した）。

表 5－1 灼熱消費量（LOI）の結果

Ha-1	深度(cm)	LOI(%)	HK-1	深度(cm)	LOI(%)	HK-4	深度(cm)	LOI(%)
p1	12.1	11.56	6-1	174	53.19	-6	182	91.67
p2	26.6	10.41	6-2	184	62.22	-7	214	82.86
p3	36.3	38.83	6-3	194	50.00	-8	247	85.00
p4	50.8	31.91	7-1	205	11.35	-9	280	87.27
p5	65.3	37.88	7-2	214	6.75	-10	314	56.90
p6	76.6	82.76	7-3	224	4.17	-11	347	75.47
p7	94.4	80.00	8-1	252	52.50	1	377	87.80
p8	122.0	82.05	8-2	255	28.00	2	387	72.73
p9	151.9	77.42	8-3	260	8.65	3	390	38.78
p10	184.4	77.50	9-1	273	62.11	4	392	37.78
p11	209.2	83.33	9-2	280	45.63	5	416	39.13
p12	223.5	61.54	9-3	287	46.85	6	426	31.17
p13	250.4	50.00				7	442	31.58
p14	290.0	63.33	Ha-4	深度(cm)	LOI(%)	8	458	25.97
p15	323.5	82.35	1	38	67.26	9	477	26.92
p16	373.0	44.44	2	52	79.07	10	491	29.29
p16-2	379.5	30.77	3	58	67.69	11	510	28.57
p17	386.0	64.29	4	105	83.93	12	526	24.66
p17-2	410.5	44.19	5	118	29.06	13	543	23.97
p17-3	414.1	61.76	6	129.5	24.82	14	559	26.79
p17-4	415.2	54.24	7	137	16.98			
p17-5	416.5	40.00	8	147	13.51			
p18	419.3	34.21	8-2	152	15.68			
p18-1	420.9	48.65	9	156	11.24			
p18-2	427.0	62.50	9-2	159	14.37			
p19	441.5	3.19						

堆積物の層相と LOI は関連している。未分解植物遺体を多く含む泥炭では LOI が 50%以上と高く、無機物を多く含むシルト質堆積物では LOI は 10～30%程度である。本研究における泥炭では、微粒炭の多い層位の LOI が 80%程度と非常に高かった。LOI の変動を見ることで、肉眼による堆積相の観察結果を裏付けた。

5. 5. 花粉分析の結果

Ha-1、Ha-4、HK-1、HK-4 の 4 地点について、花粉分析を行った。同定された分類群と計数の結果を、表 5-2～5-5 に示す（付録）。また、花粉分類群の出現率の変化・LOI の変化をダイヤグラムとして示す（図 5-15～5-18）。花粉・胞子の総数が 150 個未満の場合は、棒グラフを白抜きにして表示する。

樹木花粉の層位的産出状況に基づいて、共通性を持つ花粉帯を、上位から I a 帯、I b 帯、II 帯、III 帯とした。

III 帯）樹木花粉・草本花粉・胞子の割合は変動が激しいが、樹木花粉はおよそ 10~40% である。コナラ亜属、は 25~70% の割合で優占しており、ブナ属が 5~20% と比較的高率で出現する。

II 帯）樹木花粉ではクリ属が 10~30% の割合で優占していることで特徴づけられる。コナラ亜属は引き続き 30~80% の割合で優占する。ブナ属は Ha-1 では見られないが、HK-1 では 10% 程度、Ha-4 では 10~40% を占める。Ha-1 では胞子が 90% であり、Ha-4 ではイネ科が 10~30%、カヤツリグサ科が 2~20%、カラムツソウ属が 5%、ヨモギ属が 5~25% と草本花粉が優占する。

I b 帯）樹木花粉ではトチノキ属が 5% 程度の低率ながら連続的に出現することによって特徴づけられる。コナラ亜属は引き続き 20~80% の割合で優占する。クリ属は 10% 程度に減少する。Ha-1 においては、ハンノキ属が増加傾向にあり、一時的にカヤツリグサ科が 30% 程度を占める。Ha-4 においても一時的に 60% 近くをカヤツリグサ科が占める。HK-4 では、トネリコ属が 5% 程度連続して出現する。

I a 帯) 樹木花粉では、スギ属が 10%程度出現することによって特徴づけられる。コナラ
亜属は引き続き 30%~70%の割合で優占する。クリ属、トチノキ属は減少しながらも低率で
出現している。Ha-4、HK-4 ではカヤツリグサ科が 10%~30%を占める。

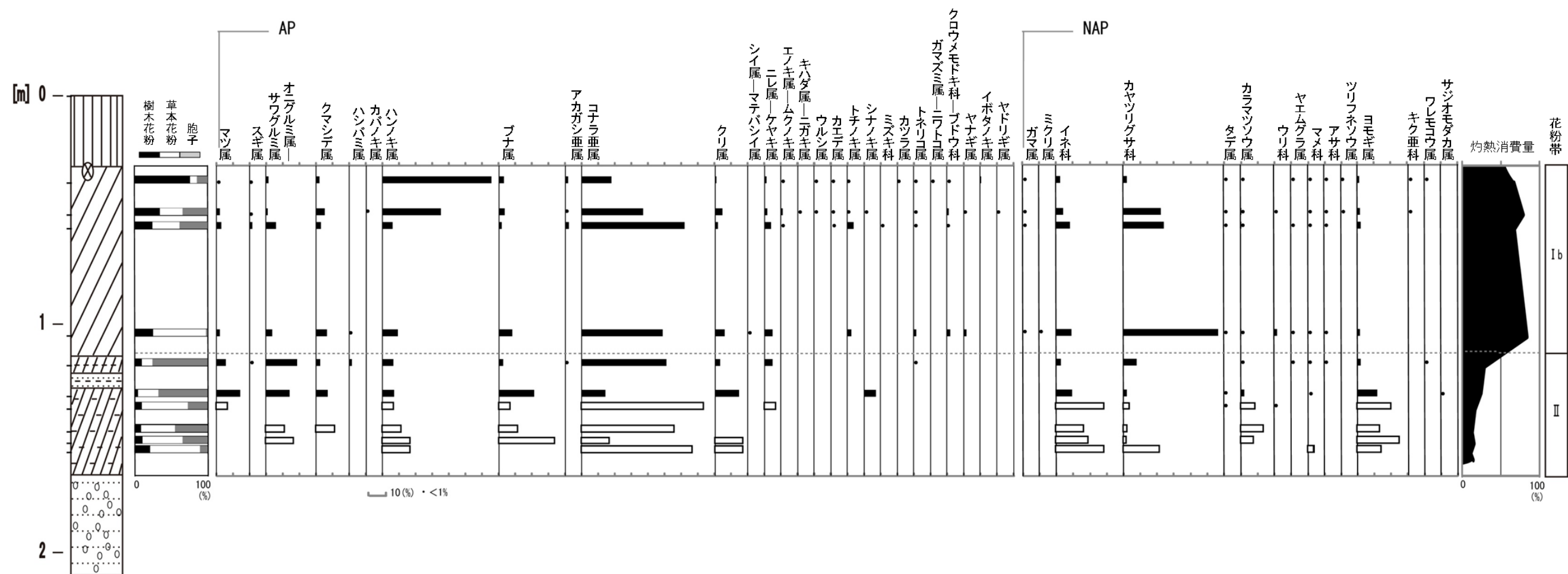


図 5 - 1 6 Ha-4 地点における花粉ダイヤグラム

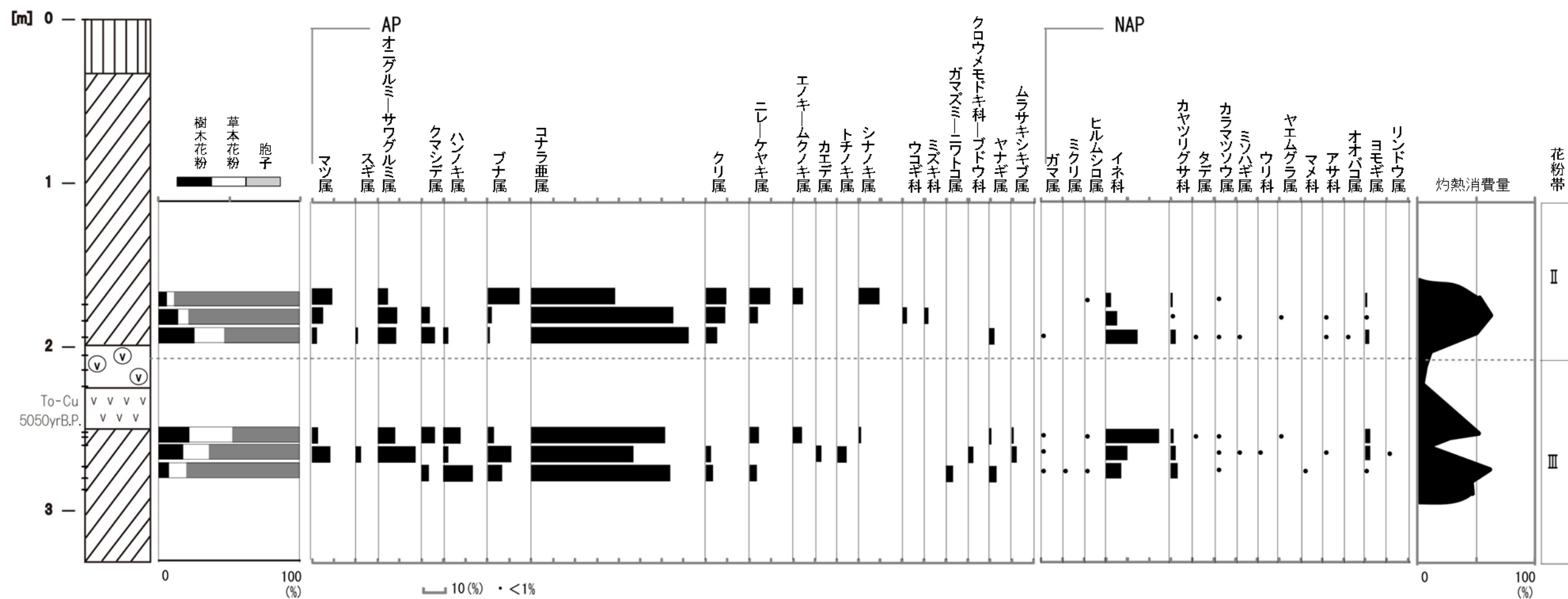


図5-17 HK-1 地点における花粉ダイヤグラム

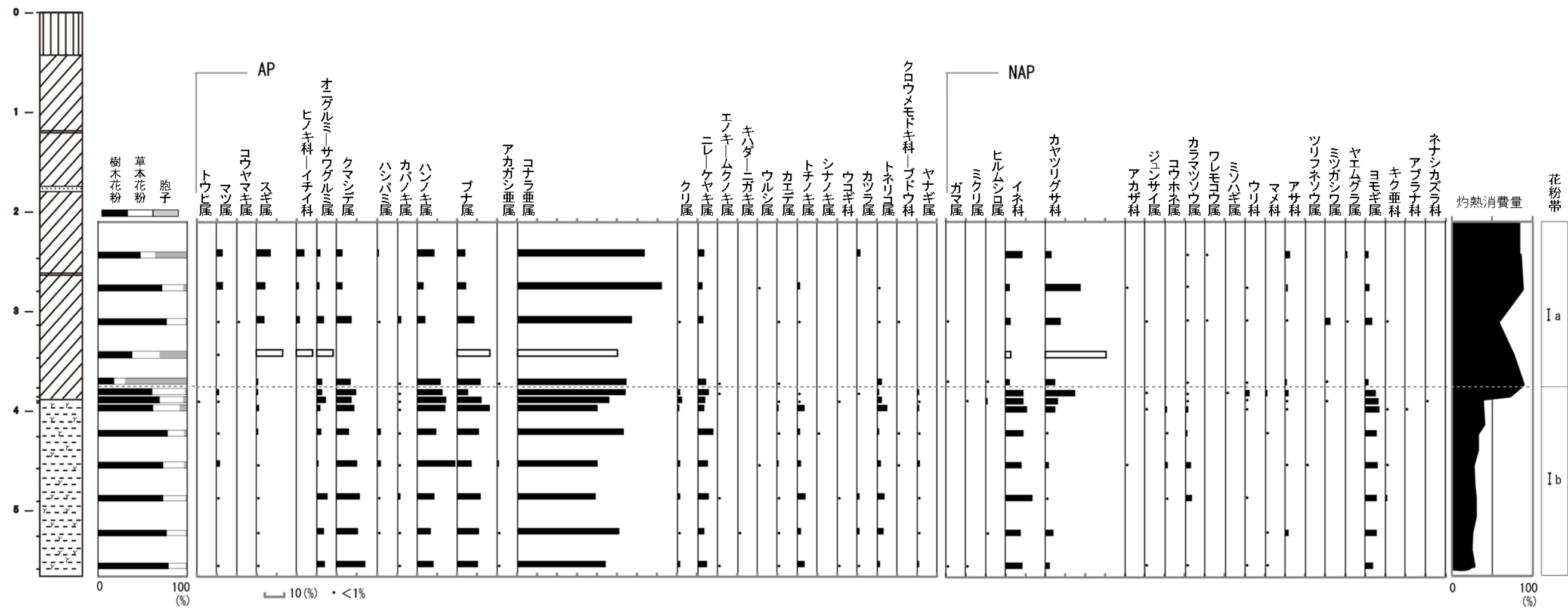


図5-18 HK-4 地点における花粉ダイヤグラム

第六章 考察

6. 1. 調査地における堆積環境の変化

ここでは、堆積物コアの採取地における堆積環境の変化を考察する。

(1) Ha-1 地点 (長七谷地貝塚付近)

5500yrBP 頃、長七谷地遺跡近くは湖沼的環境であった。ジュンサイやコウホネ属、ヒルムシロ属などの浮葉植物や、ガマ属やミクリ属などの抽水植物が生育していた。この沼がいつごろまで存在したかは明らかでないが、5200yrBP 頃には湿地的環境に変化していたと考えられる。浮葉植物は姿を消し、抽水植物やシダ植物が生育していた。シダ植物は攪乱の多い開けた土地に生育することが多く、同層位からは微小な炭片も検出されたことから、5050yrBP に To-Cu が降下する以前にも人間活動による生態系の攪乱があったと推測される。To-Cu 降下以降のクリ属が優占する時代も、シダ植物が多く生育し、草本や木本植物はほとんど見られない。微粒炭が多く、継続的な攪乱が続いていたと考えられる。トチノキ属増加に特徴づけられる時代には、一時的にカヤツリグサ科を主とする湿地的環境が広がっていた。その後はハンノキなどの湿地林が成立していたと見られる。

(2) Ha-4 地点 (長七谷地貝塚から北に約 600mの地点)

十和田中掬テフラ降下後は、イネ科やヨモギ属、カラムツソウ属などの草本植物とシダ植物が生育する湿地的環境であった。その後、カヤツリグサ科を主とする草本植物主体の湿地に変化した。堆積相も同位において、有機質シルトから泥炭へと変化しており、気候の冷却が読み取れる(有機質シルトは、植物遺体が微生物によって分解された状態で、泥炭は

未分解の状態である。微生物の活性は主に温度に因り、堆積と分解の速さの大小により地質が決まる)。

(3) HK-1 地点 (日ヶ久保貝塚付近)

To-Cu が降下する以前・以降も、堆積環境にほとんど変化は見られない。すなわち、シダ植物が非常に多く生育し、イネ科(ヨシ属と見られる)草本が繁茂する湿地的環境であった。微小な炭片も多く検出され、人為的攪乱が推測される。

(4) HK-3,4 地点 (中野平の谷)

トチノキ属が優占する時代、中野平の谷は湖沼的環境で周辺にはハンノキやヤチダモの湿地林が繁茂していた。堆積相は有機質シルトであり、コウホネ属などの水生植物や、イネ科の抽水植物が生育していた。その後、中野平の谷は湖沼の水位が下がり、縁辺部の HK-4 地点は陸地化した。谷の中央部である HK-3 地点では湖沼が縮小しながらも続いていたと見られる。カヤツリグサ科の草本植物が生育する、湿地的環境であった。

以上をまとめると、各地点において湖沼からイネ科主体湿地、そしてカヤツリグサ科主体湿地への堆積環境の変化があったことが読み取れる。イネ科(ヨシ属)を主とする湿地と比べて、カヤツリグサ科(スゲ属など)は冷涼で乾燥した気候に適応しているため、長七谷地貝塚周辺が先に乾燥化し、中野平の谷では依然として湖沼であるといった堆積環境の違いを示している。堆積環境の変化は気候の冷涼化・乾燥化を受けたものであり、それぞれの地形によって時期が異なつたと考えられる。

6. 2. 上北平野の環境変遷

上北平野の植生変遷を、青森平野の遺跡・八甲田山田代湿原の植生史研究と比較し、考察する。以下に花粉帯の比較を行った(図6-1)。

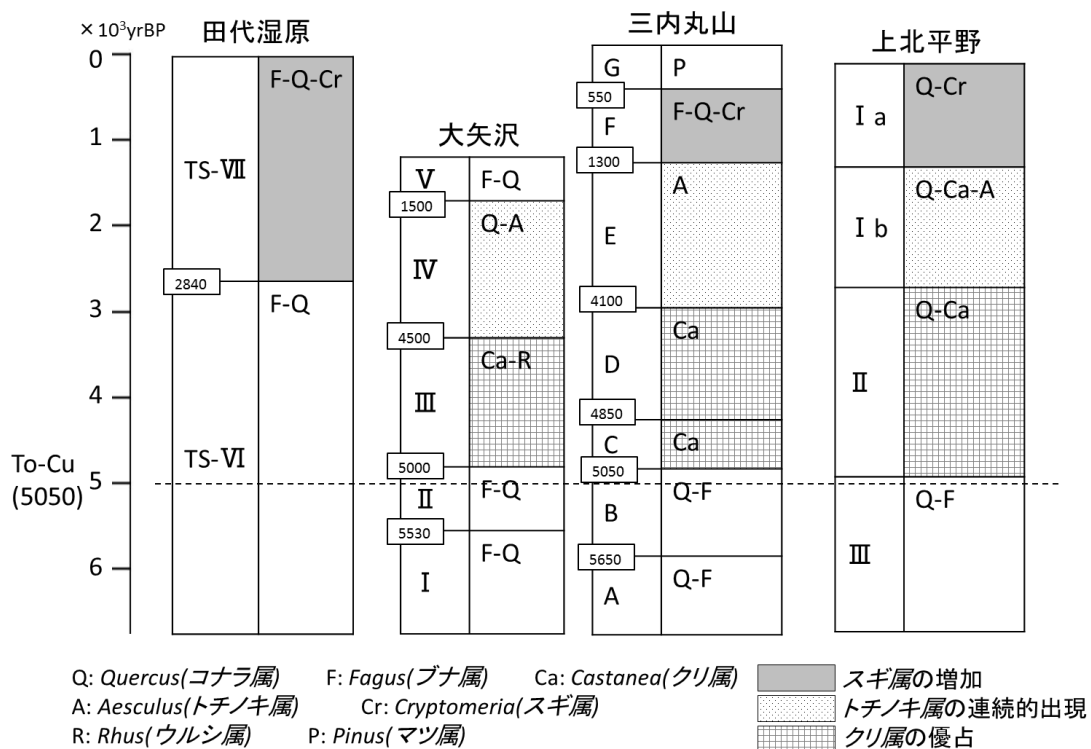


図6-1 田代湿原・大矢沢・三内丸山遺跡・上北平野における花粉帯の比較

(田代湿原 (辻, 1983)、大矢沢 (後藤・辻, 2000)、三内丸山遺跡 (吉川ほか, 2006) を参考に作成)

(1) コナラ亜属を主体とする落葉広葉樹林

花粉帯Ⅲに対応する。この時代は、コナラ亜属を主体とする落葉広葉樹林が広がっていた。ブナ属の花粉化石も10~20%程度検出されることから、台地上にブナ林を成立させていたと考えられる。ブナ林の拡大は、八甲田山地において約8500年前(辻ほか, 1983)と見られており、6000年前以降には花粉の出現率が最高値に達する(守田, 1987)。上北平野にお

いても、同時期にブナ林の拡大が及んでいた可能性が高い。ブナ林の成立には、冷温で湿潤（多雪）な気候が適しており、冷温寡雪な気候はブナの耐凍性の点で向かないとされている（樫村、1978 など）が、上北平野においてもブナ林の成立が認められることが明らかになった。

考古学的研究によると、この時期は早稲田 5 類式や赤御堂式など、それほど大規模ではない多様な文化土器型式が繁栄していた。本研究によって火入れなどの人間活動の痕跡が盛んであったことが明らかになった。

（２）十和田中掇テフラの影響

5050yrBP に十和田火山が噴火し、その影響は広範囲に及んだ。本研究では、直接降灰・堆積したテフラのほかに、上流に降り積もったテフラが河川中で砂礫と混合し、泥流として下流に運搬され堆積した二次堆積物の様相が明らかになった。30cm ものテフラが降り積もっただけでなく、河川沿いに広い範囲で数十 cm～1m ほどの泥流が流れ込んだことは、陸上生態系のみならず、干潟や内湾の生態系にも多大な影響を与えたと考えられる。

青森県田代湿原では、十和田中掇テフラによってブナ林が壊滅状態になり、コナラ林へと変遷したことが明らかになっている（辻、1983）。このコナラ林が再びブナ林へと回復するには 400 年ほどかかったと見積もられている。今回の花粉分析結果からは、十和田中掇テフラが直接植生に影響を及ぼしたというよりは、人間活動の影響がより強くうかがえる。十和田中掇テフラ降灰以前から見られた微小の炭片や高率の孢子が、降灰以降も同様に見られるからである。すなわち、テフラによる影響を受ける前から既に人間による植生改変があったため、テフラの影響が植生の変化にほとんど表れなかったと考えられる。上北平野はもともと人為生態系が広がっており、火山噴火によって人間社会が影響を受け、その文化形式を変えたことで、人為生態系の様相も変化した可能性が示唆される。

なお、降灰直後一時的に樹木花粉が高くなる場合があるが、これは火山灰により何も生育

していない裸地的環境であるため、被害の少ない場所や遠方の飛来した花粉が強調されているからである。

（３）クリ属の増加

花粉帯Ⅱに対応する。十和田中楸テフラの降下以降、クリ属が優占した時代である。クリは虫媒花であり、花粉の生産量は少なく、飛散範囲も狭い。吉川（2011）によるクリ林での表層花粉分析では、林縁から 25m 以内では樹木花粉におけるクリ属花粉の割合は 30% 以上であるが、クリ林から離れると急減し、200m 以上離れると 1% 以下となる。すなわち、低率であってもクリ属花粉が検出されることは、周囲にクリ林が存在することを示す。青森平野で人の営為によってクリ林が形成・管理されていたことは、多くの研究から明らかにされており（辻、1999・吉川ほか、2006 など）、上北平野でも同様の傾向が見られることが明らかになった。

東北地方北部に繁栄した円筒式土器文化は、十和田中楸テフラの降下以降に出現し（星・茅野、2006）、クリ林を伴う文化であったことが指摘されている。上北平野においてもクリ林が長期間存在したこと、火入れなどの人間活動が活発であったことが本研究によって明らかになった。すなわち、円筒土器文化に付随する生態系変化が上北平野でも見られたということである。

（４）トチノキ属の増加

花粉帯Ⅰbに対応する。クリ属が減少・トチノキ属が増加する時代である。青森平野の三内丸山遺跡では約 4100yrBP（吉川ほか、2006）、大矢沢野田遺跡では約 4500yrBP（後藤・辻、2000）、津軽西海岸では 4025yrBP（安ほか、2008）にトチノキ属花粉化石の増加が報告されている。年代は不明であるが、クリ属の減少と共にトチノキ属が増加する傾向が、上

北平野でも見られることが明らかになった。トチノキ属の増加に関しては、第二章 (2.1.2.) で紹介したように、4000yrBP~1500yrBP にかけて気候が冷涼であったことによる、生態系の変化に起因するもの（後藤・辻、2000；北川、2004）と、トチノキの有用性を認識したのちにトチノキ林が形成されたという人為的要因を唱えるもの（吉川、2006）とに分かれて議論されている。

いずれにせよ、気候の寒冷化によりトチノキに適する気候へ変化したこと、トチノキが人間社会において重要な食糧資源であったことは明らかである。國木田ほか（2008）が論ずるように、トチノキ林の拡大にあわせてトチノキ利用が広範囲に認められるようになったのは、従来のような資源の安定供給が難しくなり、拡大したトチノキ林に依存せざるを得なくなるような気候寒冷化による生態系変動があったと考えられる。

（5）スギ属の増加

花粉帯 I a に対応する。スギ属が増加し、現在まで続く時代である。スギは風媒花であり、広い範囲に大量の花粉を飛散させる。しかし本研究における花粉の出現率は 10%程度であるため、上北平野にスギ林が広く分布していたというよりは、局所的な分布あるいは遠方より飛来したものと考えられる。スギ林の変遷における既存研究は多々あるが、およそ 3000yrBP 頃秋田県を中心にスギ林の拡大が見られる（山崎、1954；辻・日比野、1977；辻、1981 など）。気候の湿潤化が拡大要因になったといわれる（Tsukada,1967）。また、塚田（1980）は、最終氷期極相期に若狭湾や伊豆半島に逃避していたスギが、晩氷期の温暖化により生育地を北上させ、約 3000 年前に現在の生育北限である東北地方北部に到達したという「スギの北上説」を提案した。しかし、八郎潟では最終氷期末期からスギの花粉化石が連続的に検出されていること（吉田・竹内、2009）や、男鹿半島では 4000 年前以前にスギの増加が見られ、圧倒的な出現率であること（小石澤、2008）、日本各地における現生スギの集団遺伝子解析の結果から、東北地方のスギは関東地方以南のスギと比べて大きな遺伝

的差異があること (Taira et al.,1997 ; 津村、2001) などから、再検討の必要性が投げかけられている。これらの研究からは、縄文時代の東北地方においては、スギは小林分として存在しており、3000yrBP におけるスギ属の拡大はこの小林分が核となったと考えられる。なお、青森県の田代湿原においては約 3000yrBP 頃からスギが増加を始めている (吉田、2006) が、青森平野ではそのような変化は見られない。岩手県における植生史においても、3000yrBP 頃のスギ属増加は報告されていない。以上から、本研究におけるスギ属の増加は、日本海側のスギ属増加による遠方飛来か、スギの小林分が周辺に存在した可能性が考えられる。

6. 3. 微粒炭について

微小な炭化植物片のことを、微粒炭と呼ぶ。ここでは泥炭中に多量に検出された微小の炭片と黒ボク土層の生成論について考察する。

焼畑や山火事などで燃えた植物片は、炭・灰・煤などの形で地表に堆積する。こうした炭化物は分解に対して強く、安定した状態で土壌中にとどまる。炭の粒径と山火事の分布範囲は関連しており、土壌中に 0.5mm 以上の炭が認められた場合には、その場所が被災した場所であるという (Ohlson et al.,2000)。ここから、本研究の調査地である長七谷地貝塚周辺や日ケ久保貝塚周辺は、火による直接的な影響があったことが明らかである。

縄文時代以降の遺物の包含層として深い関わりがあり、日本に分布する土壌の中で最も「火」とのつながりが強いと考えられている黒ボク土 (黒色土) について述べる。黒ボク土は、日本の中で褐色森林度に次いで広い面積を占めている (17%)。火山灰を起源とし、A 型腐植酸で特徴づけられる、黒～黒褐色の土である。A 型腐植酸は植物体が燃焼することによって生成されることがわかっており (Kumada,1983)、日本各地に分布する黒色土には微粒炭が含まれていることが知られている (山野井、1996)。また、土壌中に含まれる花粉化石や植物珪酸体の分析によると、ススキやネザサなど草本植物を起源とするものがほとんど

である（佐瀬・加藤、1976；井上ほか、2001）。佐瀬・細野（1998）は黒ボク土層の生成を、十和田火山テフラの分布域を対象に論じている。黒ボク土層の生成に必要な主要自然条件は、「テフラ」「温暖湿潤気候」「草原植生」とであるとされるが、温暖湿潤気候下での自然極相は森林であるため、草原植生が成立するためには他の要因が考えられる。十和田火山の東方地域において、地形・遺跡・植生の分布と黒ボク土層の生成時期を関連づけてみる（図6-2）と、自然植生の残存する山間部では黒ボク土層の生成が見られず、自然植生が残存する中でも川沿いなど幾つかの遺跡が確認される場所では 5400yrBP 以降に黒ボク土が生成されている。完新世の遺跡が多く確認される丘陵・台地部では黒ボク土層の生成開始は 5400yrBP 以前にさかのぼる。以上の関係から、人為が自然植生を破壊し、黒ボク土の生成をもたらした可能性が示唆される。

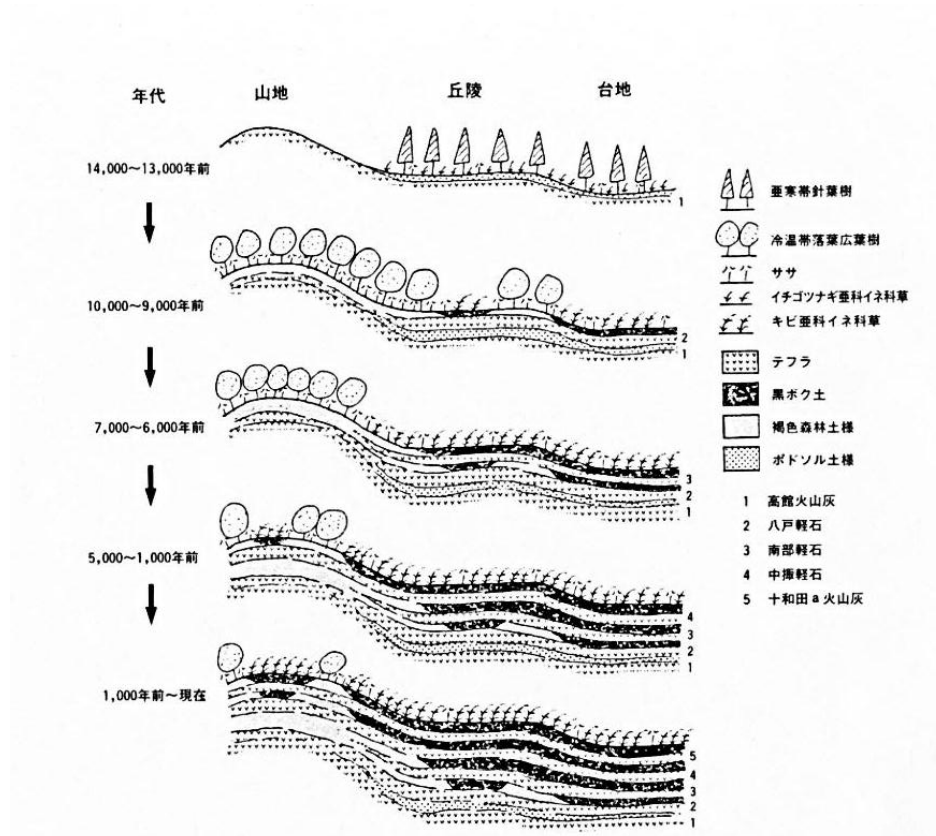


図6-2 十和田火山東方域における晩氷期以降の火山灰土壌生成模式図(細野・佐瀬、1995)

本研究で検出された植物珪酸体はヨシ属であり、土壌も黒ボク土ではなく黒色泥炭であるが、微粒炭が多く含まれていることやその層位から、黒ボク土の生成時期と深い関連を持つと考えられる。つまり、人為による生態系改変の一端として、ヨシ焼きなどが行われており、草原や湿原を保っていたと考えられる。

第七章 まとめ

本研究で得られた成果は以下のとおりである。

1. 縄文時代の上北平野において、人間活動の影響が長期にわたり生態系に及んでいたことが明らかとなった。ヨシ焼きなどの火入れが行われていた可能性、そしてもともとあった落葉広葉樹林を切り開き、クリ林の経営が行われていた可能性が示唆された。植生を特徴づけるクリ属からトチノキ属への変遷が認められ、青森平野で見られた植生変遷が、上北平野でも確認された。これにより、円筒式土器文化圏における人間の生態系に対する積極的な関与が示された。

2. 約 6000 年前の十和田火山巨大噴火によるテフラ災害の様相が明らかになった。上北平野は降灰の影響を受けるとともに、低地では河川を通じた二次災害の影響が大きいことが分かった。上北平野では巨大噴火以前から人為生態系が広がっており、噴火によって人間社会の文化形式が変化し、それに付随する生態系改変の様相も変化した可能性が示唆された。

謝辞

本研究にあたり、指導教員である辻誠一郎先生には、研究への心構えから花粉分析、現地調査における見方、様々な事象への考え方に至るまで、格別のご指導をいただいた。

副指導教員である磯部雅彦先生、佐藤弘泰先生には、論文をまとめるにあたって懇切なご指導をいただいた。鯉渕幸生先生には、実験室と実験器具をお借りし、大変お世話になった。青森県の現地調査では、八戸市教育委員会の宇部則保氏、杉山陽亮氏にボーリング調査場所の調整や作業等大変お世話になった。パレオ・ラボ株式会社の安昭炫氏には、現地調査の仕方や花粉分析を教えて頂き、たくさんのご助言をいただいた。辻圭子氏には、現地調査や研究室にて多くのご助言をいただき、大変お世話になった。

現地調査と本論文の作成について、東京大学新領域創成科学研究科社会文化環境学専攻辻研究室の一木絵理氏に多くのご助言をいただいた。同研究室の崔聖國氏、崔星華氏、小林達也氏、山本総光氏には現地調査や分析、研究生活において大変お世話になった。また、文系院生室、同専攻同期各位には日頃より励ましをいただき、本論文を作成する上での活力をいただいた。

以上の方々に心から感謝申し上げます。

引用・参考文献

青森県教育委員会(1980)「長七谷地貝塚遺跡発掘調査報告書」『青森県埋蔵文化財調査報告書 第 57 集』

青森県史編纂考古部会編(2002)『青森県史別編三内丸山遺跡』 青森県

安昭炫(2007)「山口県「宇生賀(うぶか)コア」の解析による最終氷期から後氷期への気候変化と人間活動による生態系変化の解明」東京大学大学院新領域創成科学研究科修士論文(未公刊)

安昭炫・辻誠一郎・國木田大・吉田邦夫(2008)「青森県、津軽西海岸における旧期クロスナ層とトチノキ林の形成」『環境文化史研究』 1、p.47-53.

五十嵐八枝子(1993)「北海道の剣淵盆地と富良野盆地における 32000 年間の植生変遷史」『第四紀研究』 32

市川金丸(1969)「八戸市内の貝塚遺跡出土の生物群とその考察」『研究資料』 11、p.1-10. 青森県生物学会八戸支部

岩内明子・長谷義隆(1992)「熊本平野および阿蘇カルデラ地域における最終氷期以降の植生変遷」『日本花粉学会会誌』 38(2),p116-132

内山隆(1987)「中間温帯林域における花粉分析学的研究 その 1 東北地方南東部」『日本花粉学会会誌』 33、p.111-117.

内山隆(1990)「中間温帯林域における花粉分析学的研究 その 2 東北地方北東部」『日本花粉学会会誌』 36、p.17-32.

内山隆(2003)「日本の冷温帯林および中間温帯林の成立史」『植生史研究』 11、p.61-71.

梅田浩司・林 信太郎・伴 雅雄・佐々木 実・大場 司・赤石和幸(1999)「東北日本、火山フロント付近の 2.0 Ma 以降の火山活動とテクトニクス推移」『火山』44(5), p.233-249

Eicher, G. J., Jr. and Rounsefell, G. A.(1957)「Effects of lake fertilization by volcanic activities on abundance of salmon」『Limnology and Oceanography』 2、p.70-76.

- Erdtman, G. (1969) 『Handbook of Palynology』 Munksgaard, Copenhagen.
- 大池昭二(1972)「十和田火山東麓における完新世テフラの編年」『第四紀研究』 11(4)
- 大池昭二・中川久夫(1979)「三戸地域広域農業開発基本調査」『地形並びに表層地質調査報告書』 東北農政局計画部
- 大平山本 I 遺跡発掘調査団編,(1999)『大平山本 I 遺跡の考古学調査—旧石器文化の終末と縄文文化の起源に関する問題の探求—』 大平山本 I 遺跡発掘調査団
- 奥野 充(2002)「白頭山—苫小牧(B-Tm)テフラの年代学的研究. —正確な年代決定のために」『名古屋大学加速器質量分析計業績報告書』
- 郭 資敏・栗田 敬(2000)「プリニアン噴火と火砕流噴火—降下火砕堆積物から見る噴火課程—」『地球惑星科学関連学会 2000 年合同大会予稿集』
- 叶内敦子(1988)「福島県南部・矢の原湿原堆積物の花粉分析による最終氷期の植生変遷」『第四紀研究』 27(3), p177-186
- 上條隆志・樋口広芳(2011)「三宅島 2000 年噴火後の生態系の回復過程から学ぶ」『日本生態学会誌』 61(2)、 p.219-226.
- 川村智子(1979)「東北地方における湿原堆積物の花粉分析的研究—とくにスギの分布について—」『第四紀研究』 18、 p.79-88.
- 気象庁(2005)『日本活火山総覧 (第 3 版)』 気象庁
- 北村信・尾西明生(1972)「岩手山東麓部の地下地質構造について」『東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告』 73、 p.67-74.
- 工藤崇・奥野充・中村俊夫(2003)「北八甲田火山群における最近 6000 年間の噴火活動史」『地質学雑誌』 109(3)、 p.151-165.
- 工藤崇・佐々木寿(2007)「十和田火山後カルデラ期噴出物の高精度噴火史編年」『地質学雑誌』 116、 p.653-663.
- 黒田登美雄・畑中健一(1979)「Palynological Study of the Late Quaternary in the Coastal Plain along Hakata Bay, in Fukuoka City, Northern Kyushu, Japan」『第四紀研究』

18(2)

桑原拓一郎(2004)「青森県東部上北平野における海成段丘構成物の層序と相対的海面変化」

『地質学雑誌』 110(2)、p.93-102.

小池一之・田村俊和・鎮西清高・宮城豊彦(2005)『日本の地形<3>東北』東京大学出版会

国立歴史民俗博物館(2009)『縄文はいつから!?』国立歴史民俗博物館

後藤香奈子・辻 誠一郎(2000)「青森平野南部，青森市大矢沢における縄文時代前期以降の

植生史」『植生史研究』 9(1)、p.43-53.

小林達雄(1999)『縄文人の文化力』新書館

佐瀬隆、加藤芳朗(1976)「現世ならびに埋没火山灰土腐植層中の植物起源粒子—とくに植物

珪酸体に関する研究（第Ⅱ報）」『第四紀研究』 15(2)、p.66-74.

杉田真哉・塚田松雄(1983)「山陰地方・沼原湿原周辺における過去 1.7 万年間の植生変遷史」

『日本生態学会誌』 33(2)、p.225-230

Sohma, K. (1984)「Two Late-Quaternary pollen diagrams from Northeast Japan.」『Sci.

Rep. Tohoku Univ.(Biol.)』 38

Takahara, H. and Takeoka, M. (1992): Vegetation history since the last glacial period in

the Mikata lowland, the Sea of Japan area, western Japan. Ecological Research

7: 371-386

田川日出夫(1989)「クラカタウ諸島における植生の回復過程」『日本生態学会会誌』 39、

p.203-217.

竹内貞子・安藤一男・藤本潔・吉田明弘(2005)「宮城県宮城野海岸平野南部地域における完

新世の環境変遷」『第四紀研究』 44(6)、p.371-381.

Tamura, Y., Y. Tatsumi, D. Zhao, Y. Kido, and H. Shukuno, Hot fingers in the mantle

wedge: new insights into magma genesis in subduction zones, Earth Planet. Sci.

Lett., 197, 105-116, 2002.

塚田松雄(1967)「過去 1 万 2 千年間：日本の植生変遷史 I」『植物学雑誌』 80、p.323-336.

- 塚田松雄(1967)「野尻湖における化石枝角類と生態的秩序」『第四紀研究』6(3)、p.101-110.
- 塚田松雄(1987)「第四紀後期の植生変遷史」『日本植生誌Ⅷ 東北』宮脇昭編
- 辻誠一郎・日比野紘一郎(1975)「秋田県女潟における花粉分析学的研究」『第四紀研究』14、
p.151-157.
- 辻誠一郎・遠藤邦彦(1978)「津軽半島西海岸の第四系に関する新発見」『日本大学文理学部
研究紀要』13、p.69-72.
- 辻 誠一郎(1981)「秋田県の低地における完新世後半の花粉群集」『東北地理』33(2)、p.81-88.
- 辻 誠一郎・南木睦彦・小池裕子(1983)「縄文時代以降の植生変化と農耕—村田川流域を例
として—」『第四紀研究』22(3)、p.251-266.
- 辻誠一郎・宮地直道・吉川昌伸(1983)「北八甲田における更新世末期以降の火山灰層序と植
生変遷」『第四紀研究』21、p.301-313.
- 辻誠一郎(1991)「始良 Tn 火山灰(AT) 噴火が生態系に及ぼした影響」『第四紀研究』30(5)、
p.419-426.
- 辻誠一郎(2000)「パリノモルフ：花粉と孢子」『考古学と植物学』同成社
- 辻誠一郎(2001)「縄文的生態系と人」『日本人 はるかな旅<3>』NHK 出版
- 辻誠一郎・中村俊夫(2001)「縄文時代の高精度編年：三内丸山遺跡の年代測定」『第四紀研
究』40、p.471-484.
- 辻誠一郎(2004)「円筒式土器文化の形成・展開・終焉とその要因」『平成十五年度三内丸山
遺跡報告会予稿集』
- 辻誠一郎・能城修一編(2006)『三内丸山遺跡の生態系史』日本植生史学会
- 辻誠一郎(2008)「青森県三内丸山遺跡特別研究：縄文中期から後期初頭の環境文化急変の解
明—三内丸山遺跡を中心に—」『環境文化史研究』1、p.1-5.
- 中川久夫(1972)「青森県の第四系」縮尺20万分の1青森県地質図説明書『青森県の地質』
青森県、p.71-120.
- 中川久夫・中馬教允・石田琢二・松山 力・七崎 修・生出慶司・大池昭二・高橋 一(1972)

- 「十和田火山発達史概要」『東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告』73、
p.7-18.
- 中村俊夫・辻誠一郎(1999)「青森県東津軽郡蟹田町大平山元 I 遺跡出土の土器破片表面に付
着した微量炭化物の加速器 ^{14}C 年代」『大平山元 I 遺跡の考古学的調査』大平山元 I 遺
跡発掘調査団
- 日本第四紀学会(1987)『日本第四紀地図』東京大学出版会
- 長谷川雅美・阿部晴恵(2006)「三宅島の噴火が島嶼(とうしょ)生態系に及ぼした影響と回復
過程：生物間相互作用からみた三宅島の生態系の一側面」『森林科学：日本林学会会報』
46、p.24-27.
- 畑中健一・三好教夫(1980)「宇生賀盆地(山口県)における最終氷期最盛期以降の植生変遷」
『日本生態学会誌』30、p.239-244
- 八戸市教育委員会(1982)「長七谷地遺跡発掘調査報告書(昭和 55・56 年度)」八戸市埋蔵
文化財調査報告書第 8 集
- 早川由紀夫(1983)「十和田火山中掇テフラ層の分布、粒度組成、年代」『火山』第 2 集 28(3)
p.263-273
- Hayakawa, Y. (1985) Pyroclastic geology of Towada volcano. Bull. Earthq. Res. Inst.,
Univ. Tokyo, 60, 507-592.
- 林 信太郎・梅田浩司・伴 雅雄・佐々木 実・山元 正継・大場 司・赤石和幸・大口健志(1996)
「東北日本、第四紀火山の時空分布(1)：背弧側への火山活動域の拡大」『日本火山学
会講演予稿集』1996(2), 88
- 早瀬亮介(2008)「前期大木式土器」『総覧 縄文土器』小林達雄編
- 一木絵理・村田泰輔・國木田大・辻誠一郎(2008)「九十九里平野北部における縄文時代後半
期の海退プロセス」『環境文化史研究』1、p.91-99.
- 一木絵理(2011)「日本における縄文海進の海域環境と人間活動」東京大学大学院新領域創成
科学研究科博士論文(未公刊)

- 日比野紘一郎・守田益宗・宮城豊彦・八木浩司(1991)「山形県川樋盆地における120,000年B. P. 以降の植生変遷に関する花粉分析的研究」『宮城県農業短期大学学術報告』39、p.35-49.
- 広瀬和雄編(2007)『弥生時代はどう変わるか—炭素14年代と新しい古代像を求めて(歴博フォーラム)』学生社
- 細野衛・佐瀬隆(1997)「黒ボク土生成試論」『第四紀』29、p.1-9
- 町田 洋・新井房夫(2003)『新編火山灰アトラス』東京大学出版会
- 町田 洋・新井房夫・森脇 広(1981)「日本海を渡ってきたテフラ」『科学』51、p.562-569.
- 宮内崇裕(1985)「上北平野の段丘と第四紀地殻変動」『地理学評論』58A、p.492-515.
- 百石町教育委員会(1974)『日ヶ久保貝塚発掘調査報告書』百石町教育委員会
- Morita, Y. (1984)「Palynological studies of some peat moors in the subalpine zone of Hachimantai Mountains」Ecol. Rev., 20、p.241-246.
- 守田益宗(1984)「東北地方の亜高山帯における表層花粉と植生の関係について」『第四紀研究』23(3)、p.197-208.
- 守田益宗(1985)「東北地方における亜高山帯の植生史について：II.八幡平」『日本生態学会誌』35(3)、p.411-420.
- 守田益宗・八木浩司・井口隆・山崎友子(2002)「山形県白鷹湖沼群荒沼の花粉分析からみた東北地方南部の植生変遷」『第四紀研究』41(5)、p.375-387.
- 安田喜憲(1978)「大阪府河内平野における過去一万三千年間の植生変遷と古地理」『第四紀研究』16、p.211-230.
- 安田喜憲(1982)「福井県三方湖の泥土の花粉分析的研究—最終氷期以降の日本海. 側の乾・湿の変動を中心として—」『第四紀研究』21(3)、p.255-271.
- 山中三男(1972)「岩手県低地帯湿原の花粉分析的研究(II) 春子谷地湿原」『日本生態学会誌』22(4)、p.170-179.
- 山中三男(1978)「東北地方の第四紀堆積物の花粉分析Ⅲ. 北上山地、蛇塚湿原」『吉岡邦二

博士追悼植物生態論集』 p.489-498.

Yamanaka, M. (1971) 「Pollen Analytical studies of moors in the lowlands in Iwate prefecture」 *Ecol. Rev.*, 17(4)、 p.273-278.

Yamanaka, M. (1977) 「Palynological studies of Quaternary sediments in Northeast Japan. I. Gozaisho-Numa moor in the Hachimantai Mountains」 *Ecol. Rev.*, 18、 p.251-262.

Yamanaka, M. (1978) 「Vegetational history since the Late Pleistocene in northeast Japan. I. Comparative studies of the pollen diagrams in the Hakkoda Mountains」 *Ecol. Rev.*, 19、 p.1-36.

吉川昌伸・辻誠一郎(1998)「三内丸山遺跡第6 鉄塔スタンダード・コラムの花粉化石群」『青森県埋蔵文化財調査報告書第249集』青森県教育委員会

吉川昌伸(2008)「東北地方の縄文時代中期から後期の植生とトチノキ林の形成」『環境文化史研究』1、 p.27-35.

吉田明弘(2006)「青森県八甲田山田代湿原における約13,000年前以降の古環境変遷」『第四紀研究』45、 p.423-434.

吉田明弘・吉木岳哉(2008)「岩手山南東麓春子谷地湿原の花粉分析からみた約13,000年前以降の植生変遷と気候変化」『地理学評論』81、 p.228-237.

吉田明弘・竹内貞子(2009)「最終氷期末期以降の秋田県八郎潟周辺の植生変遷と東北地方北部における時空間的な植生分布」『第四紀研究』48、 p.417-426.

Rees, J. D. (1979) 「Effects of the eruption of Paricutin volcano on landforms, vegetation and human occupancy」『Volcanic Activity and Human Ecology』p.249-292. Academic Press.

表5-2 Ha-1地点における花粉化石組成表

Taxon	Ha-1																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Arboreal pollen(AP)																				
<i>Picea</i>																		1	1	
<i>Pinus</i>	13	13	2	1	2	3	1	1	1		2	3	5	2	5				1	
<i>Sciadopitys</i>			1		1															
<i>Cryptomeria</i>	5	9	7	2	1	4				1			2		6	1			1	1
<i>T.-C.</i>										6					1	2		6	3	
<i>Juglans-Pterocarya</i>	4	4	4	1	15	13		1	2	5	3	4	8	9	17	13	17	7	18	2
<i>Carpinus</i>	3	3	2		2	12		1		5	4	7	13	18	22	12	41	18	35	
<i>Betula</i>	2	1	1		1									1		1	3	1		
<i>Alnus</i>	76	71	18	10	15	11	5	1		4	1	4	3	3	7	11	15	2	7	6
<i>Fagus</i>	1	3	2	1	1	9				19	2	17	3	9	13	26	34		2	
<i>Quercus-Cyclobalanopsis</i>	1						1				3	1	1		3	2			1	1
<i>Quercus-Lepidobarymus</i>	67	46	48	17	74	83	10	14	9	59	62	36	58	83	124	89	84	41	151	5
<i>Castanea</i>	6	4	4	1	7	28	8	3	3	4	3	1	5	3	3	2			5	1
<i>Castanopsis-Pasania</i>									1		1								1	
<i>Ulmus-Zelkova</i>	1		3		5	5	1			7		7	3	1	4	3	7	3	4	1
<i>Celtis-Aphananthe</i>	1					4				4		1				1	7	1	2	
<i>Rutaceae(Phellodendron)-Picrasma</i>						1								1					2	
<i>Rhus</i>						1												1		
<i>Acer</i>					4	2					1	2	4	4	2	2	1	1	9	1
<i>Aesculus</i>	1	1		1	9	5			1			2					2			1
<i>Tilia</i>						2									1				1	
<i>Araliaceae</i>	4					1					2			3	1		3		1	
<i>Cornaceae</i>				1								1							1	
<i>Cercidiphyllum</i>						2			2				1	1	2	3	2		2	
<i>Styrax</i>																				
<i>Fraxinus</i>	1																	3	1	
<i>Viburnum-Sambucus</i>								1				1						1		
<i>Actinidia</i>					1	1														
<i>Rhamnaceae-Vitaceae</i>	1			1	2															
<i>Salix</i>	1		1		1	8	1				3	3	2	2		2	7	3		1
<i>Euonymus</i>	1																			
<i>Callicarpa</i>	1																			
Nonarboreal pollen(NAP)																				
<i>Typha</i>	1										18	14	1	12	7	8	6	1	1	
<i>Sparganium</i>						3				1	4			2	5	1	1	3		
<i>Potamogeton</i>											1			2	5	1	1	1	1	
<i>Poaceae</i>	13	18	6	1	15	12	10	9	3	88	40	61	15	43	93	63	71	36	59	3

Cyperaceae	8	6	8	5	14	117	3	11	1	103	47	31	65	39	21	35	37	15	29	1
Polygonum					2									1	1	1	2		3	1
Chenopodiaceae															1					
Brasenia				1											1	8	13	10	2	
Nuphar														1		8	1	1		
Thalictrum	7	6	5		3	3		2			6	2	4	1	1	4	6	2	2	1
Lythrum					1							1	1	1	1	1	2	2	1	
Umbelliferae		2			2	9	1			3	2	4			2	8	10	1	3	
Clinopodium														1	1	1	1			
Galium			2		3	1						1		2						
Fabaceae								1		1		2		3	3					
Cannabaceae		2	1		3	1		1		2	7	2	3	3	5	12	6	3	11	1
Impatiens	1	1				1														
Menyanthes				4	4	3														
Labiatae						1														
Epilobium-Chamerion						1														
Plantago		2							1											
Actinostemma											1								2	
Patrinia											1									
Reynoutria										2										
Veratrum-Alectorurus																			1	
Artemisia	24	12	5	1	5	13	3	5	4	6	20	19	19	14	22	6	20	4	27	3
Cruciferae	1																			
Rotala	1																			
Sanguisorba			1																	
other Asteroideae										1						2				
Fern Spore(FS)																				
Monolete Spore	74	30	144	38	4	41	317	267	252	48	503	170	668	205	49	76	110	92	395	585
Trilete Spore	407	158	7	325	3	3	1	1			5	6		1	3	10	16	1	9	1
Total AP	190	155	93	35	142	195	27	22	17	112	91	90	108	140	211	170	223	90	251	20
Total NAP	56	49	28	8	50	167	17	29	9	207	147	137	108	122	166	162	176	76	145	11
Total spores	481	188	151	38	329	44	318	268	252	48	508	176	668	206	52	86	126	93	404	586
Total pollen and spores	727	392	272	81	521	406	362	319	278	367	746	403	884	468	429	418	525	259	800	617

表5-3 Ha-4地点における花粉化石組成表

Taxon	Ha-4									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Arboreal Pollen(AP)										
<i>Pinus</i>	4	6	4	4	7	2	1			
<i>Cryptomeria</i>	4	2	2		1					
<i>Juglans-Pterocarya</i>	10	3	8	7	23	2		1	1	
<i>Carpinus</i>	12	14	4	12	3	1		1		
<i>Corylus</i>				1	2					
<i>Betula</i>		1								
<i>Alnus</i>	378	91	8	17	8	1	1	1	1	1
<i>Fagus</i>	17	9	2	14	3	3	1	1	2	
<i>Quercus-Cyclobalanopsis</i>	9	1	3		1					
<i>Quercus-Lepidobaramus</i>	104	96	79	86	62	2	11	5	1	4
<i>Castanea</i>	6	12	2	10	4	2			1	1
<i>Castanopsis-Pasania</i>				1						
<i>Ulmus-Zelkova</i>	7	5	5	9	6		1			
<i>Celtis-Aphananthe</i>	2	4	1							
<i>Rutaceae(Phellodendron)-Picrasma</i>		1								
<i>Rhus</i>	2	2								
<i>Acer</i>	4	2	1							
<i>Aesculus</i>	2	2	5	5						
<i>Tilia</i>		1				1				
<i>Cornaceae</i>			1							
<i>Cercidiphyllum</i>	2									
<i>Fraxinus</i>	2	1	1	3	1					
<i>Viburnum-Sambucus</i>	1									
<i>Rhamnaceae-Vitaceae</i>	2	3	1	4						
<i>Salix</i>		1		3						
<i>Ligustrum</i>	6									
<i>Viscum</i>		1								
Nonarboreal Pollen(NAP)										
<i>Typha</i>	3	3	3	2						
<i>Sparganium</i>				1						
<i>Poaceae</i>	21	34	44	63	36	24	41	16	10	8
<i>Cyperaceae</i>	16	166	124	385	93	5	5	2	1	6
<i>Polygonum</i>	1	1	1	1		1	1			
<i>Thalictrum</i>	5	3	1	4	10	5	12	13	4	
<i>Umbelliferae</i>		4		12			1			
<i>Galium</i>	1		1	2	1					
<i>Fabaceae</i>	1	2	1	3	1	2				1
<i>Cannabaceae</i>	1	2	3	4	3					
<i>Impatiens</i>	6	2								
<i>Artemisia</i>	9	13	11	12	24	29	29	13	13	4
<i>other Asteroideae</i>	1	1								
<i>Sanguisorba</i>	6				1					
<i>Alisma</i>						1				
Fern Spore(FS)										
Monolet spores	81	236	191	14	881	161	36	43	18	2
Trilete spores	29	12	2	1			2			1
Total AP	574	258	127	176	121	14	15	9	6	6
Total NAP	71	231	189	489	169	67	89	44	28	19
Total spores	110	248	193	15	881	161	38	43	18	3
Total pollen and spores	755	737	509	680	1171	242	142	96	52	28

表5-4 HK-1地点における花粉化石組成表						
Taxon	HK-1					
	1	2	3	4	5	6
Arboreal Pollen(AP)						
<i>Pinus</i>	2	3	2	3	4	
<i>Cryptomeria</i>			1		1	
<i>Juglans-Pterocarya</i>	1	5	8	8	8	
<i>Carpinus</i>		2	6	6		1
<i>Alnus</i>			2	8	1	4
<i>Fagus</i>	3	1	1	3	5	2
<i>Quercus-Lepidobaryx</i>	8	37	69	61	22	19
<i>Castanea</i>	2	5	5		1	1
<i>Ulmus-Zelkova</i>	2	2		4		1
<i>Celtis-Aphananthe</i>	1			4		
<i>Acer</i>					1	
<i>Aesculus</i>					2	
<i>Tilia</i>	2			1		
<i>Araliaceae</i>		1				
<i>Cornaceae</i>		1				
<i>Viburnum-Sambucus</i>						1
<i>Rhamnaceae-Vitaceae</i>					1	
<i>Salix</i>			2	1		1
<i>Callicarpa</i>				1	1	
Nonarboreal Pollen(NAP)						
<i>Typha</i>			1	3	2	1
<i>Sparganium</i>						3
<i>Potamogeton</i>	1			2		2
<i>Poaceae</i>	9	21	56	110	27	30
<i>Cyperaceae</i>	4	1	8	6	7	13
<i>Polygonum</i>			1	1		
<i>Thalictrum</i>	1		2	1	1	1
<i>Lythrum</i>			1		1	
<i>Umbelliferae</i>					1	
<i>Galium</i>		1		2		
<i>Fabaceae</i>						2
<i>Cannabaceae</i>		1	2		2	
<i>Plantago</i>			1			
<i>Artemisia</i>	4	4	7	11	7	1
<i>Gentiana</i>					1	
Fern Spore(FS)						
Monolete spores	320	315	204	212	176	335
Trilete spores		3		4	1	2
Total AP	21	57	96	100	47	30
Total NAP	19	28	79	136	49	53
Total spores	320	318	204	216	177	337
Total pollen and spores	360	403	379	452	273	420

表5-5 HK-4地点における花粉化石組成表

Taxon	HK-4												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Arboreal Pollen(AP)													
<i>Picea</i>							1						
<i>Pinus</i>		4	2		1	3	2		1	5	2		2
<i>Sciadopitys</i>			1										
<i>Cryptomeria</i>	7	6	9	2	2	2		3	2	1	1	2	2
<i>T.-C.</i>	4	2	4	1									
<i>Juglans-Pterocarya</i>	2	2	8	1	5	5	11	4	5	3	12	9	11
<i>Carpinus</i>	3	4	16		12	18	18	19	12	26	26	25	36
<i>Corylus</i>	1		1						4	5	1	2	
<i>Betula</i>			4		1	1	2	1	1	2	3	1	2
<i>Alnus</i>	8	4	9		19	23	34	29	18	46	19	16	21
<i>Fagus</i>	4	6	18	2	19	10	29	33	21	18	26	25	26
<i>Quercus-Cyclobalanopsis</i>					1					3		1	1
<i>Quercus-Lepidobaramus</i>	59	91	115	6	87	97	107	81	100	96	85	114	109
<i>Castanea</i>			2			3	6	2		4	3	2	4
<i>Ulmus-Zelkova</i>	3	3	6		7	10	9	7	15	12	12	8	12
<i>Celtis-Aphananthe</i>					1	1					1		1
<i>Rutaceae(Phellodendron)-Picrasma</i>												1	
<i>Rhus</i>		1								1			
<i>Acer</i>			2		1		2	2	1	3	2	1	2
<i>Aesculus</i>		2	1			1	2	8	3	5	9	5	9
<i>Tilia</i>									1				
<i>Araliaceae</i>							1				2		1
<i>Cercidiphyllum</i>	2					1					3	3	2
<i>Fraxinus</i>		1	2		4	2	6	10	2	5	8	8	4
<i>Rhamnaceae-Vitaceae</i>			1						1	1			
<i>Salix</i>						2	2	2	1	4	1	1	3
Nonarboreal Pollen													
<i>Typha</i>			2		1								1
<i>Sparganium</i>							2						2
<i>Potamogeton</i>					1		4					2	
<i>Poaceae</i>	17	4	7	1	20	27	31	36	22	27	40	23	28
<i>Cyperaceae</i>	7	31	21	11	44	44	22	17	1	7	2	12	8
<i>Chenopodiaceae</i>		1								1			
<i>Brasenia</i>			1			1		2					2
<i>Nuphar</i>								4	1	5	1		
<i>Thalictrum</i>	1	1	2		2	2	1	5	3	9	10		2
<i>Sanguisorba</i>	1		1										
<i>Lythrum</i>						1							
<i>Umbelliferae</i>		1	1		2	7	2	3			1		3
<i>Fabaceae</i>						3			2			1	1
<i>Cannabaceae</i>	5	2	1		10	6	1	1		2		6	
<i>Impatiens</i>										1			
<i>Menyanthes</i>			8		2		1						
<i>Galium</i>	2		1										
<i>Artemisia</i>	4	4	10		18	16	24	24	14	22	18	18	13
<i>other Asteroideae</i>			1					1		1	3		
<i>Cruciferae</i>								1					
<i>Cuscutaceae</i>							1						
Fern Spore(FS)													
Monolete spores	70	7	3	11	599	5	10	25	8	9	0	2	3
Trilete spores				1	1	1	2	2		2	2	1	
Total AP	93	126	201	12	160	179	232	201	188	240	216	224	248
Total NAP	37	44	56	12	100	107	89	94	43	75	75	62	60
Total spores	70	7	3	12	600	6	12	27	8	11	2	3	3
Total pollen and spores	200	177	260	36	860	292	333	322	239	326	293	289	311