

—挨拶— 20周年を迎えるに当たって

—動向—

総括

考古学研究室

地質調査室

土壌研究室

ロシア科学アカデミー I・S・ジュシチホフスカヤ博士訪問記

—研究報告—

(総説) 花粉分析の歴史と現状

イギリス西南部、Cornwell 地方、Falmouth 付近の  
Carnmenellis 花崗岩の岩相について

埼玉県北部 (岩殿丘陵) に分布する中新統の石灰質  
ナンノ化石層序 (Vol. 2 続報)

諏訪湖湖底堆積物の花粉化石群集と古環境変遷およ  
びその対比 (GS400、63B ボーリングコアの花粉分析)

大峰沼の形成から将来に至る総合研究 1

—浮島の成因と環境変遷—

大峰沼の形成から将来に至る総合研究 2

—沼域ならびに植生の調査と将来予測—

群馬県高崎市・寺尾中台遺跡から出土した炭化材の  
樹種

近世江戸遺跡から出土した焼塩壺

(資料) 南関東地方を中心としたイネ属由来植物遺  
体の出現傾向

—技術報告—

湛水条件下における土壌のガス発生挙動について  
放射性炭素年代測定技術の導入にあたって

取締役社長 日野政晴

徳永 重元

成田英吉・成田伸哉

堀内誠示・柳沢幸夫・栗原行人

大嶋秀明

田中義文・堀内誠示・中根秀二・辻本裕也

田中義文・堀内誠示・中根秀二・辻本裕也

高橋 敦・橋本真紀夫・田村 孝

矢作健二・植木真吾・橋本真紀夫・斎藤紀行

馬場健司・金井慎司・田中義文

小畑 勝・熊木和弘

矢作健二・小畑 勝・辻本崇夫



1998.4

PALYNOSURVEY CO., LTD

# 埼玉県北部（岩殿丘陵）に分布する中新統の石灰質ナンノ化石層序（Vol. 2 続報）

堀内誠示<sup>1)</sup>・柳沢幸夫<sup>2)</sup>・栗原行人<sup>3)</sup>

## 要旨

Nannofossil of the Kamikarako Formation and the lower part of the Tokigawa Formation in the northern part of Iwadono Hill, Saitama Prefecture, central Japan are analysed on geological age by nannofossil.

Nannofossil assemblage of the upper part of the Kamikarako Formation to the Godo Conglomerate (Iwadono Formation) is characterized by the occurrence of *Discoaster deflandrei*, *Discoaster signus*, and *Sphenolithus heteromorphus*. Their assemblage are correlative with CN4 of the Nannofossil zone in Okada and Bukry (1980). Assemblage in the Negishi sand Member (Iwadono Formation) is characterized by *Discoaster braaraudii*, *Reticulofenestra gelida* and *Reticulofenestra pseudoumbilica*.

On the basis of occurrence of *Discoaster braaraudii* and previous Diatom stratigraphic work, the Negishi Sand Member is assigned to CN5a Zone of nannofossil assemblage.

From the Kamikarako Formation to the Godo Conglomerate (Iwadono Formation) is correlated with the middle part of Niwaya Formation to the Idosawa Formation, Negishi Sandstone with upper part of the Niwaya Formation in Tomioka region.

## 1. はじめに

埼玉県の北部地域には、いくつかの低平な丘陵が分布している。それらは、比企丘陵、岩殿丘陵と呼ばれるもので、主に中新統で構成されることが古くから知られていた。ただし、その時代の詳細については、大型の貝化石を基に推定された時代であり、現在の微化石の年代と比較して幾分、漠然とした感があった。筆者らは、特に岩殿丘陵を構成する中新統である都畿川層群が、細粒な海成堆積物で構成され、その中には比較的多くの微化石を含んでいることに着目し、これまで珪藻化石による化石層序の究明を行ってきた。珪藻化石層序に関する結果は、堀内・柳沢（1994）ですでに報告済みであるが、それによって都畿川層群の岩殿層から大橋層の時代については、おおむね明らかにされた。しかし、岩殿層下部については珪藻化石の産出率が低く、示準化石を欠くことから完全とは言い切れず、時代について疑問な点も残されていた。また、都畿川層群の下位の上唐子層については、堀内・柳沢（1994）では未調査であり、層位学的に推定されただけで、その時代論については不明な点として残されていた。上唐子層は、岩殿丘陵地域における新第三系の

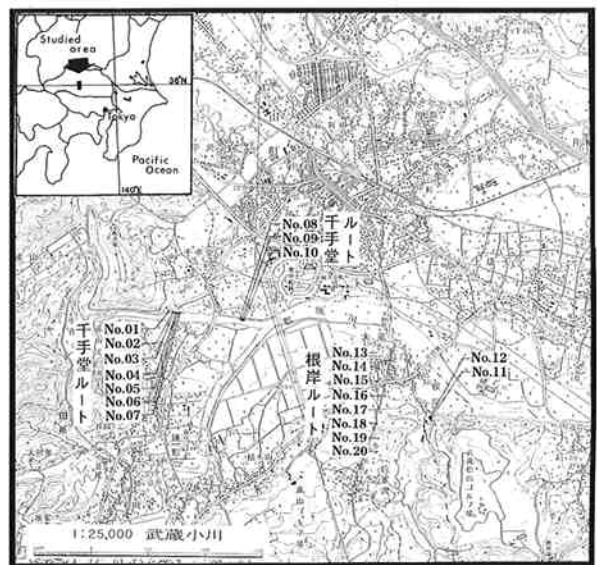


図1. 調査地域および試料採取地点  
(原図は、国土地理院発行1/25,000地形図、武蔵小川を使用)

基底に相当することから、本層の時代を明確にすることは本地域の地史を考える上では極めて重要である。

今回、上唐子層を中心に都畿川層群の下部の試料を検討した結果(図1)、石灰質ナンノ化石を検出するこ

1) 調査研究部地質調査室 2) 工業技術院地質調査所 3) 筑波大学地球科学系

とができた。その結果とこれまでの珪藻化石層序と併せて検討を行った結果、詳細な微化石層序を確立することができたのでここに報告する。

## 2. 地質概要

岩殿丘陵は、埼玉県の北部、関東山地の北東縁に位置し、北側を都幾川、南側を越辺川に限られる。岩殿丘陵地域の地質層序に関する研究としては、藤本(1926)以来数多くの研究があり(小林,1935; 渡辺ほか,1950; 矢崎・宮下,1963; 福田・石和田,1964; 松丸,1977; 松丸・林,1980)、最近では、小池ほか(1985)および間嶋(1989)による詳細な層序学的研究がある。

本研究における層序については、基本的には小池ほか(1985)および間嶋(1989)の層序を参考に行ったが(表1)、両者の区分は、地層名や地層単位の階級の位置付けが異なるものの、本質的には同様であることから、ここでは、本地域を重点的に調査した小池ほか(1985)の層序区分に従う。層序の概要は、以下に示す通りである。

本地域の新第三系は、下位から上唐子層および都幾川層群からなる。都幾川層群は、下位よりシルト岩主体の岩殿層と粗粒砂岩を主とする大橋層の2層で構成される(小池ほか,1985)。

### —上唐子層—

本層は、礫岩、砂岩、シルト岩あるいは砂岩シルト岩の互層からなるが、場所によって変化が激しい。分布は、主に槻川～都幾川沿いに認められるが、散点的で露頭も小規模であり、連続的に見ることはできない。構造は、複雑で走向(NE-SW～NW-SE)・傾斜(10-55°)は極めて短い距離の中でも変化する。層厚は、正確にはつかめないが、おそらく50m以下で極めて薄い可能性が高い。

本層準の層序学的位置に関しては、さまざまな議論がなされてきたが、小池ほか(1985)に示されたように本地域北縁部の砂岩、シルト岩を主体とした層準は直接下位の三波川帯に接することから都幾川層群よりも下位と考えられる。ただし、砂岩、シルト岩主体の層準は、南部に向けて礫岩に変わるが、都幾川より南側の礫岩層はもとより北側に一部露出する礫岩層は都幾川層群の最下底と考えて差し支えないものと思われる。

時代については不明であり、中新統と考えられているものの詳細については明らかにされていない。

松丸・林(1980)	間嶋(1986)	小池ほか(1985)		
赤沼層	今宿層	都幾川層群	大橋層	今宿砂岩部層
奥田層	鳩山層		岩殿層	鳩山・砂岩シルト岩部層
神戸層	将軍沢層			将軍沢シルト岩部層
鎌形層	神戸層			根岸砂岩部層
	?			神戸礫岩部層
上唐子層	荒川層			上唐子層

表1. 岩殿丘陵地域の層序

—都畿川層群—

＜岩殿層＞

岩殿層は、さらに下位から神戸礫岩部層・根岸砂岩部層・將軍沢シルト岩部層の3つの部層に細分される。

神戸礫岩部層

神戸礫岩部層は、主に礫岩で構成されるが、場所によっては砂質礫岩あるいは砂岩も認められる。主に凝灰質砂岩を基質にして1~10数cmの礫を多量に含む地層である。礫は、酸性凝灰岩をはじめとして砂岩、粘板岩、チャート、輝緑凝灰岩、結晶片岩等で構成される。模式地での層厚は、約70mとされる（小池ほか、1985）。

本層準の時代は、Matsumaru et al. (1982) によれば、産出した浮遊性有孔虫から Blow (1969) のN9の最下部にあたるとしている。

根岸砂岩部層

根岸砂岩部層は、主に褐色でシルト質の中粒~細粒の塊状砂岩で構成され、二枚貝・巻貝等の大型化石が含まれる。本層準には、3枚の凝灰岩（I-1~I-3）が挟在している。模式地での層厚は、約60mである。

時代は、小池ほか（1985）により、浮遊性有孔虫から Blow (1969) のN10と推定している。

將軍沢シルト岩部層

將軍沢シルト岩部層は、褐色~青灰色の凝灰質あるいは砂質のシルト岩またはシルト岩で構成される。本層においても貝化石・植物片等の大型化石が認められる。層厚は、約370mとされ、岩殿層の中で最も厚い層である。地質構造は、走向N10°~40°Wで南西に約10~20°傾斜している。

なお、岩殿層中には、多くの凝灰岩が認められ、そのうちのいくつかは鍵層として追跡することができる。これまで鍵層として有効であると考えられるものは、小池ほか（1985）によると、I-4~I-13までの10枚、一方、間嶋（1989）では、T-7~T-10の4枚の凝灰岩が確認されている。それらの中で小池ほか（1985）のI-8は間嶋（1989）のT-10、渡辺ほか（1950）の奥田凝灰岩に相当することが確認されている。

本層準の時代としては、最下部層準が浮遊性有孔虫化石により、Blow (1969) のN11~13付近と考えられているほか（小池ほか、1985）、堀内・柳沢（1994）が珪藻化石により、Akiba (1986) のNPD4Bの最上部から5Bと推定している。なお、上部にかけては、小池

ほか（1985）は、層位学的位置と岩相から富岡地域の原市層に対比されると考えて、Blow (1969) のN14まで達すると考えた。堀内・柳沢（1994）もNPDの5Bまでと推定している。

＜大橋層＞

大橋層は、鳩山砂岩・シルト岩部層および今宿砂岩部層に細分される。

鳩山砂岩・シルト岩部層

鳩山砂岩・シルト岩部層は、主に細粒~粗粒砂岩と砂質シルトあるいはシルト岩の互層であり、一部、礫を含む砂層によって構成される。互層をなす各層の層厚は、一定しないが数cmから200cm前後である。

層厚は、模式地付近で約200mとされる。大型化石は、全体に少なく二枚貝の破片が認められる程度である。本部層は、主に丘陵中部の奥田、大橋付近の谷に分布が認められる。

時代については、いずれの化石も産出率が低い傾向にはあるが、堀内・柳沢（1994）は、NPD5B最上部から大半が5Cと結論づけている。

今宿砂岩部層

今宿砂岩部層は、大橋から今宿に至る谷部に分布し、主に中粒から粗粒の砂岩で構成されるが、層位によって礫、岩片および貝化石・植物片の混入が認められる。層厚は、150m程度である。地質構造は、走向N60°~70°Eで10°程度南東に傾斜している。

時代については、本層準では化石を認めにくいだが、堀内・柳沢（1994）がNPD5Cの上部と推定している。

### 3. 試料および分析方法

今回分析を行った試料は、上唐子をはじめ都畿川層群最下部についても堀内・柳沢（1994）によって採取されたものとは異なり、別の地点（層準）で採取した試料について分析を行った。

試料の採取は、上唐子層については千手堂の大平山東側の谷の出口の露頭とそこから約500m西の都畿川に面した露頭で行い、岩殿層下部については根岸付近で將軍沢の谷口部からそれぞれ採取した（図1・図2）。

分析は、基本的に高山（1978）の示した方法で行い、プレパラートを作成した。

分析の手順としては、得られた試料約1gをビーカーに移し、20ml程度の水を加える。続いて、よく攪拌

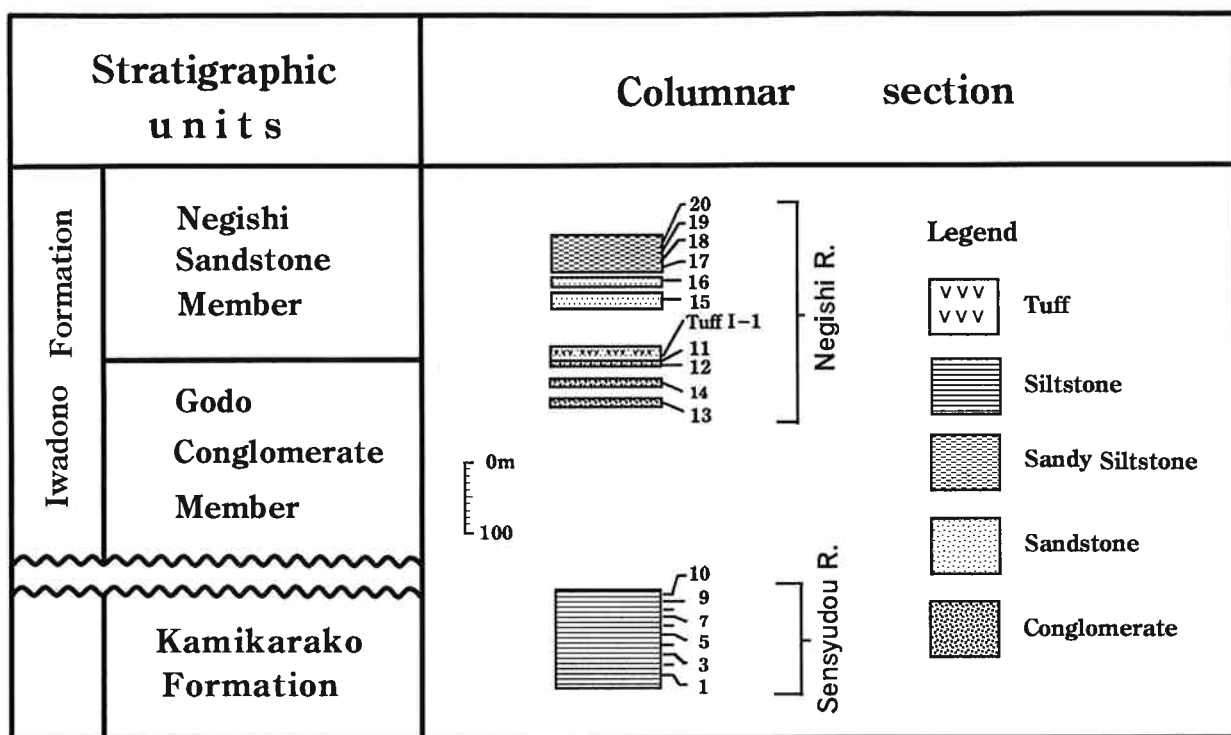


図2. 上唐子層から岩殿層下部にかけての試料採取層準

し、懸濁液を作る。攪拌した懸濁液をそのままの状態  
で約30秒間放置した後、懸濁液の上層部をストローに  
吸い取り、カバーガラス（18×23mm）全面に広がるよ  
うに静かに滴下し、ホットプレート上において40℃前後  
で乾燥させる。完全に乾燥したのを確認したのち、カ  
バーガラスを光硬化接着剤によって封入し、プレパラ  
ートが完成する。

検鏡は、偏光装置を備えた位相差顕微鏡を用いて、  
1500倍で行った。

計数は、100個体を目安に行い、さらに全体を精査し  
て産出種の見落としがないように努めた。分類・同定  
は、基本的に Aubry (1985)、Perch-Nielsen (1985)  
等を参考にして行う。

産出頻度、保存状態および溶解/再結晶化作用の度  
合いについては、産出頻度が A (: Abundant)、C (:  
Common)、F (: Fine)、R (: Rare)、VR (Very rare)の  
5段階、保存状態が G (: Good)、M (: Moderate)、  
P (: Poor)、VP (: Very poor)の4段階、溶解/再結晶  
化作用の度合いが、1 (: 弱)、2 (: 普通)、3 (:  
強)の3段階にランク分けして表示した(表2)。

#### 4. 結果

結果は、表2に示した。

千手堂ルート (No.1~10試料)

本ルートにおいて採取した試料の殆どは、石灰質ナ  
ンノ化石(以下、ナンノ化石)が認められず、産出し  
たのは No.10試料のみである。

No.10試料

本試料は、調査地域北部の都畿川北岸に散点的に露  
出する上唐子層準から採取されたものである(図1・  
2)。

本試料のナンノ化石の産出率は比較的高く、溶解し  
た殻は一部に認められるものの再結晶作用の影響は少  
なく保存状態としては普通~良好である。

認められたナンノ化石群集は、*Coccolithus pelagicus*、  
*Cyclicargolithus floridanus*、*Reticulofenestra*  
*minutula*を主体に、*Dictyococcites perplexus*、  
*Dictyococcites. sp.-B*、*D.sp.-C*、*Discoaster deflandrei*、  
*Discoaster cf.exilis*、*Discoaster sanmiguelensis*、*Dis-*  
*coaster variabilis*、*Helicosphaera carteri*、*Helicos-*  
*sphaera euphratis*、*Reticulofenestra gelida*、*Sphenolith-*  
*us heteromorphus*、*Sphenolithus moriformis*等を伴う  
種群で構成される(表2)。

表 2. 上唐子層および岩殿層下部から産出したナンノ化石

岩殿丘陵	NANNOZONE(CN-)													
	4	4	4?	4?	4	5a	5a	5a	5a	-	-	4	5a	
	Abundance	C	C	C	C	C	A	C	R	C	NO	NO	C	A
	Preservation	M	M	M	M	P	P	P	P	VP			P	M
	Etch./Overgrow.	1	2	2	2	2	3	2	3	3	-	-		
試料番号	Iwd											Loc		
	10	13	14	12	11	15	16	17	18	19	20	13u	22	
<i>Braarudosphaera bigelowii</i> (Gran & Brarud) deflandre	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Calcidiscus leptoporus</i> (Murray & Blackman) Loeblich & Tappan	-	1	1	2	1	3	-	-	1	-	-	1	2	
<i>Calcidiscus macintyreii</i> (Bukry & Bramlette) Loeblich & Tappan	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Coccolithus miopelagicus</i> Bukry	3	1	-	1	-	1	1	-	2	-	-	-	-	
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich) Schiller	39	9	9	23	39	27	24	2	15	-	-	41	23	
<i>Coronocyclis</i> sp.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Cyclicargolithus</i> aff. <i>abisectus</i> (Muller) Wise	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	
<i>Cyclicargolithus floridanus</i> (Roth & Hay) Bukry	15	1	3	1	2	1	2	2	1	-	-	3	-	
<i>Cycloperfolithus carlae</i> Lehotayova & Priewalder	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Diclyococites antarcticus</i> Haq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
<i>Diclyococites perplexus</i> Burns	1	2	2	10	1	4	16	-	3	-	-	3	7	
<i>Diclyococites productus</i> (Kamptner) Backman	-	4	3	3	3	3	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Diclyococites</i> spp.(small)	-	10	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Diclyococites</i> sp.-B.	1	9	5	23	1	20	11	-	1	-	-	11	26	
<i>Diclyococites</i> sp.-C.	1	10	2	4	1	3	3	-	-	-	-	7	8	
<i>Diclyococites</i> spp.	-	2	-	-	3	-	4	-	1	-	-	-	-	
<i>Discoaster adamanteus</i> Bramlette & Wilcoxon	1	1	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	
<i>Discoaster aulakos</i> Gartner	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Discoaster braarudii</i> Bukry	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
<i>Discoaster</i> aff. <i>broweri</i> Bramlette & Riedel	-	-	1	1	3	-	-	-	1	-	-	-	-	
<i>Discoaster calculosus</i> Bukry	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
<i>Discoaster deflandrei</i> Bramlette & Riedel	2	1	1	1	-	1	1	-	2	-	-	1	1	
<i>Discoaster</i> aff. <i>divaricatus</i> Hay	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Discoaster exilis</i> Martini & Bramlette	-	1	-	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	
<i>Discoaster</i> cf. <i>exilis</i> Martini & Bramlette	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Discoaster</i> cf. <i>formosus</i> Martini & Worsley	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
<i>Discoaster robustus</i> Haq	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Discoaster sanmiguelensis</i> Bukry	1	1	2	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
<i>Discoaster</i> cf. <i>sanmiguelensis</i> Bukry	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	
<i>Discoaster signus</i> Bukry	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Discoaster variabilis</i> Martini & Bramlette	1	-	2	1	1	-	1	-	2	-	-	1	-	
<i>Discoaster</i> sp-1 (aff. <i>browerii</i> )	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Discoaster</i> spp.	-	-	-	2	-	2	1	-	-	-	-	2	-	
<i>Helicosphaera californiana</i> Bukry	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich) Kamptner	3	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Helicosphaera euphratis</i> Haq	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	
<i>Helicosphaera kamptneri</i> Hay & Mohler	5	4	5	1	2	2	-	-	1	-	-	11	1	
<i>Helicosphaera minuta</i> Muller	1	1	1	1	-	1	1	-	1	-	-	-	-	
<i>Helicosphaera rhomba</i> Bukry	-	1	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	1	
<i>Helicosphaera</i> spp.	1	2	3	-	2	2	-	1	-	-	-	2	2	
<i>Pontosphaera discopora</i> Schiller	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Pontosphaera japonica</i> (Takayama) Nishida	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Pontosphaera multipora</i> (Kamptner) Roth	1	1	1	-	1	-	-	1	1	-	-	1	-	
<i>Pontosphaera</i> sp.	2	-	1	-	5	1	1	-	1	-	-	-	2	
<i>Reticulofenestra</i> cf. <i>ampla</i> Sato, Kameo & Takayama	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Reticulofenestra</i> aff. <i>doronicoides</i> (Black & Barnes) Roth	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Reticulofenestra gelida</i> (Geitzenauer) Backman	1	9	11	7	5	4	4	-	32	-	-	1	3	
<i>Reticulofenestra haqii</i> Backman	1	6	3	-	2	2	5	-	6	-	-	3	2	
<i>Reticulofenestra minuta</i> Roth	8	13	3	2	4	1	-	-	-	-	-	2	9	
<i>Reticulofenestra minutula</i> (Gartner) Haq & Berggren	11	3	2	1	1	2	1	-	6	-	-	1	2	
<i>Reticulofenestra pseudoumbilica</i> (Gartner) Gartner	-	19	35	20	22	21	24	1	23	-	-	6	16	
<i>Reticulofenestra</i> aff. <i>pseudoumbilica</i> (Gartner) Gartner (small)	1	3	1	2	-	2	3	2	-	-	-	3	1	
<i>Reticulofenestra</i> sp.-D	-	6	5	-	4	1	1	-	4	-	-	3	2	
<i>Reticulofenestra</i> spp.	6	4	2	-	2	-	4	1	2	-	-	-	-	
<i>Rhabdosphaera claviger</i> Murray & Blackman	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Scyphosphaera</i> sp.	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Sphenolithus abies</i> Deflandre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
<i>Sphenolithus</i> cf. <i>abies</i> Deflandre	-	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
<i>Sphenolithus compactus</i> Backman	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Sphenolithus</i> cf. <i>granidis</i> haq & Berggren	-	-	1	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	
<i>Sphenolithus</i> aff. <i>neoabies</i> Bukry & Bramlette	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	
<i>Sphenolithus heteromorphus</i> Deflandre	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	
<i>Sphenolithus moriformis</i> (Bron. & Strad.)Bramlette & Wilcoxon	1	2	1	1	1	2	2	-	-	-	-	-	1	
<i>Sphenolithus</i> spp.	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Syracosphaera</i> spp.	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Umbilicosphaera</i> spp.	-	1	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	
<i>Elliptical placolith</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	3	-	-	2	-	
unknown	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	
石灰質ナンノ化石総数	113	136	134	121	115	115	117	10	117	0	0	110	112	

根岸ルート

No.11~20試料の10試料は、岩殿層の神戸礫岩部層から根岸砂岩部層にかけての層準から採取されたものである(図1・2)。

No.11~20試料のうちNo.19および20試料を除いて他の試料からはナンノ化石が産出した。

それぞれの試料におけるナンノ化石の産出率は、No.17試料が特に少ないものの他の試料は多産する傾向にある。認められた殻の保存状態としては、No.12、13および14は比較的良好であったが、No.11、15~18は溶解あるいは破損した殻が多く、保存不良の状態である。

認められたナンノ化石群集は、*Coccolithus pelagicus*、*Dictyococcites* sp.-B、*Reticulofenestra gelida*、*Reticulofenestra pseudoumbilica*を主体として、*Calcidiscus leptoporus*、*Cyclicargolithus floridanus*、*Coccolithus miopelagicus*、*Dictyococcites perplexus*、*Dictyococcites* sp.-C、*Discoaster deflandrei*、*Discoaster exilis*、*Discoaster variabilis*、*Helicosphaera kamptneri*、*Reticulofenestra haqii*、*Reticulofenestra minuta*、*Reticulofenestra minutula*、*Sphenolithus moriformis*等で構成される。

なお、下部層準のNo.12~14試料では*Discoaster sanmiguelensis*、*Sphenolithus cf.abies*、No.11試料では*Sphenolithus heteromorphus*が特徴的に認められる(表2)。

## 5. 考察

5-1. ナンノから推定される時代と他の化石層序の比較

微化石年代尺度としては、基本的に尾田(1986)の東北・中部日本新第三紀古磁気・微化石年代尺度を用いる。

なお、本研究における年代値は、尾田(1986)およびBerggren et al. (1995)の両者を参考にしているが、絶対年代については、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代によるデータを重視して、基本的にBerggren et al. (1995)の年代値を用いる。

ナンノ化石の時代に関しては、Okada and Bukry (1980)の第三系におけるナンノ化石帯区分に基づいて時代の推定を行う。Okada and Bukry (1980)の化石帯は、新生代において34の化石帯が設定されており、亜帯を含めれば58の化石帯が設けられている。各帯には、

コードナンバーが付され、古第三紀が下位からCP-1~19、新第三紀がCN-1~15というように番号が与えられている。各帯(亜帯)の境界は、古地磁気層序とも正確に対比されているだけでなく、絶対年代も得られている。

本分析結果もこれらを基本として時代の検討を行う。

ナンノ化石から推定される時代

千手堂ルート

No.10試料から産出した示準種は、*Cyclicargolithus floridanus*、*Discoaster deflandrei*、*Discoaster divaricatus*、*Discoaster exilis*、*Discoaster variabilis*、*Helicosphaera euphratis*、*Reticulofenestra gelida*、*Sphenolithus heteromorphus*、*Sphenolithus moriformis*である。

以上の種類の生存期間は、それぞれ

*Cyclicargolithus floridanus*がOkada and Bukry (1980)のCP15b亜帯に出現してCN5a亜帯末に絶滅したとされるほか、*Discoaster deflandrei*がCP9b-CN5帯、*Discoaster exilis*がCN4-CN6帯、*Discoaster variabilis*がCN3~12a亜帯、*Helicosphaera euphratis*がCP15-CN4帯、*Reticulofenestra gelida*がCN3-11b亜帯、*Sphenolithus heteromorphus*がCN3-CN4帯、*Sphenolithus moriformis*がCP10-CN7帯である。

本試料は、*Cyclicargolithus floridanus*、*Discoaster exilis*、*Helicosphaera euphratis*、*Sphenolithus heteromorphus*が共存し、CN3帯がアクメ帯とされ、極めて高率に産出することが知られている*Discoaster deflandrei*も低率であることから、CN4帯に比較される(図3)。

根岸ルート

本ルートでは、下部にあたるNo.13~11試料とNo.15~18試料とでは、若干、産出種群が異なる。

時代を考える上で重要な種類としては、No.13~11試料では*Cyclicargolithus floridanus*、*Discoaster aulakos*、*Discoaster deflandrei*、*Discoaster exilis*、*Discoaster signus*、*Discoaster variabilis*、*Reticulofenestra gelida*、*Reticulofenestra pseudoumbilica*、*Sphenolithus abies*、*Sphenolithus compactus*、*Sphenolithus heteromorphus*、*Sphenolithus moriformis*、*Sphenolithus neoabies*等が認められた。一方、No.15~18試料では

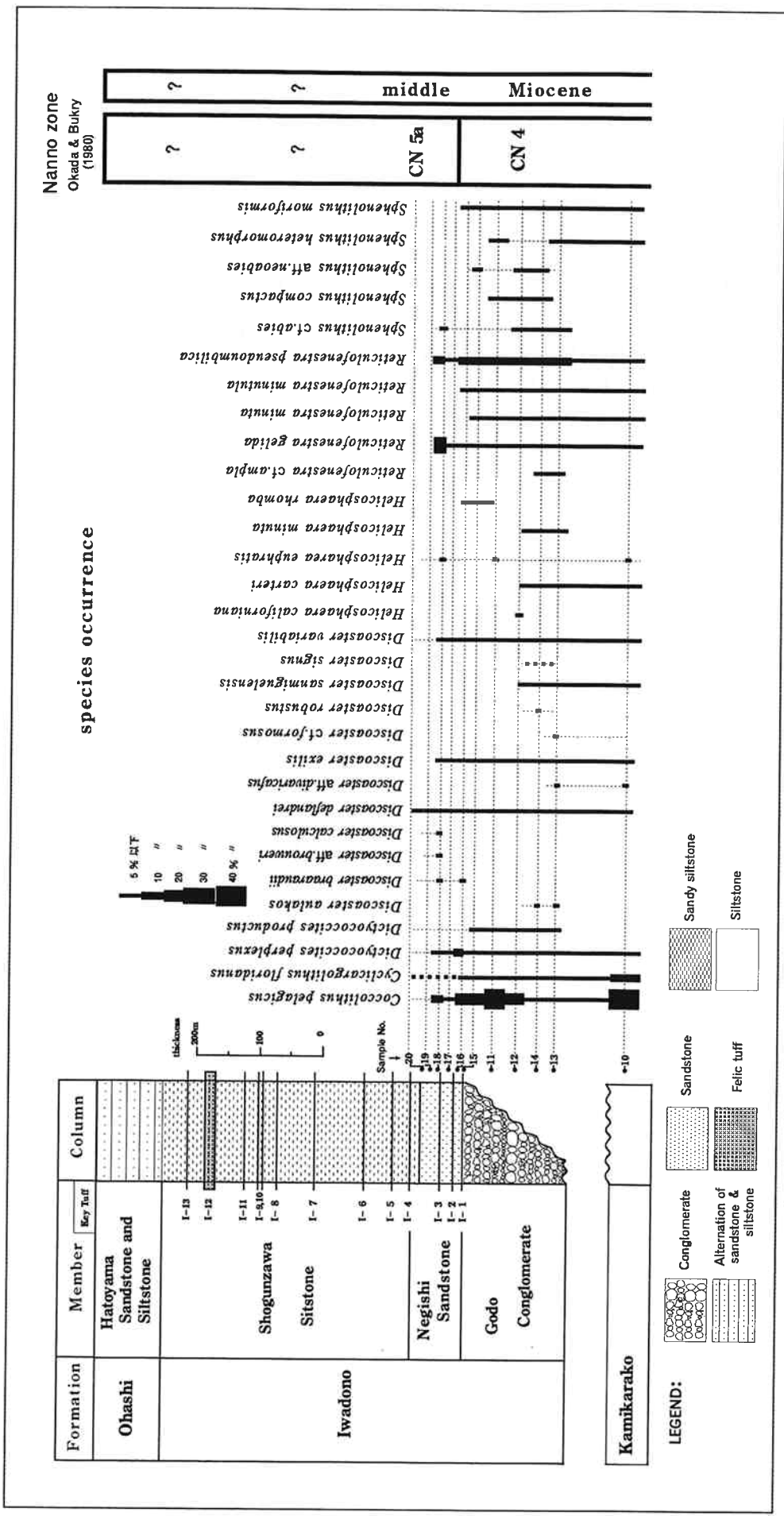


図3. 上唐子層および岩殿層下部におけるナンノ化石の産状



*Cyclicargolithus floridanus*, *Discoaster aulakos*, *Discoaster deflandrei*, *Discoaster exilis*, *Discoaster signus*, *Discoaster variabilis*, *Reticulofenestra gelida*, *Reticulofenestra pseudumbilica*, *Sphenolithus moriformis*, *Sphenolithus neoabies* 等が確認された。

したがって、No.13~11試料は、*Cyclicargolithus floridanus*, *Discoaster deflandrei*, *Discoaster exilis*, *Sphenolithus heteromorphus* が認められ、*Discoaster deflandrei* も低率であり、*Helicosphaera ampliapertura* 等も認められないことから、おおむねCN 4帯に比較されるものと考えられる。

他方、No.15~18試料では、示準種としては *Cyclicargolithus floridanus* をはじめとして、CN5~8a 亜帯の生存期間が知られる *Discoaster braaraudii*, その他 *Discoaster deflandrei*, *Discoaster variabilis*, *Reticulofenestra gelida*, *Reticulofenestra pseudumbilica*, *Sphenolithus abies*, *Sphenolithus moriformis*, *Sphenolithus neoabies* 等が産出している。

よって、CN 4帯以前を示す *Sphenolithus heteromorphus* あるいはCN5b 亜帯を示す *Discoaster kugleri* 等が認められないことから、CN5a 亜帯に比較される (図3)。

#### 他の化石が示す時代との比較

千手堂ルートおよび根岸ルートから得られた試料に含まれるナンノ化石から推定された時代は、千手堂ルートにおける No.10試料と根岸ルートの No.13~11試料が Okada and Bukry (1980) のCN 4帯、根岸ルートの No.15~18試料がCN5a 亜帯にそれぞれ比較された。

千手堂ルートは、千手堂の南を流れる都畿川の北岸ルートであり、試料は河岸の露頭から採取されたものである。岩相は、シルトあるいはシルト質粘土で小池ほか (1985) の上唐子層あるいは間嶋 (1989) の荒川層とされる層準である。一方、根岸ルートは、千手堂から3.5kmほど東の都畿川から南部の地域で根岸から將軍沢に至る沢の入り口付近である。このルートは、主に小池ほか (1985) の神戸礫岩部層から根岸砂岩部層とされる層準にあたる。

ナンノ化石から推定された時代は、上唐子層から神戸礫岩部層にかけてがCN 4帯、根岸砂岩部層がおおむねCN5a 亜帯という結果が得られ、上唐子層から根

岸砂岩部層は中期中新世前期であることが明らかになった (図3)。

これまで報告された結果では、本調査における最下位の唐子層に相当する層準からは直接的な化石の報告は認められないが、その上位あるいは下位の層準については存在する。

松丸・林 (1980) では比企丘陵および小川盆地に分布する上唐子層より下位と考えられる五反田層あるいは小園層から得られた貝化石から中期中新世としている。また、上位の岩殿層下部に相当する市ノ川層から、大型有孔虫の *Miogypsina kotoi kotoi*, *Operculina complanata japonica* など、また、同層準の鎌形層から *Nephrolepidina japonica*, *N.angulosa*, *N.scabra*, *Operculina complanata japonica* などが産出することから、これらは中期中新世を指示する (Matsumaru, 1977) としている。また、市ノ川・鎌形層が富岡層群の小幡層および井戸沢層に対比されるとして、小幡層および井戸沢層が Blow (1969) のN.8とされることから、市ノ川・鎌形層の大型有孔虫はN.8の中のものであろうとしている。さらに、Matsumaru et al. (1982) では、鎌形層から *Praeorbulina glomerosa glomerosa*, *Orbulina universa*, *Globigerinoides sicanus* などを認め、また神戸層の下部から *Praeorbulina glomerosa curva*, *Orbulina universa* 等が認められたことから、Blow (1969) のN.9の最下部に位置付けられるとしている。

また、間嶋 (1989) は、貝化石を検討した結果、小園層からは Otuka (1939)、鎮西 (1981) 等の門ノ沢型貝化石動物群を特徴付ける熱帯ないし亜熱帯の潮間帯汽水域の環境を示す Arcid-Potamidid 群集 (津田、1965; 高橋、1984) に比較した。これら Arcid-Potamidid 群集は、我国の各地の中新統でしられ、その層準は下部中新統上部から中部中新統最下部に限定されることから、小園層は前期中新世後期から中期中新世最前期と考えられるとしている。

一方、岩殿層下部にあたる神戸層は、*Lepidocyclina* sp. を認めたことにより、Blow (1969) のN.8~N.9の最下部と考え、前期中新世後期から中期中新世最前期の地層であるとした。他方、小池ほか (1985) は、根岸砂岩部層および將軍沢シルト岩部層下部から *Globorotalia peripheroacuta*, 將軍沢シルト岩部層最下部から *Globorotalia cf. miozea conoidea* が報告されて

いることから Blow (1969) の N.11のほぼ基底に相当するとしている。さらに、將軍沢シルト岩部層の下部層準から *Sphaeroidinellopsis subdehiscens* を認めたことにより、根岸砂岩部層を N.10、將軍沢シルト岩部層の下部は N.11と推定している。

今回のナンノ化石による時代は、神戸礫岩部層が CN.4 帯、根岸砂岩部層が CN5a 亜帯であり、Matsumaru et al. (1982) により上位の鎌形が Blow (1969) の N.9 の最下部に見積もられたこと、および間嶋 (1989) においても神戸層が N.8 から N.9 の最下部と考えられたことからしても、時代的には整合的である。

また、上唐子層は CN.4 帯であり、上位の神戸礫岩部層との関係から層位的にみても大きな矛盾はないと考えられる。

#### 5-2. 珪藻化石層序とナンノ化石層序の比較検討とその年代

珪藻化石による時代については、堀内・柳沢 (1994) および堀内ほか (1996) により、上唐子層および都畿

川層群の下部層準については以下のような結果が得られている。

まず、上唐子層は、栗原 (1994MS) によって採取された千手堂付近 (槻川左岸) の試料中に *Cavitatus lanceolatus*、*Denticulopsis ichikawae*、*Denticulopsis lauta* を含み、*Denticulopsis okunoi*、*Denticulopsis praelauta* が含まれない群集を認め、少なくとも Akiba (1986) の *Denticulopsis lauta* Zone (NPD4A) の下部に位置づけられるとしている (堀内ほか、1996)。

岩殿層下部の神戸礫岩部層および根岸砂岩部層については、堀内・柳沢 (1994) では珪藻化石が得られていないが、堀内ほか (1996) では根岸砂岩部層については *Crucidentacula nicobarica* 帯であることを報告している (図4)。

岩殿層上部にあたる將軍沢シルト岩部層は、*Denticulopsis praedimorpha* が認められたことから、Akiba (1986) の *Denticulopsis praedimorpha* Zone (NPD5B) に比較されるとしている。

したがって、珪藻化石とナンノ化石の結果を直接的

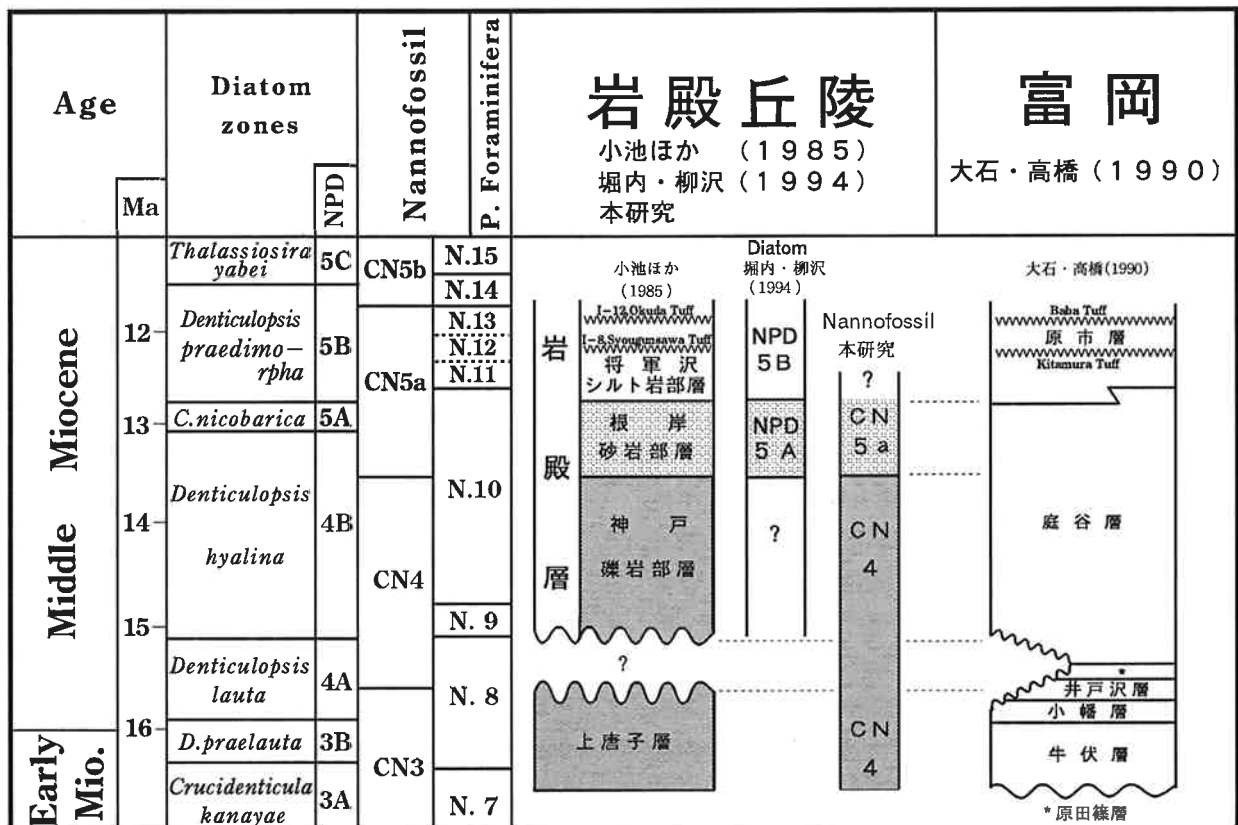


図4. 岩殿丘陵の微化石層序と富岡地域との対比

に比較検討できるのは、上唐子層と岩殿層の根岸砂岩部層のみということになる。まず、上唐子層の珪藻化石の *Denticulopsis lauta* Zone とナンノ化石の CN 4 帯（上唐子層～神戸礫岩部層）という結果はおおむね整合的と見て差し支えないと考えられる（図 4）。すなわち、尾田(1986)による年代尺度では、Barron(1980)の珪藻化石帯の *Denticulopsis lauta* Zone は、Okada and Bukry (1980) の CN 4 帯の中下部に対比されている。Barron (1980) の珪藻化石帯の *Denticulopsis lauta* Zone は、Akiba (1986) あるいは Maruyama (1984) 等の *Denticulopsis lauta* Zone に比較され、Barron(1980)の中下部に相当する。

CN 4 帯の年代は、尾田 (1986) によれば、その上限は *Sphenolithus heteromorphus* の絶滅により、また下限は *Discoaster deflandrei* 急減する層準として規定され、それぞれ 13.9Ma、15.7Ma と見積もられた。

なお、年代値に関しては、最近、Berggren et al. (1995) により、これまでの生層序学的、古地磁気層序学および 40Ar/39Ar 年代を総括してタイムスケールが示されたが、その中でも CN 4 帯の上限は *Sphenolithus heteromorphus* の絶滅層準で規定され、年代が 13.6Ma、下限は *Helicosphaera ampliapertura* の絶滅層準であり、15.6Ma としている。尾田(1986)および Berggren et al. (1995) の年代尺度は、中期中新世中期以前に関しては検討を行った時期と基になったデータこそ異なるものの、年代値にそれほど大きくない違いが認められないことから、確定的な年代と解釈して差し支えないと考えられる。

したがって、上唐子層～神戸礫岩部層は珪藻化石では 14.6～15.7Ma (*Denticulopsis lauta* Zone)、ナンノ化石では 13.6～15.6Ma (CN 4) であることから、少なくとも 14.6～15.6Ma の約 1Ma 間の堆積物であることが明らかになった。

さらに、根岸砂岩部層も珪藻化石が *Crucidentricula nicobarica* 帯、ナンノ化石が CN5a 垂帯であることから、両者に矛盾はない。堀内・柳沢 (1994) では、根岸砂岩部層から珪藻化石の *Denticulopsis simonsenii* が産出することを報告しているが、本種の初産出層準は、ナンノ化石の *Sphenolithus heteromorphus* の絶滅直後と考えられることから、根岸砂岩部層と神戸礫岩部層の境界が CN4 帯と 5 帯の境界付近に位置するものと考えられる。

### 5-3. 層序対比

本地域と近接し、ほぼ同時期に形成されたと考えられる層準の対比案について考えてみる。

本地域に比較的近い地域で微化石等による詳細な生層序学的研究が行われた地域としては、群馬県の富岡地域が上げられる。

富岡地域の新第三系は、下位より牛伏層・小幡層・井戸沢層・原田篠層・庭谷層・吉井層および板鼻層から構成される（大石・高橋、1990）（図 4）。これらの新第三系については、Takayanagi et al. (1976)、高柳ほか (1978)、千地・紺田 (1978) および大石・高橋 (1990) など多くの微化石層序学的あるいは年代層序学的研究がある。

これまで明らかにされた各層の時代は、小幡層・井戸沢層・原田篠層および庭谷層の下部は、浮遊性有孔虫化石により Blow (1969) の N. 8 に、庭谷層の上部が N. 9～10、原市層が N.10 ないし N.11～14 にそれぞれ対比されている。また、ナンノ化石では、小幡層が Okada and Bukry (1980) の CN.3 帯、井戸沢層・原田篠層および庭谷層が CN.4 帯、また原市層の大部分が CN.5a-5b 垂帯とされる。

富岡地域におけるナンノ化石の産出状況は、高柳ほか (1987) によれば *Sphenolithus heteromorphus* が、最下位の額部層から庭谷層上部まで、*Discoaster exilis* が井戸沢層から原市層中部まで、*Discoaster kugleri* が原市層の下部のみ、*Reticulofenestra pseudoumbilica* が曾木層上部から板鼻層にかけて産出している。このような産出傾向から、ナンノ化石では岩殿地域の上唐子層から岩殿層の神戸礫岩部層は、富岡地域の庭谷層中部から井戸沢層、岩殿地域の根岸砂岩部層が富岡地域の庭谷層上部に対比される（図 4）。高柳ほか (1987) による原市層については、下部に CN.5b 垂帯を示す *Discoaster kugleri* が産出しており、岩殿地域では根岸砂岩部層においても *Discoaster kugleri* は認められないことから、今回、ナンノ化石が産出した層準には対比される地層は存在せず、対比されるとすれば岩殿層の上部（将軍沢シルト岩部層）から上位の層準と考えられる。

なお、富岡地域では、庭谷層の基底には不整合が認められており（高柳ほか、1978）、それは現在では庭谷不整合（大石・高橋、1990）と呼ばれている。岩殿地

域でも上唐子層と岩殿層の境界は、岩相層序学的に不整合と考えられてきた(福田・石和田, 1964; 小池ほか, 1985; 間嶋, 1989)。ただし、上唐子層については、露頭が少なく、分布も不連続であることから確定的な見解が見いだされていない。このことについて、ナンノ化石の結果から、直接的に言及することはできないが、上唐子層と神戸礫岩部層の群集の顕著な変化が認められること、岩相もシルトから礫岩に変わること、および上唐子層から神戸礫岩部層にかけての年代が約 1 Ma と比較的長期にわたることから考えれば、不整合が存在する可能性が高い。時代についても CN.4 帯であり、富岡地域の庭谷不整合の時期とほぼ同時期と考えて差し支えないと思われる(図 4)。

#### 5-4. *Helicosphaera minuta*, *Discoaster sanmiguelensis* の産出について

本研究において、*Helicosphaera minuta* (= *H. vedderi*) および *Discoaster sanmiguelensis* (= *D. musicus*) と思われる種が認められた。これらは、これまでの本邦におけるナンノ化石分析結果には、報告例のない種である。それは、産出量が少ないためかもしれないが、示準化石でないために、不明種としてのみ記録され、ほとんど無視されてきた可能性がある。

しかし、この 2 種は、我国の中期中新世前期の地層にしばしば認められ、特に本研究のような CN.4 帯から CN.5 帯付近に産出する。現状では、その生存期間は、*D. sanmiguelensis* が CN.4 帯の中部から CN.5a 亜帯、*H. minuta* が CN.4 帯の中部から CN.7 帯と考えられている。ただし、産出が地域などにより異なるためか、Martini (1971) も Okada and Bukry (1980) も化石帯を特徴付ける種には含めていない。しかしながら、当社でこれまで行った結果では、2 種とも本邦の中期中新世前期の地層から認めているだけでなく、ある限られた層準に多産する(アクメ帯?) 傾向を捉えている。このことは、これらが少なくとも東北日本においては、重要なマーカーになりうる可能性を持った種であることを示している。ただ、そのためにはこれらの生存期間について、信頼度の高い絶対年代が得られているセクションで生存期間とその年代を把握し、また、複数の地点における各層準での産状を確認する必要がある。他方、これらの種の分類学的な問題も解決されなければならない点もあり、例えば、*Discoaster san-*

*miguelensis* の場合は、変異によって他の種類に近似した形態を示す点があるなどである。以下に、それぞれの種の特徴について述べる。

#### *Discoaster sanmiguelensis* Bukry

本種は、Bukry (1981) によってカリフォルニア沖の D. S. D. P. の採取試料から記載された。

特徴: Bukry (1981) の記載では、6 本の短い ray を持ち、それらは広く先細り先端は僅かに分岐あるいはへこんでいる。中心域は、広い円形をしている。また、片側には星型の隆起した knob がある。近似種との特徴の違いは、*D. bollii* とは ray の先端が分岐しないことおよび反対面の knob を欠くことで区別されるほか、*D. altus* とは分岐する ray と knob が整列している点で、*D. deflandrei* とは、大きな knob と ray の先端が先細る点で、*D. formosus* とは短い ray と殻全体が小型であること、*D. stellulus* とは大きめの knob と ray の先端が二股に分かれること、*D. toralus* とは大型の knob があり、小型で、ray の先端が分岐すること等から識別される。殻の大きさは、9~15 $\mu$  であるが、おおむね 10 $\mu$  程度である。

最初に記載された D. S. D. P. のカリフォルニアの大陸境界の掘削試料では、中期中新世の CN.5 帯と CN.4 帯の最上部の層準から認められている。

本研究で認められた個体は、大きさ自体は 10 $\mu$  前後であり、knob も比較的よく発達している(Plate 2)。Distal view を見る場合は、他の種と見間違える可能性もあるが、透過光を強くして観察すれば、同定は可能である。ray の先端は、明瞭に分岐した個体がやや少なく、不明瞭な個体が多い。knob の発達が悪い場合や著しく変質した個体は、*D. adamanteus*、*D. kugleri* 等に酷似しており、特に前者との区別は難しい感がある。

本研究では、神戸礫岩部層中の試料(No. 13・14 試料等) から多く認められた。

これまでの当社で行ってきた試料では、下北半島の中期中新世の CN.4 層準等で模式種と全く同様な個体を認めている。

#### *Helicosphaera minuta* Muller

本種は、Muller (1981) によって記載された。

Bukry (1981) も新参シノニムとして *Helicosphaera vedderi* と命名している。

極めて小型の種であり、光学顕微鏡では、辛うじて確認できるが、殻の細部について詳細な観察を行うのはたいへいの場合には不可能である。

殻の特徴は、distal shieldはいくつかのelementで構成されるものの幅は狭い。proximal shieldも複数のelementで構成されるが、極めて小さい。それは、小さな三角形のelementで縁どられているためである。中心域は、幾分斜めであるが殻の長軸に対してはほぼ並行したbridgeによって二分される。

大きさは、4.5-6.5 $\mu$ とされる。本研究において認められた個体は、大半が6 $\mu$ 以下であり、5 $\mu$ 前後の個体が多い傾向にあった。

同程度の大きさの種として*H. pacifica*、*H. californiana*等の種が存在するが、*H. minuta*は前述の2種よりもさらに小型であること、また、中心域にbridgeが存在することで先の2種とは区別できる。また、本種は、distal shieldが薄く幅がひととき狭いのが特徴でもあると考えられ、光学顕微鏡ではproximal shieldが明瞭に光って、distal shieldが薄く霞んだ状態で見ることができ。

本種は、北海道、新潟、秋田、福島等の中新統の下部(CN.4~CN.5帯)に認めているが、特にCN.4帯の上部付近に多産する傾向がある。

## 6. まとめ

本研究により、岩殿丘陵の新第三系に関して以下のようなことが明らかとなった。

①岩殿丘陵地域における新第三系の最下部に相当する上唐子層は、Okada and Bukry (1980) のナンノ化石帯のCN.4帯に比較される。

②都畿川層群下部の神戸礫岩部層は、石灰質ナンノ化石帯のCN.4帯、根岸砂岩部層はCN.5a亜帯にそれぞれ推定される。

③ナンノ化石の群集とそれらの示す時代から、岩殿地域の上唐子層から岩殿層の神戸礫岩部層は、富岡地域の庭谷層中部から井戸沢層、岩殿地域の根岸砂岩部層が富岡地域の庭谷層上部に対比される。

## 7. 謝辞

本研究を進めるにあたり、徳永重元博士には、調査地域の地質について有益な助言を頂いた。地質調査室の木下佐智恵社員、榛沢朋子社員には、データの整理

と図表の作製の協力を受けた。以上の方々に深く感謝致します。

## 引用文献

- Akiba, F(1986) Middle Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench, and modified Lower Miocene through Quaternary diatom zones for middle to high latitudes of the North Pacific, *In* Kagami, T., Karig, D. E. Coulbourn *et al.*, *Init. Repts. DSDP*, Vol. LXXVI I, Washington (U. S. Govt. Printing Office), p. 393-481.
- Aubry, M.-P. (1985) Handbook of Cenozoic Calcareous Nannoplankton. Micropaleontology Press, American Museum of Natural History.
- Barron, J. A. (1980) Lower Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy of Leg. 57, off north-eastern Japan. Deep Sea Drilling Project. *In* *Scientific Party, Init. Repts. DSDP*, 56, 57, Pt. 2, Washington (U. S. Govt. Printing Office), p. 641-685.
- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C. and Aubry, M.-P. (1995) A REVISED CENOZOIC GEOCHRONOLOGY AND CHRONOSTRATIGRAPHY. Geochronology time Scales and Global Stratigraphic Correlation, SEPM Special Publication No. 54. p. 129-212.
- Blow, W. H. (1969) Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminifera biostratigraphy. Proc. 1st Intern. Conf. Planktonic Microfossils, Geneva, 1967, I, p. 199-421.
- Bukry, D. (1981) Pacific coast Coccolith stratigraphy between Conception and Cabo Corrientes, Deep Sea Drilling Project Leg 63. *Initial Rep. DSDP*, 63, p. 445-471.
- 千地万造・紺田 功 (1978) 富岡層群および西八代層群・静川層群の浮遊性有孔虫による生層序-カブラン階についての考察-。日本の新生代地質(池辺展生教授記念論文集), p. 73-92.
- 鎮西清高 (1981) 門の沢動物群. 軟体動物の研究(大森昌衛教授還暦記念論文集), p. 207-212.
- 福田 理・石和田靖章 (1964) 関東地方の地質と天然

- ガス鉱床の探鉱と開発への序章. 石技誌, vol. 29, p. 3-21.
- 藤本治義 (1926) 関東山地東部の地質学的考察. 地質雑, vol. 33, p. 119-142.
- Hatai, K. and Masuda, K. (1962) Megafossils from near Higashi-Matuyama City, Saitama Prefecture, Jap. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 46, p. 254-262.
- 堀内誠示・柳沢幸夫 (1994) 埼玉県岩殿丘陵に分布する中新統の珪藻化石層序. 地調月報, vol. 45, p. 655-675.
- 堀内誠示・柳沢幸夫・栗原行人 (1996) 埼玉県岩殿丘陵に分布する中新統の珪藻・ナンノ化石層序. 日本地質学会第103年学術大会講演要旨, p. 145.
- 神沢憲治・木崎善雄・久保誠二・高橋武夫・角田寛子・細谷 尚 (1968) 下仁田構造帯II. 群馬大学教育学部紀要, 自然科学, vol. 17, p. 7-19.
- Kasuya, M. (1987) Comparative study of Miocene fission-track chronology and magneto-biochronology. *Sci. Rept. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol.)*, vol. 58, p. 93-106.
- 小池美津子・後藤仁敏・渋谷絃 (1978) 関東平野の新第三系寄居礫岩層からサメの歯化石の発見. 地球科学, vol. 32, p. 35-37.
- 小池美津子・武井暁朔・下野敏弘・町田二郎・秋本和実・橋屋 功・吉野博厚・平社定夫 (1985) 岩殿丘陵の中新統・都幾川層群. 地質雑, vol. 91, p. 665-677.
- Koizumi, I. (1985) Diatom biochronology for late Cenozoic northwest Pacific. *Jour. Geo. Soc. Jap.* vol. 91, p. 195-211.
- 小林 学 (1935) 関東平野松山地方の地質. 地質雑, vol. 43, p. 221-224.
- 間嶋隆一 (1989) 埼玉県中央部、荒川から岩殿丘陵にかけて分布する新第三系の層序. 静岡大地球科学研報, no. 15, p. 1-24.
- 松丸国照 (1977) 関東山地北縁～北東縁の新第三系の層序. 地質雑, vol. 83, p. 213-225.
- 松丸国照・林 明 (1980) 関東山地東縁の新第三系の層序. 地質雑, vol. 86, p. 225-242.
- Martini, E. (1971) Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In Farinacci, A. (Ed.), *Proc. 2nd Int. Conf. Planktonic Microfossils*, Roma: Rome (Ed. Technosci.), 2: p. 739-785.
- Maruyama, T. (1984) Miocene diatom biostratigraphy of onshore sequences on the Pacific side of northeast Japan, with reference to DSDP Hole 438A (Part2). *Sci. Rept. Tohoku Univ. Ser. 2 (Geol.)*, Vol. 55, p. 77-140.
- Matumaru, K. (1967) Geology of the Tomioka area, Gumma Prefecture, with a note on "*L. epidocyclina*" from the Abuta Limestone Member. *Sci. Rept. Tohoku Univ. Ser. 2 (Geol.)*, vol. 39, p. 113-147.
- Matumaru, K.・Masuo, Y.・Kishi, R. (1982) Miocene foraminifera from the Chichibu Basin and the south Hiki Hill, Saitama Prefecture, Japan. *J. Saitama Univ., Fac. Educ., Math. and Nat. Sci.*, 31, 39-63.
- 野村 哲・秋間団研グループ (1981) 関東平野北西縁の地質. 地質学論集, no. 20, p. 161-167.
- Muller, C. (1981) Beschreibung neuer *Helicosphaera*-Arten aus dem Miozan und Revision Biostratigraphischer Reichweiten einiger neogener Nannoplankton-Arten. *Senckenbergiana Lethaea*, 61 (3/6), p. 427-435.
- Okada, H. and Bukry, D., (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation. *Marine Micropaleontology*, v.5, p. 321-325.
- Otuka, Y. (1939) Tertiary crustal deformation in Japan (with short remark on Tertiary Paleogeography). *Jubl. Publ. Commem. Prof. H. Yabe's 60th birthday*. p. 481-519.
- 大石雅之・高橋雅紀 (1990) 群馬県高崎地域に分布する中新統一特に庭谷不整合形成過程について一. 東北大地質古生物研報, no. 92, p. 1-17.
- 尾田太良 (1986) 新第三紀の微化石年代尺度の現状と問題点一中部および東北日本を中心として一. 北村信教授記念地質学論文集, 297-312.
- Perch-Nielsen, K. (1985) Cenozoic calcareous nannofossils. In, H. M. Bolli, J. B. Saunders and K.

Perch-Nielsen (Editors), Plankton Stratigraphy, Cambridge Univ. Press, 427-554.

柴田 賢・内海 茂・中川忠夫 (1979) K-Ar 年代測定結果 - 1. 地調月報, vol. 30, p. 675-686.

角田史雄・小池美津子・千代田厚史 (1979) 埼玉県中央部, 岩殿丘陵の地質と古生物. 埼玉大学教養部紀要 (自然科学編), vol. 15, p. 19-24.

高橋宏和 (1984) 常磐炭田上遠野地域の中新統中山層産具化石群集. 化石, no. 36, p. 1-17.

高橋雅紀・林 正雄 (1991) ジルコンの結晶形態による関東地方の中新世凝灰岩の分類と対比. 地質雑, vol. 97, p. 451-459.

高橋雅紀・斉藤和男・梅津浩之・市川なつみ (1992) 群馬県富岡地域、中新世北村・馬場凝灰岩の K-Ar および  $40\text{Ar}-39\text{Ar}$  年代. - とくに浮遊性有孔虫化石帯の N. 13/N. 14 境界に関連して - 地質雑, vol. 98, p. 323-335.

高柳洋吉・酒井豊三郎・尾田太良・高山俊明・織山純・金子 稔 (1978) Kaburan stage に関する諸問題. 日本の新生代地質 (池辺展生教授記念論文集), p. 93-110.

武井見朔・小池美津子 (1981) 関東平野西縁の地質. 地質学論集, no. 20, p. 169-176.

津田禾粒 (1965) 東北裏日本の新第三紀動物群と岩相. - 特に中新世中期の動物群について - . 化石, no. 10, p. 20-23.

渡辺景隆・菅野三郎・高野 貞・村山猪久馬 (1950) 関東山地北東縁部第三紀層の地質学的研究. 秩父科学博研報, no. 1, p. 93-146.

柳沢幸夫・中村光一・鈴木祐一郎・沢村孝之助・吉田史朗・田中裕一郎・本田 裕・棚橋 学 (1989) 常磐炭田北部双葉地域に分布する第三系の生層序と地下地質. 地調月報, vol. 40, p. 405-467.

矢崎清貫・宮下美智夫 (1963) 関東山地北縁部に発達する新第三系について (寄居・児玉・藤岡地域の層序). 地調月報, vol. 14, p. 54-55.

Plate 1 Transmitted light micrographs.

1. *Cyclicargolithus floridanus* (Roth & Hay) Bukry  
Sample No.10 Kamikarako Formation
2. *Cyclicargolithus floridanus* (Roth & Hay) Bukry  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member
3. *Dictyococcites perplexus* Burns  
Sample No.10 Kamikarako Formation
4. *Dictyococcites perplexus* Burns  
Sample No.15 Negishi Sandstone Member
5. *Dictyococcites antarcticus* Haq  
Sample No.10 Kamikarako Formation
6. *Dictyococcites productus* (Kamptner) Backman  
Sample No.15 Negishi Sandstone Member
7. *Dictyococcites* sp.-B  
Sample No.13 Godo Conglomerate Member
8. *Dictyococcites* sp.-B  
Sample No.12 Godo Conglomerate Member
9. *Dictyococcites* sp.-C  
Sample No.10 Kamikarako Formation
10. *Dictyococcites* sp.-C  
Sample No.13 Godo Conglomerate Member
11. *Dictyococcites* sp.  
Sample No.10 Kamikarako Formation
12. *Dictyococcites* (?) sp.  
Sample No.15 Negishi Sandstone Member
13. *Reticulofenestra* cf. *ampla* Sato, Kameo &  
Takayama  
Sample No.15 Negishi Sandstone Member
14. *Reticulofenestra gelida* (Geitzenauer) Backman  
Sample No.13 Godo Conglomerate Member
15. *Reticulofenestra gelida* (Geitzenauer) Backman  
Sample No.10 Kamikarako Formation
16. *Reticulofenestra pseudoumbilica* (Gartner) Gartner  
Sample No.16 Negishi Sandstone Member
17. *Reticulofenestra minutula* (Gartner) Haq & Berggren  
Sample No.10 Kamikarako Formation
18. *Reticulofenestra* sp. (aff. *minutula*)  
Sample No.10 Kamikarako Formation
19. *Reticulofenestra* sp.  
Sample No.10 Kamikarako Formation
20. *Sphenolithus abies* Deflandre  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member
21. *Sphenolithus abies* Deflandre  
Sample No.15 Negishi Sandstone Member
22. *Sphenolithus neoabies* Bukry & Bramlette  
Sample No.12 Godo Conglomerate Member
23. *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre  
Sample No.10 Kamikarako Formation
24. *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre  
Sample No.10 Kamikarako Formation
25. *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre  
Sample No.10 Kamikarako Formation
26. *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre  
Sample No.10 Kamikarako Formation
27. *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre  
Sample No.10 Kamikarako Formation
28. *Sphenolithus moriformis* (Bronn. & Strad.)  
Bramlette & Wilcoxon  
Sample No.12 Godo Conglomerate Member
29. *Calcidiscus leptoporus* (Murray & Blackman)  
Loeblich & Tappan  
Sample No.12 Godo Conglomerate Member
30. *Coccolithus miopelagicus* Bukry  
Sample No.15 Negishi Sandstone Member
31. *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller  
Sample No.10 Kamikarako Formation
32. *Cycloperfolithus carlae* Lehotayova & Priewalder  
Sample No.15 Negishi Sandstone Member
33. *Discolithina multipora* (Kampt. ex Defla.) Martini  
Sample No.13 Godo Conglomerate Member
34. *Discolithina multipora* (Kampt. ex Defla.)  
Martini  
Sample No.10 Kamikarako Formation
35. *Discolithina japonica* Takayama  
Sample No.10 Kamikarako Formation



Plate 1

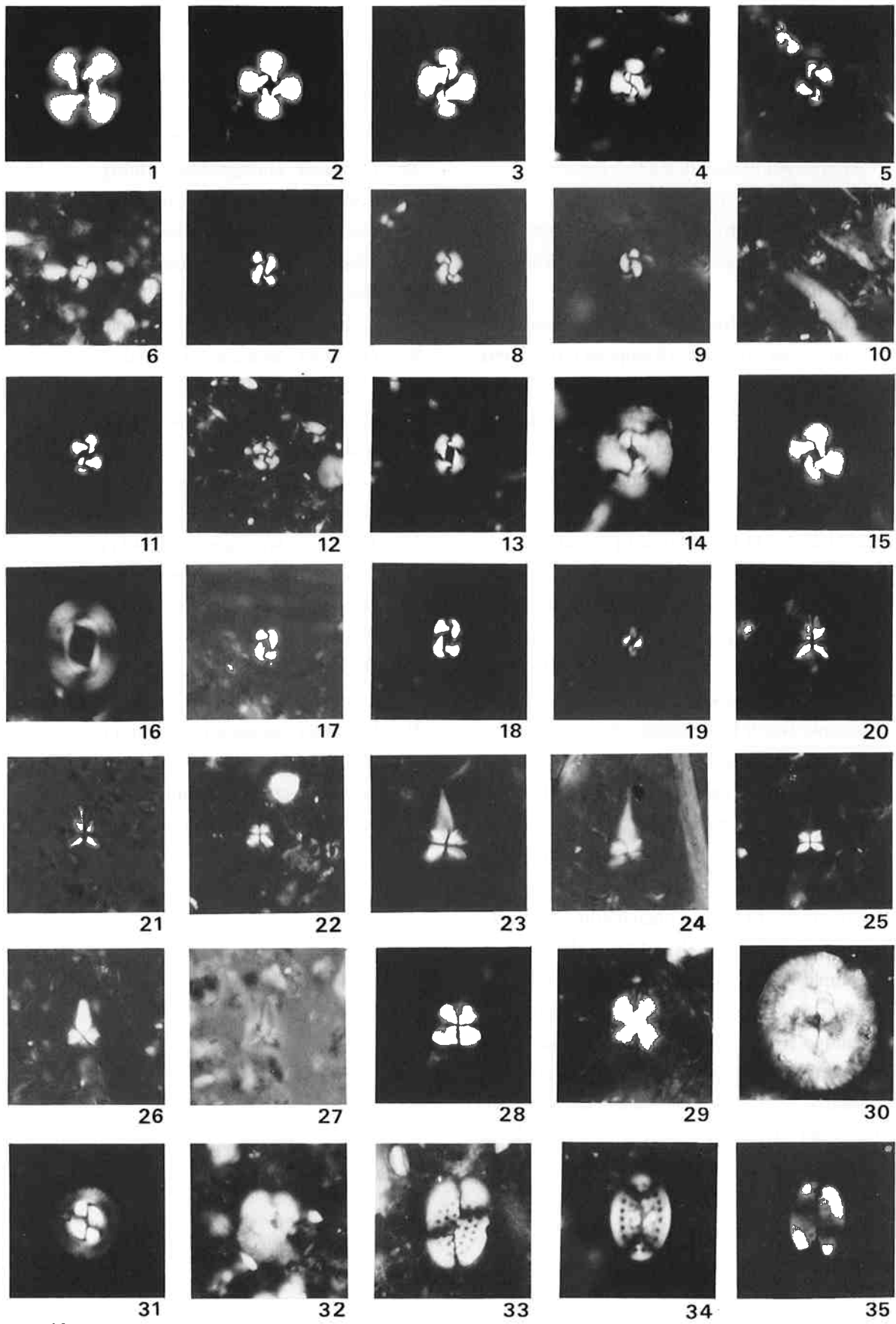
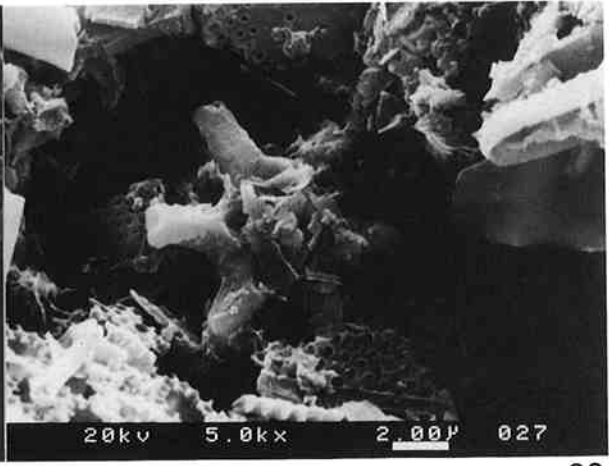
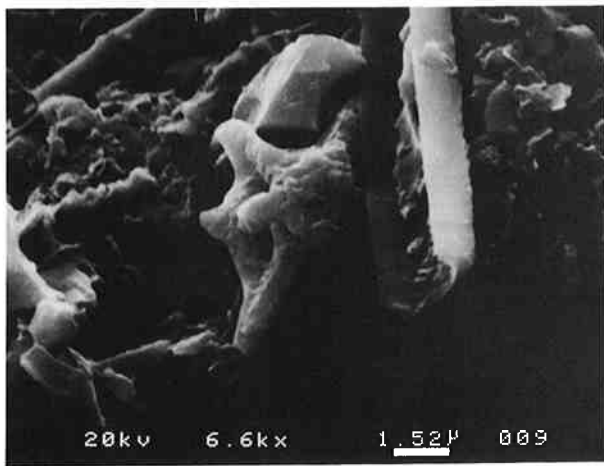
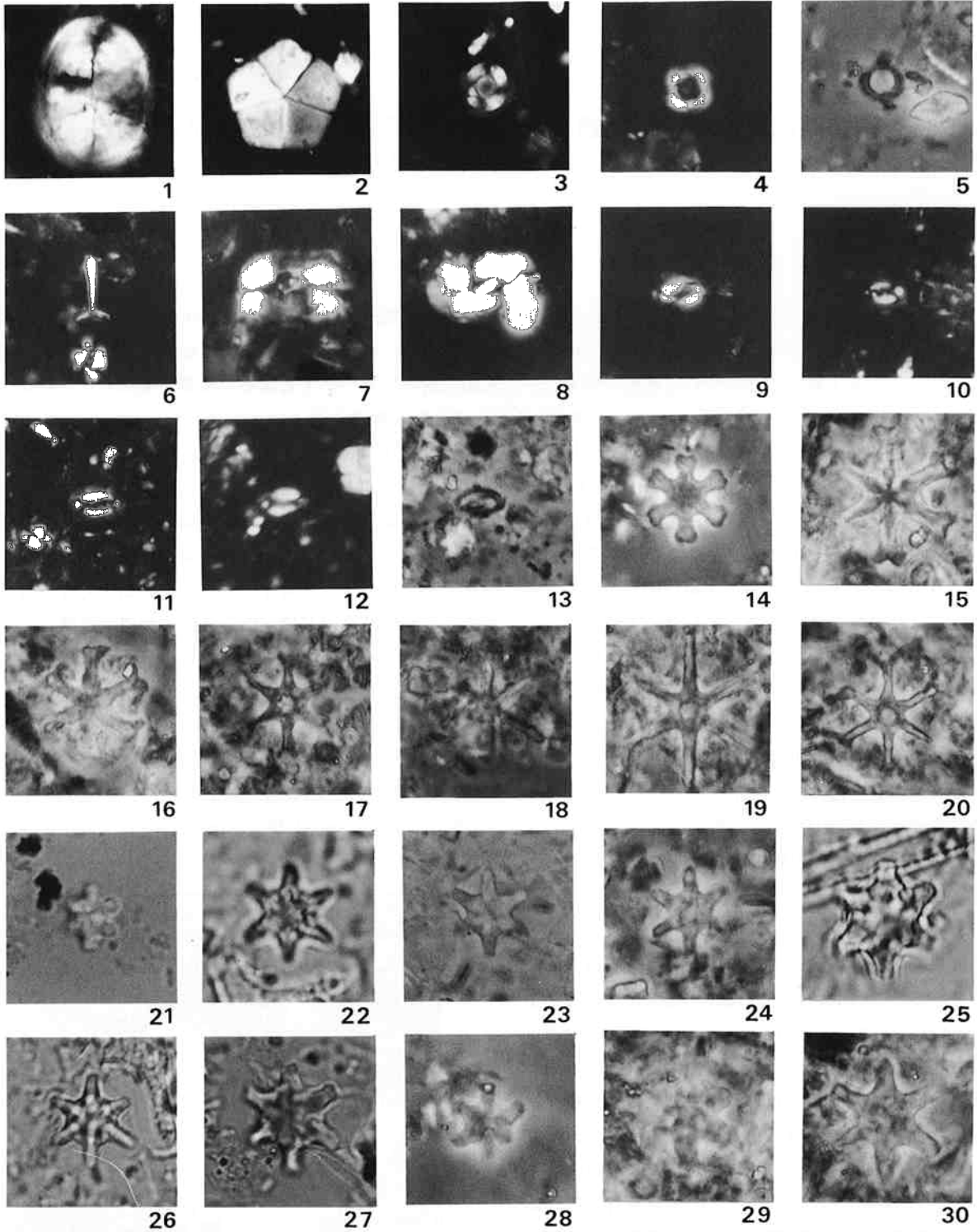


Plate 2 Transmitted light and SEM micrographs.

1. *Pontosphaera* sp.  
Sample No.10 Kamikarako Formation
2. *Braarudosphaera bigelowii* (Gran & Braarud)  
Deflandre  
Sample No.10 Kamikarako Formation
3. *Umbilicosphaera* spp.  
Sample No.15 Negishi Sandstone Member
4. *Coronocyclus nitescens* (Kamptner) Bramlette  
& Wilcoxon  
Sample No.15 Negishi Sandstone Member
5. *Coronocyclus nitescens* (Kamptner) Bramlette  
& Wilcoxon  
Sample No.15 Negishi Sandstone Member
6. *Rhabdosphaera claviger* Murray & Blackman  
Sample No.13 Godo Conglomerate Member
7. *Helicosphaera euphratis* Haq  
Sample No.10 Kamikarako Formation
8. *Helicosphaera rhomba* Bukry  
Sample No.16 Negishi Sandstone Member
9. *Helicosphaera californiana* Bukry  
Sample No.13 Godo Conglomerate Member
10. *Helicosphaera minuta* Muller  
Sample No.10 Kamikarako Formation
11. *Helicosphaera minuta* Muller  
Sample No.13 Godo Conglomerate Member
12. *Helicosphaera minuta* Muller  
Sample No.13 Godo Conglomerate Member
13. *Helicosphaera minuta* Muller  
Sample No.13 Godo Conglomerate Member
14. *Discoaster deflandrei* Bramlette & Riedel  
Sample No.10 Kamikarako Formation
15. *Discoaster variabilis* Martini & Bramlette  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member
16. *Discoaster variabilis* Martini & Bramlette  
Sample No.12 Godo Conglomerate Member
17. *Discoaster* cf. *variabilis* Martini & Bramlette  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member
18. *Discoaster braarudii* Bukry  
Sample No.16 Negishi Sandstone Member
19. *Discoaster signus* Bukry  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member
20. *Discoaster* spp.  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member
21. *Discoaster* spp.  
Sample No.10 Kamikarako Formation
22. *Discoaster sanmiguelensis* Bukry  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member
23. *Discoaster sanmiguelensis* Bukry  
Sample No.10 Kamikarako Formation
24. *Discoaster sanmiguelensis* Bukry  
Sample No.12 Godo Conglomerate Member
25. *Discoaster sanmiguelensis* Bukry  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member
26. *Discoaster sanmiguelensis* Bukry  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member
27. *Discoaster sanmiguelensis* Bukry  
Sample No.10 Kamikarako Formation
28. *Discoaster sanmiguelensis* Bukry  
Sample No.10 Kamikarako Formation
29. *Discoaster sanmiguelensis* Bukry  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member
30. *Discoaster sanmiguelensis* Bukry  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member
31. *Discoaster sanmiguelensis* Bukry  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member
32. *Discoaster* sp. (aff. *sanmiguelensis*)  
Sample No.14 Godo Conglomerate Member

Plate 2



10 μm :1-30

31

32

# 諏訪湖湖底堆積物の花粉化石群集と古環境変遷およびその対比 (GS400、63B ボーリングコアの花粉分析)

大嶋秀明<sup>1)</sup>

## 要旨

中部日本、長野県諏訪湖において施行されたGS400 ボーリング(掘削深度400m)と63B ボーリング(掘削深度200m)のコアには、御岳起源のPm-I'~Pm-IIIや九州からのAso-4、ATに対比される火山灰層が挟まれている。このコアのAT層準以深について花粉分析を行い、火山灰層序に基づいて古環境の変遷を検討し、さらに、酸素同位体比( $\delta^{18}\text{O}$ )層序(Martinson et al., 1987)資料との比較・検討した。

その結果、諏訪湖堆積物の花粉化石群集を下位よりSUWA-I(a, b 亜帯)、II、III(a, b, c 亜帯)、IV、V(a, b 亜帯)、VI、VII(a, b 亜帯)、VIII、IX(a, b, c 亜帯)、X帯の花粉化石群集帯と亜帯に分帯した。SUWA-I、IV、VI、VIII帯~IX a 亜帯、IX c 亜帯~X帯ではトウヒ属、ツガ属、モミ属、マツ属単維管束亜属などの亜寒帯針葉樹が優占し、SUWA-II~III、V、VII帯とIX b 亜帯ではスギ属、コウヤマキ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科などの温帯針葉樹やブナ属、クマシデ属-アサダ属、コナラ亜属、ニレ属-ケヤキ属などの落葉広葉樹からなる温帯要素が優占または増加する特徴を示した。これにより、相対的に5回の低温(寒冷)期と4回の高温(温暖)期からなる寒暖のサイクリックな繰り返しが明らかになった。この寒暖のサイクリックな繰り返しは、火山灰層序に基づく年代により約18.5万年前から約2.5万年前(更新世中・後期)に亘る気候変動を表すものと考えられた。

さらに、この時期は酸素同位体比( $\delta^{18}\text{O}$ )層序(Martinson et al., 1987)のステージ6~2に相当するので、寒暖を繰り返す花粉化石群集帯はこれと比較すると以下のごとく対応すると考えられた。下位より最下部のSUWA-I帯はステージ6に、それに引き続いて、SUWA-II~III帯はステージ5e、SUWA-IV帯はステージ5d、SUWA-V帯はステージ5c、SUWA-VI帯はステージ5d、SUWA-VII帯はステージ5a、SUWA-VIII帯はステージ4、SUWA-IX帯はステージ3、SUWA-X帯はステージ2にそれぞれ対応する。

## 1. はじめに

長野県の諏訪盆地は、フォッサマグナ糸静線上に位置している。この諏訪盆地は比較的細粒な堆積物によって埋め立てられており、山崎ほか(1987, 1988, 1991)は、ここにはフォッサマグナ沿いの地史に関する詳しい情報が保存されているものと予想し、科学技術振興調整費による研究の一環として、諏訪市浜崎の諏訪湖岸においてGS400、63A、63B ボーリングの掘削調査を実施して(図1)、採取したコアの分析を行って同地域の第四紀地史および地殻変動について報告している。これによると、GS400 ボーリングは、深度400mの間に数枚のテフラを挟んでおり、これらのテフラは鉱物組成や火山ガラスのICPによる化学分析等によって、御岳起源のPm-I'、Pm-I、Pm-II、Pm-IIIや九州からのAso-4、ATなどに対比されている。テフラ層序をもとに求められた堆積速度から本ボーリングは約20~15万年前以降の連続した堆積物であることが推定されている。

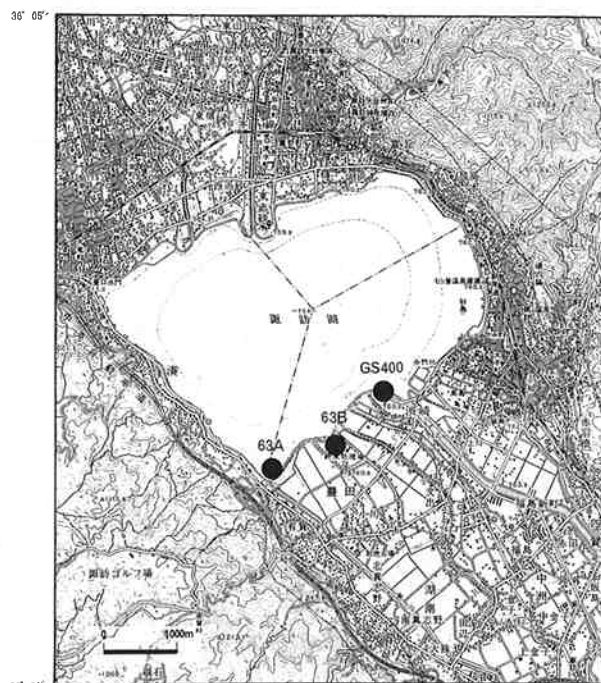


図1. GS400、63A、63B ボーリングの調査地点  
国土地理院発行5万分の1地形図「諏訪」の一部を使用

1) 調査研究部地質調査室

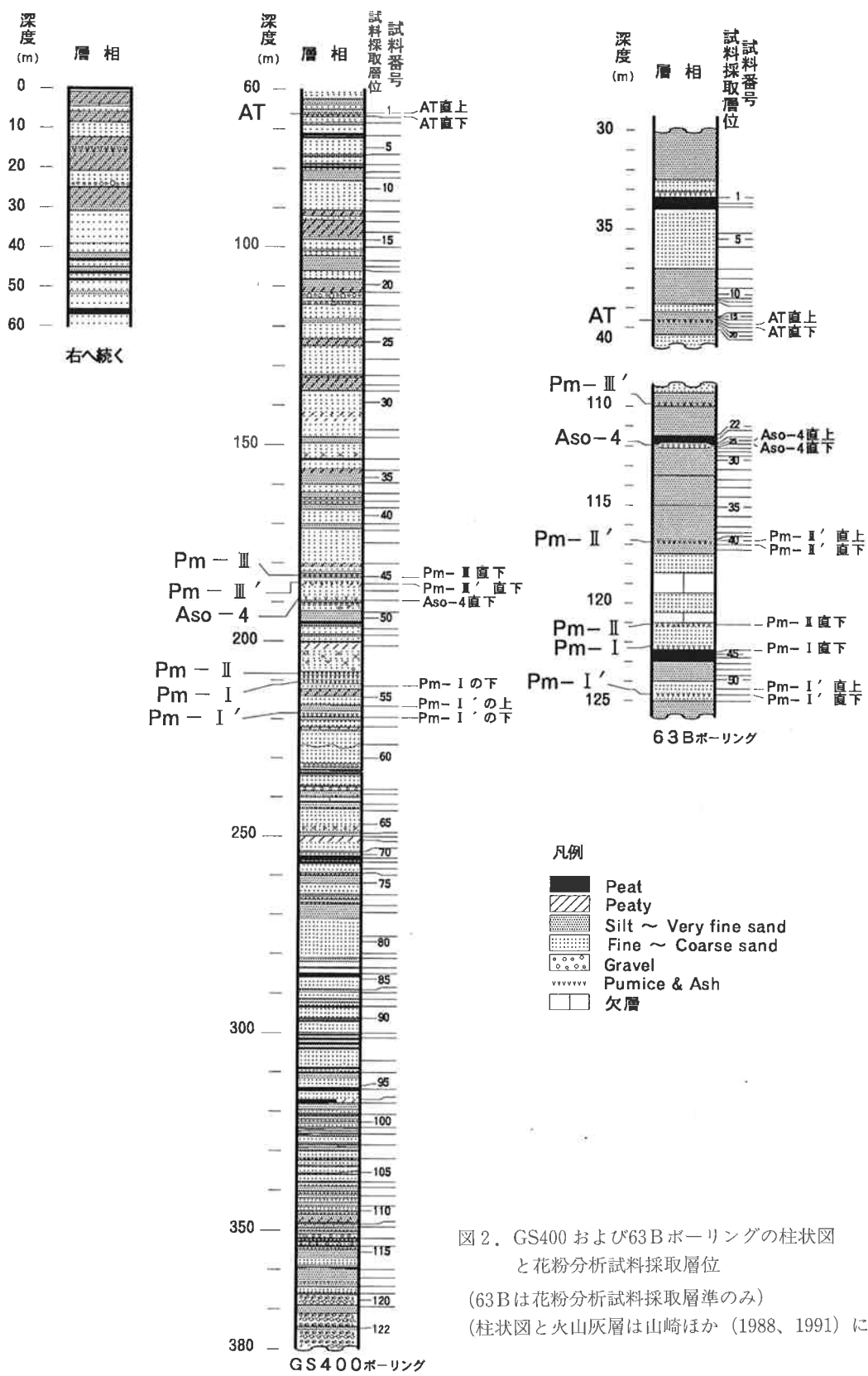


図2. GS400 および63Bボーリングの柱状図と花粉分析試料採取層位 (63Bは花粉分析試料採取層準のみ) (柱状図と火山灰層は山崎ほか (1988、1991) による。)

このたび、この研究の一環として、GS400と63Bボーリングの精細な花粉分析を行った。その結果、諏訪湖地域におけるこの年代に対応した花粉化石群集とその変遷を明らかにすることができた。この花粉化石群集は、寒暖の特徴がサイクリックに変遷しており、その寒暖の時期はテフラ層序により対比すると Hays et al. (1976)、Emiliani (1978) や Martinson et al. (1987) 等による酸素同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) 層序の中での更新世中期末から後期末にあたるステージ6からステージ2に対応していると考えられるので以下に報告する。

なお、長野県下における更新世後期以降の古環境変遷については、酒井 (1973a, b)、Sakai (1981) により諏訪湖周辺の Pm-I'、Pm-I、Pm-III 層準を含む地層から構成されている断続的な段丘堆積物について報告されており、野尻湖の発掘調査では、野尻湖周辺における約10万年前以降現在に至る連続した古環境変遷について報告されている (野尻湖花粉グループ、1984、1987、1993; 野尻湖発掘調査団、1993)。さらに、諏訪盆地における最終氷期最寒冷期以降の古環境の変遷は、長岡ほか (1986) や安間ほか (1990) によってすでに言及されている。

## 2. 層序および試料

### 2-1. 層序

#### GS400 ボーリング

本ボーリングでは、諏訪市渋崎の上川河口に近い埋め立て地において昭和61年度にまず深度約250mまでの堆積物を採取し、昭和62年度に約250m~400mの堆積物のコアを採取した。深度370m以深は層厚10m程の砂層を介して、塩嶺累層由来の cobble を主とする円礫層で構成される。これは、深度370m~380m付近の地層が堆積した時期における堆積環境の変化、おそらく湖盆の形成開始を示すものと考えられる。深度370m以浅は砂(粗~細粒)、シルト、および泥炭層の互層で構成され、礫層はごくわずかである(図2)。これは、湖水域またはそれに注ぐ河川の氾濫原的な堆積環境を示すものと考えられる。深度220m以浅は Pm-I'、Pm-I、Pm-II、Aso-4、Pm-III、AT などのテフラを挟み、その深度は Pm-I が210.5m、Aso-4 が189m 付近、AT が66.4m である。Pm-I の降灰時期は8~9.5万年前(町田・新井、1992)とされており、Aso-4 の降灰時期は7~9万年前(町田・新井、1992)、

8.6~9.0万年前(大場、1991)、8.9万年前(松本ほか、1991)、8.7万年前(吉川・井内、1993)とされ、町田ほか(1993)は酸素同位体比層序( $\delta^{18}\text{O}$ )のステージ5.1(5a)の前半としている。ATの降灰時期は2.2~2.5万年前(町田・新井、1992)とされていたが町田ほか(1993)は酸素同位体比層序のステージ2の前半としている。仮にATの降灰年代を2.5万年前、Aso-4の降灰年代を8.7万年前としてAT以前の堆積速度を推定すると約2.0m/千年となる(図3)。この堆積速度を圧密を無視してAso-4の下位に外挿すると最下部の礫層の年代は約18~19万年前に相当する。

#### 63B ボーリング

本ボーリングは、昭和63年度にGS-400ボーリングよりも約1km西南の諏訪市豊田の広域下水道終末処理場構内で実施した。深度は200mである。深度約190m以深に砂礫層が堆積し、深度190m以浅は砂(粗~細粒)、シルト、および泥炭層の互層で構成され、礫層はごくわずかである(図2)。GS400と同様にテフラを挟むがいずれも浅く、その深度はPm-Iが122.4m、Aso-4が112m、ATが39.7mである。AT以前の堆積速度はGS400と同様に算出すると約1.2m/千年である(図3)。

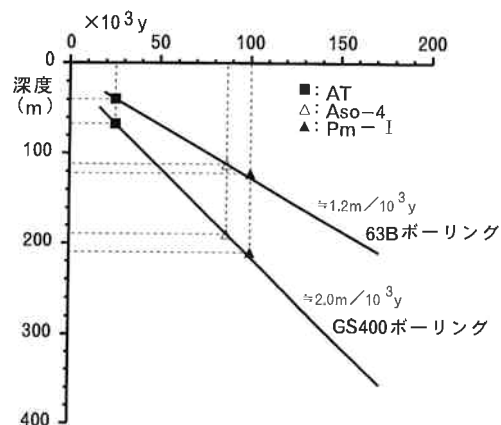


図3. GS400・63Bボーリング地点の堆積速度  
Aso-4を8.7万年前、ATを2.5万年前として換算

## 2-2. 試料

花粉分析に供した試料は、GS400 と63B 両ボーリング・コアの中で、泥炭、泥炭質シルト、泥炭質砂、シルト～砂質シルトなどの一般に花粉化石が多く含まれている層相から採取したもので、GS400 ボーリングでは深度約375m～約66m (AT層準) までの122試料、63B ボーリングではPm-I'層準からAso-4層準に至る111.4m～125.04mの間とAT層準付近の33.4～40.1mの間の53試料を採取した(図2)。

## 3. 分析方法

花粉分析の方法は、Clair (1960)、徳永 (1972)、嶋崎 (1979) を参考にして以下の手順で行った。

試料を約1～10g 秤量し、10% HCl (塩酸) 処理により炭酸塩鉱物などの除去を行う。遠心分離法による水洗を2～3回行う(以後、水洗)。フッ化水素酸処理により珪酸質の溶解と試料の泥化を行い、2～3回水洗する。重液 (ZnBr<sub>2</sub>/10% HCl 溶液: 比重≒2.2) を用いて鉱物質と有機物を分離させ、有機物を濃集し、2～3回水洗する。濃集した有機物残渣について、アセトリシス液処理 (conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O = 1: 9) を行い、処理後2～3回水洗する。10% KOH 液処理により腐植酸の溶解を行い、よく水洗する。

処理後の残渣は、よく攪拌した直後にマイクロピペットで攪拌液を採取し、グリセリンで封入してプレパラートを作成し、検鏡する。(この際、プレパラート1枚あたりの木本花粉が200個体前後になるように調整する。)

検鏡は、プレパラートの3分の2から全面(花粉が少ない場合は複数のプレパラートを検鏡する。)を走査し、その間に出現した全ての種類(Taxa)について同定・計数することを原則とする。

## 4. 結果

GS400 および63B ボーリングにおける主な花粉・孢子化石の変遷図を図4-1、4-2、図5に示す。各Taxa (種類) の出現率は以下の通りである。木本花粉は、後背地の森林植生を解析するために、湖沼および泥炭地などの堆積物でしばしば著しく多産する花粉化石(ヤナギ属、ヤマモモ属、ハンノキ属)を木本花粉の合計から除き、百分率で示した。なお、ヤマモモ属は、日本では本州中部以南の温暖な地方の山地に生育

する常緑高木のヤマモモ (*Myrica rubra*) と山野の低湿地に生育する落葉小低木のヤチヤナギ (*M. gale*) が分布しているが、ここでは諏訪湖の泥炭を含む堆積物であることから低湿地に分布するヤチヤナギ (*M. gale*) と考えて、ヤナギ属やハンノキ属と同様に扱った。木本花粉の中で基数から除いたヤナギ属、ヤマモモ属、ハンノキ属、草本花粉、シダ植物孢子、コケ植物孢子などは花粉・孢子の合計(木本花粉+草本花粉+Unknown pollen(不明花粉)+シダ植物孢子+コケ植物孢子)を基数とした百分率である。図中で複数の種類をハイフォン(-)で結んだものは、種類間の区別が明確でないものである。

諏訪湖におけるGS400 および63B 両ボーリングの花粉化石群集は、一括してまとめ、下位より、SUWA-I (a, b 亜帯)、II、III (a, b, c 亜帯)、IV、V (a, b 亜帯)、VI、VII (a, b 亜帯)、VIII、IX (a, b, c 亜帯)、X 帯の花粉化石群集帯に分帯する(図4-1、4-2、図5、表1)。以下に各花粉化石群集帯について記載する。

SUWA-I 帯 (GS400: 深度289.15～374.93m)

トウヒ属、マツ属単維管束亜属、ツガ属、モミ属などの針葉樹花粉を多産し、カバノキ属など広葉樹花粉を伴う。また、ハンノキ属、ヤマモモ属を多産するが、とくにヤマモモ属は部分的に顕著に多産する。

本帯の下部のI a 亜帯 (GS400: 深度352.00～374.93m) は、トウヒ属、マツ属単維管束亜属、ツガ属などの針葉樹花粉を多産し、広葉樹花粉をほとんど産出しない。上部のI b 亜帯 (GS400: 深度289.15～349.39m) は、モミ属、カバノキ属が増加し、ヤマモモ属を多産する。また、イネ科、カヤツリグサ科などの草本花粉が増加する(とくにカヤツリグサ科)。

SUWA-II 帯 (GS400: 深度275.60～286.55m)

ブナ属、ニレ属-ケヤキ属、クマシデ属-アサダ属、クルミ属などの落葉広葉樹花粉が目立つようになる。下位のSUWA-I 帯を特徴づけたトウヒ属とマツ属単維管束亜属などの針葉樹花粉は減少し、ヤマモモ属をほとんど産出しない。また、スギ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科が低率ながら連続して産出するとともにハンノキ属が安定して多産する。

SUWA-III 帯 (GS400: 深度243.65～269.50m)

スギ属、コウヤマキ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科などの針葉樹花粉を多産する。下部のIII a 亜帯

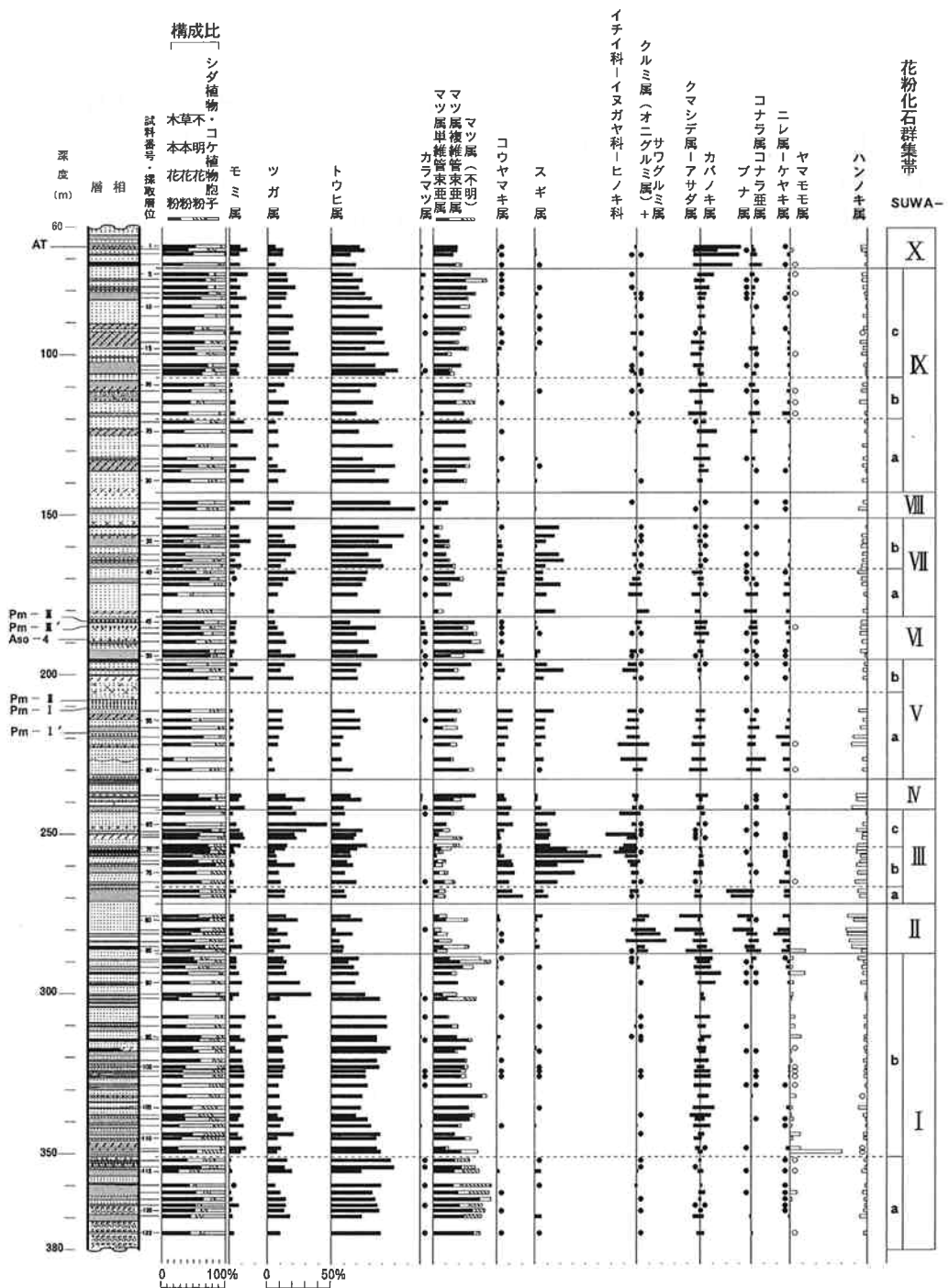


図4-1. 諏訪湖湖底堆積物GS 400ボーリングコアにおける主な木本花粉の変遷  
 各 Taxa の基数  
 木本花粉：ハンノキ属、ヤナギ属、ヤマモモ属を除く木本花粉の合計  
 ただし ヤマモモ属、ハンノキ属は花粉・胞子の合計  
 ●と○は1%未満の産出





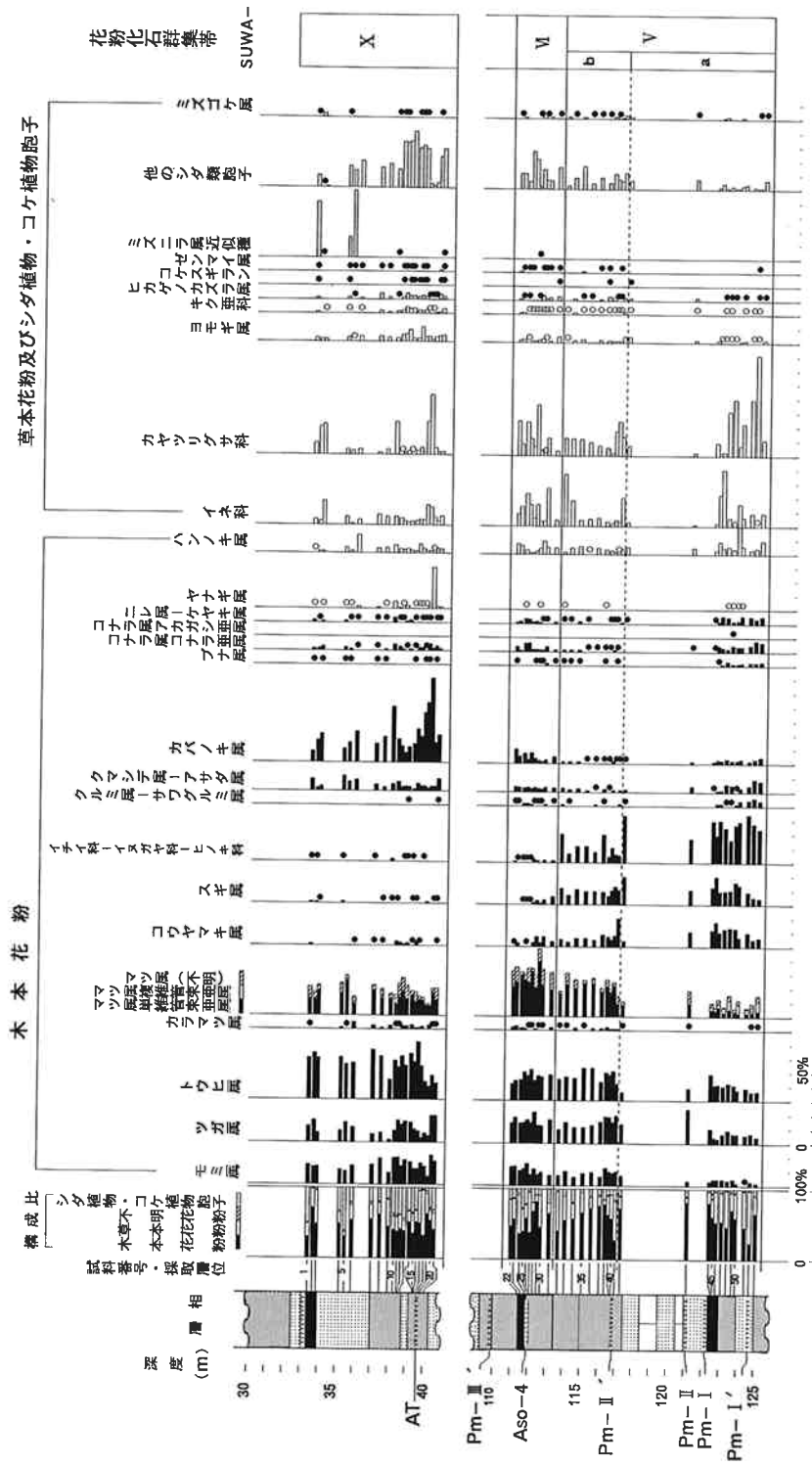


図5. 諏訪湖湖底堆積物GS400ボーリングコアにおける主な花粉・孢子化石の変遷

各Taxaの基数

木本花粉：ハンノキ属、ヤナギ属、ヤマモモ属を除く木本花粉の合計

ただし ヤナギ属、ハンノキ属は花粉・孢子の合計

草本花粉及びシダ植物・コケ植物孢子：花粉・孢子の総合計

●と○は1%未満の産出

(GS400: 深度267.80~269.50m)ではブナ属とコウヤマキ属、中部のIII b 亜帯(GS400: 深度254.77~262.00m)ではスギ属、上部のIII c 亜帯(GS400: 深度243.65~254.13m)ではツガ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科の産出に特徴がみられる。

SUWA-IV帯 (GS400: 深度238.0~241.8m)

マツ属単維管束亜属、ツガ属、トウヒ属などの針葉樹花粉を多産する。スギ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科の産出が低下し、ブナ属などの落葉広葉樹は非常に少なくなる。

SUWA-V帯 (GS400: 深度196.8~230.0m、

63B: 深度113.70~125.04m)

スギ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科、コウヤマキ属などの針葉樹花粉を多産する。下部のV a 亜帯(GS400: 深度211.4~230.0m、63B: 深度117.30~125.04m)ではクマシデ属-アサダ属、クルミ属、コナラ属コナラ亜属(以後コナラ亜属)、ニレ属-ケヤキ属、ブナ属などの落葉広葉樹を多く産出し、上部のV b 亜帯(GS400: 深度196.8~201.2m、63B: 深度113.70~117.01m)ではマツ属単維管束亜属、トウヒ属、ツガ属、モミ属などを多く産出する。

SUWA-VI帯 (GS400: 深度183.6~194.2m、

63B: 深度111.40~113.21m)

マツ属単維管束亜属、ツガ属、トウヒ属などの針葉樹花粉を多産する。低率ながらカラマツ属を連続的に産出する。スギ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科などは非常に少なく、カバノキ属、コナラ亜属、ニレ属-ケヤキ属の落葉広葉樹は上部でやや増加する。

SUWA-VII帯 (GS400: 深度153.77~180.3m)

トウヒ属とスギ属を多産する。トウヒ属は上に向かって増加する傾向がみられる。コウヤマキ属も下位のVI帯と比較して多く産出する。下部のVII a 亜帯(GS400: 深度168.0~180.3m)ではクマシデ属-アサダ属、クルミ属、コナラ亜属、ニレ属-ケヤキ属、ブナ属などの落葉広葉樹、上部のVII b 亜帯(GS400: 深度153.77~166.0m)ではトウヒ属、モミ属などの針葉樹の産出に特徴がみられる。

SUWA-VIII帯 (GS400: 深度146.1~148.2m)

トウヒ属を著しく多産する。ツガ属、モミ属、マツ属単維管束亜属を伴うが、スギ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科、コウヤマキ属などの針葉樹花粉やクマシデ属-アサダ属、クルミ属、コナラ亜属、ニレ属-

ケヤキ属、ブナ属などの落葉広葉樹はほとんど認められない。

SUWA-IX帯 (GS400: 深度76.6~139.4m)

トウヒ属とマツ属単維管束亜属を多産する。モミ属、ツガ属などの産出も多く、スギ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科などは散見される程度である。下部のIX a 亜帯(GS400: 深度123.9~139.4m)ではモミ属、カバノキ属、中部のIX b 亜帯(GS400: 深度109.3~121.0m)ではカバノキ属、クマシデ属-アサダ属、コナラ亜属、ニレ属-ケヤキ属、上部のIX c 亜帯(GS400: 深度76.6~105.9m)ではツガ属、モミ属の産出が目立つ。

SUWA-X帯 (GS400: 深度66.1~74.9m、

63B: 深度33.40~40.11m)

針葉樹花粉のトウヒ属、マツ属単維管束亜属と落葉広葉樹のカバノキ属を多産する。ツガ属、モミ属などの針葉樹花粉の産出も多く、スギ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科、コウヤマキ属などは低率で散見されるにすぎない。

なお、草本植物の花粉と胞子は、全般的にカヤツリグサ科、イネ科や同定が困難なため他のシダ植物胞子として一括したシダ植物胞子が多産する。また、湿地や池沼に分布するガマ属、オモダカ属、フサモ属、ミツガシワ属、ミズニラ属近似種、ミズゴケ属などが産出する。

## 5. 考察

### 5-1. 古環境の変遷

花粉化石群集の変遷をもとに諏訪湖周辺における古環境の変遷を以下に推定する(表1)。推定年代は、A Tの降灰年代を2.5万年前、Aso-4の降灰年代を8.7万年前としたときの平均的堆積速度約2.0m/千年を基に算出した。なお、トウヒ属、マツ属単維管束亜属、ツガ属、モミ属などの針葉樹は、冷温帯から暖温帯に分布する種も含まれるが、ここでは冷~暖温帯要素のスギ属、ブナ属、ニレ属-ケヤキ属、クマシデ属-アサダ属などと産出の増減が相反すること、アカガシ亜属などの暖温帯要素を伴わないことから主に亜寒帯に分布する種からなると考えられる。

表 1. 諏訪湖湖底堆積物の花粉化石群集帯の特徴と古環境変遷および推定年代

花粉化石群集帯 SUWA-	主要・特徴花粉化石		古植生・古気候	火山灰層	推定年代*
X	カバノキ属, トウヒ属, マツ属単維管束亜属		亜寒帯針葉樹林 カバノキ属の灌木を混交	AT	25 29
IX	c	ツガ属, モミ属	亜寒帯針葉樹林		64
	b	カバノキ属, クマシテ属-アサダ属 コナラ亜属, ニレ属-ケヤキ属	冷温帯広葉樹を混交		
	a	モミ属, カバノキ属	亜寒帯針葉樹林 カバノキ属の灌木を混交		
VIII	トウヒ属, ツガ属, モミ属		亜寒帯針葉樹林		67
VII	b	トウヒ属	冷温帯針葉樹林	降水量多	82
	a	クルミ属, クマシテ属-アサダ属 コナラ亜属, ブナ属, ニレ属-ケヤキ属	冷~暖温帯針広混交林		
VI	マツ属単維管束亜属, トウヒ属, ツガ属		亜寒帯針葉樹林	Pm-III Pm-III Aso-4	87 90
V	b	スギ属, マツ属単維管束亜属, トウヒ属, ツガ属	冷温帯針葉樹林	降水量多	Pm-II Pm-III Pm-I Pm-I
	a	イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科, コウヤマキ属	冷~暖温帯針広混交林		
		イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科, クマシテ属-アサダ属, クルミ属, コナラ属, ニレ属-ケヤキ属, ブナ属			
IV	マツ属単維管束亜属, ツガ属		冷温~亜寒帯針葉樹林		110
III	c	スギ属, ツガ属, イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科,	冷温帯針葉樹林	降水量多	115
	b	スギ属	温帯針葉樹林・スギ林の発達		
	a	ブナ属, コウヤマキ属	冷(~暖)温帯針広混交林		
II	ブナ属, ニレ属-ケヤキ属, クマシテ属-アサダ属, クルミ属, コナラ亜属		冷(~暖)温帯落葉広葉樹林		130
I	b	トウヒ属, モミ属, カバノキ属, ヤマモモ属	亜寒帯針葉樹林	カバノキ属の灌木を混交 ヤチヤナギの生育する湿地	140
	a	マツ属単維管束亜属 トウヒ属, ツガ属, マツ属単維管束亜属			

\*: ATを約2.5万年前, Aso-4を約8.7万年前とした場合の平均的堆積速度約2.0m/1000年を基に換算, 単位: 1000年

SUWA-I 帯の時代 (18.5万年前~14万年前)

トウヒ属、マツ属単維管束亜属、ツガ属、モミ属などからなる亜寒帯針葉樹林が成立していたと考えられ、亜寒帯性の気候であったと推定される。上部の I b 帯の時代では、広葉樹花粉のカバノキ属、ヤマモモ属の増加やカヤツリグサ科をはじめとする草本花粉の著しい増加およびミツガシワ属、オモダカ属などの水生植物を伴うことなどにより、ヤマモモ属 (おそらく、*Myrica gale* (ヤチヤナギ))、イネ科、カヤツリグサ科などが生育した湿地的環境が広がったと推定される。

SUWA-II 帯の時代 (14万~13万年前)

ブナ属、ニレ属-ケヤキ属、クマシテ属-アサダ属、クルミ属といった冷~暖温帯落葉広葉樹が分布を広げ、亜寒帯針葉樹が衰退する。この時代に気温が上昇して諏訪湖周辺には冷~暖温帯落葉広葉樹林が分布するようになり、トウヒ属、マツ属単維管束亜属、ツガ属、モミ属などの亜寒帯針葉樹は後背地の標高の高い山に後退したと推定される。

SUWA-III 帯の時代 (13万~11.5万年前)

スギ属、コウヤマキ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科などの冷~暖温帯針葉樹が分布を広げ、森林を形成するようになる。III a 帯の頃は SUWA-II 帯に引き続いて冷温帯落葉広葉樹のブナ属なども分布していたが、III b 帯の頃になるとスギ属が著しく分布を広げスギ林を形成し、III c 帯の頃になるとスギ属がやや衰退し、ツガ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科が分布を広げたと推定される。現在の日本のスギの天然分布は屋久島から東北地方まで広範囲にわたるが、スギの分布密度が高く良好な生育する地域は、最寒月の平均気温が-2.0~4.0℃、最暖月の平均気温が20.0~25.0℃、年平均気温が10.0~14.0℃の冷温帯下部にあり、年間降雨量が2000mm以上の多雨地域であり、分布密度の低い地域も考慮して、全体的にみれば、その分布は年間降雨量が少なくとも1600mm以上の地域に限られてくる(林, 1960; 塚田, 1980)。このことから、SUWA-III 帯の時代は冷~暖温帯性で降水量が1600mm以上の気候であったと推定される。とくに、III b 帯におけるスギ属花粉のピークは、年間降水量2000mm以

上のスギの生育に最も適した気候を示していると考えられる。

#### SUWA-IV帯の時代 (11.5万~11万年前)

マツ属単維管束亜属、ツガ属、トウヒ属などの亜寒帯針葉樹が分布を広げる。気温が低下するとともに降水量も減少し、冷温帯~亜寒帯性の気候になったと推定される。

#### SUWA-V帯の時代 (11万~9.0万年前)

再びスギ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科、コウヤマキ属などの暖温帯~冷温帯針葉樹が分布を広げたと考えられ、再び気温が上昇し、降水量が増加したと推定され、降水量の多い冷温帯性の気候が推定される。前半 (V a 亜帯) は気温の上昇に伴ってクルミ属、クマシデ属-アサダ属、コナラ亜属、ニレ属-ケヤキ属、ブナ属などの落葉広葉樹も分布を広げるが、後半 (V b 亜帯) になるとマツ属単維管束亜属、トウヒ属、ツガ属、モミ属などの亜寒帯針葉樹が分布を広げ、気温が低下したと推定される。

#### SUWA-VI帯の時代 (9.0万~8.2万年前)

マツ属単維管束亜属、ツガ属、トウヒ属などの亜寒帯針葉樹が分布を広げ、森林の構成要素になる。スギ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科などの針葉樹やブナ属などの落葉広葉樹は衰退する。したがって、気温が低下するとともに降水量が減少したと推定され、亜寒帯性の気候であったと考えられる。

#### SUWA-VII帯の時代 (8.2万~6.7万年前)

スギ属が分布を広げたと推定される。気温が上昇し、降水量が増加し、降水量の多い冷温帯性の気候が推定される。この温暖な時期は、SUWA-V帯と良く似ており、前半 (VII a 亜帯) では落葉広葉樹が分布を広げ、後半 (VII b 亜帯) では亜寒帯針葉樹が分布を広げる。しかし、この時代は、SUWA-V帯の時代よりも針葉樹花粉 (とくにトウヒ属) の産出が多く、落葉広葉樹花粉が少ないことから、SUWA-V帯の時代のように気温が上昇しなかったと考えられる。

#### SUWA-VIII帯の時代 (6.7万~6.4万年前)

トウヒ属が優占し、マツ属単維管束亜属、ツガ属、モミ属などからなる亜寒帯針葉樹林が分布を広げる。スギ属、ブナ属などの冷~暖温帯要素の花粉がほとんど認められなくなることから気候は亜寒帯性と推定される。

#### SUWA-IX帯の時代 (6.4万~2.9万年前)

トウヒ属、マツ属単維管束亜属、ツガ属、モミ属などの亜寒帯針葉樹が森林を形成していたと推定される。寒冷な亜寒帯性気候が支配的であり、IX b 亜帯の頃にクマシデ属-アサダ属、コナラ亜属、ニレ属-ケヤキ属などの落葉広葉樹花粉が増加し、これらの植物が分布をやや広げたと考えられ、やや温暖化したと推定される。しかし、気温の上昇と降水量の増加は、スギ属をほとんど産出しないことから、SUWA-II、III、V、VII帯の時代ほどではなかったと考えられる。

#### SUWA-X帯の時代 (2.9万~2.5年前頃まで)

トウヒ属、マツ属単維管束亜属などの亜寒帯針葉樹と落葉広葉樹のカバノキ属 からなる針広混交林が分布するようになったと推定される。IX c 亜帯に引き続いて亜寒帯性気候であったと推定される。なお、西シベリアのオビ川流域における mountain taiga、steppe、forest-steppe、taiga、tundra 域の表層堆積物の花粉分析によると、木本花粉は mountain taiga 域ではモミ属などの針葉樹が優占し、steppe~forest steppe 域ではマツ属 (*Pinus silvestris*) が優占し、Birch forest (forest-steppe) と southern taiga (taiga) の境界付近域ではカバノキ属 (*Betula* sect. *Albae*) が優占し、taiga 域ではカバノキ属 (*Betula* sect. *Albae*) とマツ属 (*P. silvica* と *P. silvestris*) が多産し、tundra ではカラマツ属が多産する (Grichuk 1967)。これと比較すると、本帯におけるカバノキ属の多産は forest steppe~taiga 域のような気候を示しているかもしれない。

以上のように、SUWA-I~X帯間の花粉化石群集の変遷は、相対的に5回の低温 (寒冷~冷涼) な時期と4回の高温 (温暖) な時期のサイクリックな繰り返りである。この中で相対的に低温な時期は、SUWA-I帯、SUWA-IV帯、SUWA-VI帯、SUWA-VIII~IX a 亜帯、SUWA-IX c 亜帯~SUWA-X帯であり、トウヒ属、ツガ属、モミ属、マツ属単維管束亜属などの亜寒帯針葉樹が優占し、これらが森林の主構成要素であったと推定される。一方、温暖な時期は、SUWA-II~III帯、SUWA-V帯、SUWA-VII帯、SUWA-IX b 亜帯であり、ブナ属、クマシデ属-アサダ属、コナラ亜属、ニレ属-ケヤキ属などの落葉広葉樹やスギ属、コウヤマキ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科などの針葉樹といった冷~暖温帯木本植物が分布・生育していたと推定される。低温期→高温期→低温期の間の

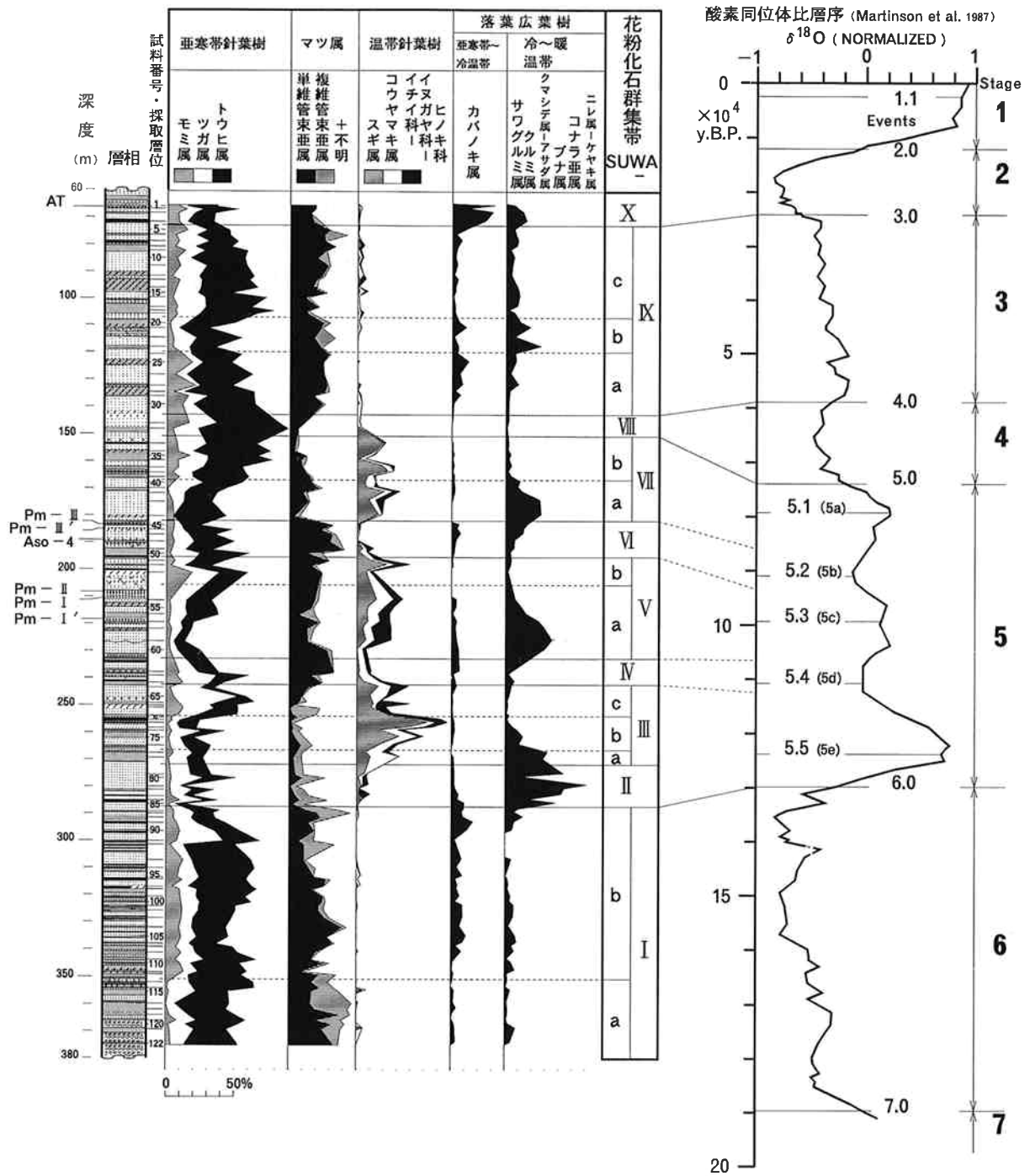


図6. 諏訪湖湖底堆積物GS400ボーリングコアにおける花粉化石群集帯と酸素同位体比層序の対比

森林植生のサイクルは、トウヒ属、マツ属複維管束亜属、モミ属、ツガ属などの亜寒帯針葉樹林からコナラ亜属、ブナ属、クマシデ属-アサダ属、ニレ属-ケヤキ属などの温帯落葉広葉樹林へ、さらにスギ属、コウヤマキ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科などの温

帯針葉樹林へと遷移した後、再び亜寒帯針葉樹林にもどる。4つの温暖な時期のうち、最も暖かな時期はSUWA-II~III帯の時代であり、その後の気温上昇は次第に小さくなったと推定される。

## 5-2. 酸素同位体比 ( $\delta^{18}\text{O}$ ) 層序との対比

諏訪湖湖底堆積物の花粉化石群集の変遷によって明らかになった低・高温期の繰り返しは Hays et al. (1976)、Emiliani (1978) および Martinson et al. (1987) による酸素同位体比層序 ( $\delta^{18}\text{O}$  ステージ) の示す気候変化とほぼ対応しており、図6のように対比される。図6における花粉化石群集は、図4-1に示した主な花粉化石の中のモミ属、ツガ属、トウヒ属を亜寒帯針葉樹、スギ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科、コウヤマキ属を温帯針葉樹、カバノキ属を亜寒帯~冷温帯落葉広葉樹、サワグルミ属+クルミ属+(クマシデ属-アサダ属)+ブナ属+コナラ亜属+(ニレ属-ケヤキ属)を冷~暖温帯落葉広葉樹の気候要素としてまとめたものである。なお、マツ属についてはマツ属単維管束亜属、マツ属複維管束亜属+マツ属(不明)として表示した。

SUWA-I帯は堆積速度から考察すると約14万年前以前の低温期でありステージ6に対比される。SUWA-II~VII帯は約14万~6.7万年前に相当し、全般的に温帯要素が増加するので温暖期であるステージ5に対比される。SUWA-II~VII帯の間では、SUWA-IV帯とSUWA-VI帯が低温期、SUWA-II~III帯、SUWA-V帯、SUWA-VII帯が高温期であり、SUWA-VI帯の堆積物に Aso-4 を挟んでいる。前記したように、Aso-4の降下年代によりSUWA-VI帯はステージ5b(~5a前半)に対比される。これを基準にステージ5に対比されるSUWA-II~VII帯の高温期と低温期をそれぞれ順番に対比するとステージ5におけるaからeまでの高・低温期にそれぞれが対比される。即ち、高温期にあたるSUWA-VII帯、Pm-Iを挟むSUWA-V帯、SUWA-II・III帯はそれぞれステージ5a(5.1)、ステージ5c(5.3)、ステージ5e(5.5)に対比され、低温期にあたるSUWA-IV帯、SUWA-VI帯はそれぞれステージ5b(5.2)、ステージ5d(5.4)に対比される。この対比では、Aso-4を挟む低温期のSUWA-VI帯の時期がステージ5bに対比されているので、Aso-4の降灰時期をステージ5a(5.1)の前半としている町田ほか(1993)と矛盾するかのように見えるが、ステージ5における5a、5c、5eは高温期のピーク、5b、5dは低温期のピークを指しており、一方、花粉化石によるここでの対比はそのピークを含む高・低温期を示すので、町田ほか(1993)と矛盾しない。そして、その

上位のSUWA-VIII帯の低温期はステージ4に、やや温暖化するSUWA-IX帯はステージ3に、再び寒冷化するSUWA-X帯は最終氷期最寒冷期のステージ2に対比される。

## 6. まとめ

① 長野県諏訪湖で実施されたGS400ボーリングのAT、Aso-4、Pm-I'、Pm-I、Pm-II、Pm-IIIを挟む深度約375mから深度66.1mまでの堆積物と63BボーリングのAT層準付近とPm-I'からAso-4層準前後の堆積物について花粉分析を行った。

② 花粉化石群集の特徴により下位よりSUWA-I(a, b 亜帯)、II、III(a, b, c 亜帯)、IV、V(a, b 亜帯)、VI、VII(a, b 亜帯)、VIII、IX(a, b, c 亜帯)、X帯の花粉化石群集帯と亜帯に区分し、古環境の変遷を明らかにした。

③ 花粉化石群集の変遷は、相対的に5回の低温(寒冷~冷涼)期と4回の高温(温暖)期からなり、低温期と高温期のサイクリックな繰り返しであった。低温期はSUWA-I帯、SUWA-IV帯、SUWA-VI帯、SUWA-VIII帯~IX a 亜帯、SUWA-IX c 亜帯~SUWA-X帯であり、トウヒ属、ツガ属、モミ属、マツ属単維管束亜属などの亜寒帯針葉樹が優占した。高温期はSUWA-II~III帯、SUWA-V帯、SUWA-VII帯、SUWA-IX b 亜帯であり、スギ属、コウヤマキ属、イチイ科-イヌガヤ科-ヒノキ科などの針葉樹やブナ属、クマシデ属-アサダ属、コナラ亜属、ニレ属-ケヤキ属などの落葉広葉樹の冷~暖温帯要素が増加する特徴を示した。

④ 低・高温サイクルの植生の変遷は、亜寒帯針葉樹林→温帯落葉広葉樹林→温帯針葉樹林→亜寒帯針葉樹林の順に遷移した。

⑤ これらの低・高温期は、テフラの層序・年代をにより約18.5万年前から約2.5万年前(更新世中・後期)に渡る気候変動を表しており、酸素同位体比( $\delta^{18}\text{O}$ )層序のステージ2~6(Hays et al., 1976; Emiliani, 1978; Martinson et al., 1987)に対比すると考えられた。

謝辞: 本研究は、東京都立大学大学院理学研究科山崎晴雄教授の下で諏訪盆地地域の第四紀地史および地殻変動の研究の一環として進められたものである。本文

はその一部を使用し、加筆したものである。同教授には、本文の本誌掲載に関して快く了承していただいた上にさらに多くのご教示を賜った。ここに記して深く感謝の意を表します。

## 引用文献

- 安間 恵・長岡正利・丹羽俊二・関本勝久・吉川昌伸・藤根 久 (1990) 諏訪湖湖底の構造調査と環境地質。地質学論集, 36, p. 179-194.
- Clair A. Brown(1960) *Palynological techniques*. Louisiana State Univ., pp. 188.
- Emiliani, C.(1978) The cause of the Ice Ages. *Earth Planet. Sci. Letters*, 37, p. 349-352.
- Grichuk, M. P.(1967) The study of pollen spectra from Recent and Ancient Alluvium. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 4, p. 107-112.
- 林弥栄 (1960) 「日本産針葉樹の分類と分布」, 農林出版, pp. 202
- Hays, J. D., Imbrie, J. and Shackleton, N. J.(1976) Variations in the Earth's orbit: Pacemaker of the Ice age. *Science*, 194, p. 1121-1132.
- 町田 洋・新井房夫(1992) 「火山灰アトラス [日本列島とその周辺]」.東京大学出版会,pp. 276.
- 町田 洋・新井房夫・大場忠道 (1993) 最終間氷期における北西太平洋堆積物のテフロクロノロジー。地質学会講演要旨, p. 170.
- Martinson, D. G., Pisias, N. G., Hays, J. D., Imbrie, J., Moore, Jr. T. C., and Shackleton, N. J. (1987) Age Dating and the Orbital Theory of the Ice Ages: Development of a High-Resolution 0 to 300,000-Year Chronostratigraphy. *Quaternary Research*, 27, p. 1-29.
- 松本哲一・宇都浩三・小野晃司・渡辺一徳 (1991) 阿蘇火山岩類のK-Ar年代測定-火山層序との整合性と火砕流試料への適応-。火山学会予稿集, p. 73.
- 長岡正利・安間 恵・半場康弘・古谷正和・小杉正人 (1986) 諏訪盆地における後氷期の変遷史, 概報, 第四紀学会講演要旨, p. 66-67.
- 野尻湖花粉グループ (1984) 野尻湖層および貫ノ木層の花粉化石群集.地団研専報, 27, p. 83-106.
- 野尻湖花粉グループ (1987) 下部野尻湖層III及び(IV)の花粉化石群集と上部野尻湖層の花粉層序的対比.地団研専報, 32, p. 73-93.
- 野尻湖花粉グループ (1993) 野尻湖底ボーリングNJ88試料の花粉化石と古環境変遷. 地団研専報, 41, p. 39-52.
- 野尻湖発掘調査団 (1993) 野尻湖における最終氷期の編年. 地団研専報, 41, p. 67-80.
- 大場忠道 (1991) 酸素同位体比層序からみた阿多テフラ. 月刊地球, 13, p. 224-227.
- 酒井潤一 (1973 a) 長野県中南部における小坂田ローム層降灰期の古気候. 信州大学理学部紀要, 8, p. 37-50
- 酒井潤一 (1973 b) 長野県南部の富士見泥炭層に含まれる花粉化石から推定した気候の変動. 信州大学理学部紀要, 8, pp. 51-63
- Sakai, J. (1981) Late Pleistocene Climatic Changes in Central Japan. *Jour. Fac. Sci. Shinshu Univ.*, 16, 1, p. 1-64.
- 嶋崎統五 (1979) 花粉分析処理法 (篩使用) の紹介. 日本花粉学会会誌, 23, p. 33-45.
- 徳永重元 (1972) 「花粉分析法入門」, ラテイス刊, pp. 185.
- 塚田松雄 (1980) 杉の歴史: 過去一万五千年間. 科学, 50, p. 538-546.
- 山崎晴雄・長岡信治・吉川清志・下川浩一 (1987) 諏訪湖の古環境変遷と地殻変動 (予報). 日本第四紀学会講演要旨集, p. 88-89.
- 山崎晴雄・下川浩一・水野清秀 (1988) 中部日本活構造地域の地震テクトニクスに関する研究 (第I期) 成果報告書, p. 129-138.
- 山崎晴雄・下川浩一・水野清秀・鹿島 薫 (1991) 中部日本活構造地域の地震テクトニクスに関する研究 (第I期, 第II期) 成果報告書, p. 69-79.
- 吉川周作・井内美郎 (1993) 琵琶湖高島沖ボーリング火山灰から見た中期更新世~完新世の噴火活動史. 地球科学, 47, p. 97-109.