

G2437

中央開発(株)

目的：堆積年代と地層対比。

秋田県能代地域  
地質調査ボーリングの  
化石層位学的分析調査報告書

バリノ・サーヴェイ株式会社

平成 14 年 月

中央開発 株式会社 殿

件名 秋田県能代地域 地質調査ボーリングの化石層位学的分析調査

**パリノ・サーヴェイ株式会社**

本社 〒103-0023 東京都中央区日本橋本町 1-10-5

TEL 03-3241-4566 , FAX 03-3241-4597

研究所 〒375-0011 群馬県藤岡市岡之郷戸崎 559-3

TEL 0274-42-8129 , FAX 0274-42-7955

ご依頼を頂きました上記件の調査が終了しましたので、その結果をご報告いたします。

## 秋田県能代地域 地質調査ボーリングの化石層位学的分析調査報告書

1 . 試料および目的	1
2 . 分析方法	1
3 . 結果と考察	2
3 - 1 . 珪藻化石	2
3 - 2 . 有孔虫化石	19
3 - 3 . イオウ含有量	20
3 - 4 . 花粉化石	20
4 . まとめ	29
引用・参考文献	30

表 1 . 試料表

表 2-6 . 珪藻化石分析結果

表 7 . 珪藻の生態性

表 8 . 有孔虫化石分析結果

表 9 . イオウ含有量測定結果

表 10-12 . 花粉化石分析結果

表 13 . 局地花粉化石群集帯と対比案

図 1-5 . 珪藻化石群集組成

図 6-8 . 花粉化石群集組成

図 9 . 局地花粉化石群集帯と対比案

図版 1 . 珪藻化石

図版 2 . 有孔虫化石

図版 3 . 花粉化石

## 1．試料および目的

秋田県八郎潟、能代の沿岸地域において、地下地質層序を明らかにすることを目的としてボーリング調査が行われ、得られたコア試料について微化石とイオウ含有量の分析を実施した。この調査によって得られた分析結果と、これに基づいた古環境・地質時代に関する考察を行った結果を報告する。

分析は、珪藻化石分析を 57 試料、花粉化石分析を 41 試料、有孔虫化石分析を 9 試料とイオウ分析を 9 試料について実施した。分析に供した試料を表 1 に示す。

## 2．分析方法

### 2 - 1．珪藻化石

試料約 10g について、過酸化水素水と塩酸により泥化と有機物の分解・漂白を行う。分散剤を加えた後、蒸留水を満たし放置する。その後、上澄み液中に浮遊した粘土分を除去したうえで、珪藻殻の濃縮を行う。この操作を 4 ~ 5 回繰り返す。次に、L 字形管分離で砂質分の除去を行い、検鏡し易い濃度に希釈し、カバーガラス上に滴下して乾燥させる。乾燥した試料上に封入剤のプリユラックスを滴下し、スライドガラスに貼り付け永久プレパラートを作製する。

検鏡は、油浸 600 倍または 1000 倍で行い、メカニカルステージを用い任意に出現する珪藻化石が 200 個体以上になるまで同定・計数した。なお珪藻殻が半分以上破損したものについては同定・計数は行っていない。珪藻の同定と種の生態性については、Hustedt(1930-1966)、Krammer & Lange-Bertalot(1986 ~ 1991)、Desikachary(1987)などを参考にした。

### 2 - 2．有孔虫化石

硫酸ナトリウム法により試料を泥化し、0.125mm の標準篩により篩い分けをして得られた砂粒を実体顕微鏡により観察し、検出される有孔虫を同定・計数した。泥化处理の詳細については、高柳 編(1978)を参照されたい。

同定・計数は底生種 200 個体を目安とし、同時に産出する浮遊性種も同定・計数し、全有孔虫に占める浮遊性種の割合も測定することとした。

### 2 - 3．イオウ含有量

微粉碎試料 100mg 前後をスズカプセルに精秤し、C H N S / O 元素分析装置 (PERKIN ELMER2400 ) に挿入する。挿入した試料を酸素気流中で高温燃焼させ、燃焼生成したガスをフロントアルクロマトグラフ法により展開し、熱伝導度検出器(TCD)により測定する。測定値と加熱減量法で求めた試料中の水分から、乾土あたりの硫黄量(T-S%)を算出する。

### 2 - 4．花粉化石

花粉・孢子化石の抽出方法は、以下の手順で行った。

試料を 10g 前後秤量する。塩酸処理により炭酸塩鉱物を溶解し、遠心分離法により水洗を繰り返して除去する。フッ化水素酸処理により試料中の珪酸質を溶解し、遠心分離法により水洗を繰り返して除去する。残渣沈殿物に重液 (ZnBr<sub>2</sub> 比重 2.2) を用いて鉱物質と有機物を分離させ、浮上した有機物を濃集する。有機物残渣を遠心分離法により水洗を繰り返して洗浄する。有機物残渣に氷酢酸を用いて脱水した後、アセトリシス処理 (濃硫酸 : 無水酢酸 = 1 : 9) を行い植物遺体中のセルロースを加水分解する。その後、遠心分離法により氷酢酸に置換し、さらに遠心分離法により水洗を繰り返して、酸分を除去する。最後

に KOH 液 (10%) 処理により腐植酸を溶解し、遠心分離法により水洗を繰り返して腐植酸と KOH を十分に除去する。

検鏡に当たり、プレパラートの作成は、タッチミキサーでよく攪拌した直後の残渣液を木本花粉の合計が 200 個体以上になるようにマイクロピペットで適量とり、グリセリンで封入する。検鏡は、生物顕微鏡のプラン・アポクロマート対物レンズを用い、通常 400 ~ 600 倍 (必要に応じて 1000 倍) で観察し、木本花粉の合計が 200 個体以上になることを目安として、プレパラートの 2/3 ~ 全面を走査し、その間に出現した全ての種類 (Taxa) について同定・計数する。ただし、花粉化石の産出が非常に少ない試料はプレパラート 1 ~ 2 枚を観察する。

### 3 . 結果と考察

#### 3 - 1 . 珪藻化石

分析に用いた試料は、B6N 試錐から 27 試料、B8N 試錐 12 試料、B9N 試錐 1 試料、B1H 試錐 5 試料、B4H 試錐 3 試料、B7Y 試錐 1 試料、B9Y 試錐 1 試料、G1H 試錐 1 試料、G2H 試錐 1 試料、G3H 試錐 1 試料、G4H 試錐 1 試料、G12N 試錐 1 試料、G13N 試錐 1 試料、G14N 試錐 1 試料の計 57 試料である。

分析結果を表 2 ~ 6 に示す。表中には、塩分濃度に対する適応性により海水生、海水 ~ 汽水生、汽水生、淡水生に生態分類し、さらにその中の淡水生種は、塩分、pH、水の流動性の 3 適応性についても生態分類して表中に示した。なお、珪藻の生態性 (塩分・pH・流水) と生育環境の詳細については表 7 を参照されたい。

堆積環境の変遷を考察するために珪藻化石が 100 個体以上検出された試料について珪藻化石群集変遷図を作成した (図 1 ~ 5)。出現率は化石総数を基数とした百分率で表し、2% 以上の出現率を示す分類群についてのみ表示した (図中の 印は、総数が 100 個体以上産出した試料うち 1% 以下の種を、 印は総数 100 個体未満の場合の産出を示す)。図中には、海水生・汽水生・淡水生種の相対頻度と淡水生種を基数とした塩分・pH・流水の相対頻度について図示した。

また、結果表に記載した試料中の化石全体の保存状態 (Preservation) と産出頻度 (Abundance) は、以下に示すような基準に基づいた。

保存状態 (Preservation) の目安としては、G (Good): 良好: 殻は溶解 (破損) を受けていない。M (Moderate): 普通: 一部に溶解 (破損) した個体が認められる。P (Poor): 不良: 殆どの殻が溶解 (破損) の形跡が認められる。V P (Very poor): 極不良: すべての殻が、溶解の痕しており、種の同定が容易でない。V V P (Very Very poor): 極極不良: すべての殻が、殆ど溶解しているため種の同定が困難。

産出頻度 (Abundance) の目安は、A (Abundant): 1 mm<sup>2</sup> 中に 50 個体以上。C (Common): 1 mm<sup>2</sup> 中に 10 個体以上。F (Few): 2 mm<sup>2</sup> 中に 10 個体以上。R (Rare): 2 mm<sup>2</sup> 中に 1 個体以下。V R (Very Rare): 4 mm<sup>2</sup> 中に 1 個体程度。V V R (Very Rare): 4 mm<sup>2</sup> 中に 1 個体以下である。

分析結果の概要と推定される環境について、試錐毎に述べる。

## B6N 試錐

本試錐では、27 層準の分析が行われ、26 層準から珪藻化石が検出された。ただし、産出をみた 26 層準のうち 17 試料については産出率が低く、1 プレパラート中 100 個体に満たない。検出された種群は、海水生種から淡水生種におよび、産状は層位によって異なっている。産状は、下位層準においては殆ど海水生の種群で構成されるが、D16 試料から上位では D2 試料を除いて淡水生種が優勢であり海水生種は低率にしか認められない。D2 試料については、海水～汽水生種および汽水生種主体の群集が認められる。

本試錐では、珪藻化石の産状から 9 つの化石帯(B6N- ~ 帯)に分帯される。

### B6N- 帯(B6N-D27 ~ D17 試料)

本帯は全体に産出率が低く、100 個体以上の化石が検出されたのは、D23 層準のみである。確認された種群は、海水生種を主体に低率に汽水生種および淡水生種の止水性種と陸生珪藻と呼ばれる種群を伴う群集である。検出された主な種類は、海水生種の *Actinoptychus senarius*、*Coscinodiscus marginatus*、*Neodenticula kamschatica*、*Paralia sulcata*、*Rhizosolenia barboi*、*Rhizosolenia* spp.、*Thalassionema nitzschioides*、海水～汽水生種の *Cyclotella striata*、淡水生種で止水性種の *Aulacoseira granulata* 等である。

本帯の群集は、概ね海水生種群で構成される。そのため、単純に主要構成種群から堆積時の環境を推定すれば海域ということになる。しかし、本帯の海水生の種群については、*Neodenticula kamschatica*、等の鮮新世末の絶滅種が認められること、群集としてみると構成が貧弱であること、いずれの種も殻のシリカの沈着が厚い種あるいは生育時の生産性が高い種である。このことから考えると、本帯に認められた海水生の種群は、選択的に残った二次化石群集の可能性がある。堆積時の群集を構成する種群のうちの大半は、完全に溶解消失したものと考えられる。

堆積環境については、多産種とそれらに付随して産出した稀産種を併せて考察する必要があるが、稀産種も海水生種の絶滅種が殆どで若干の淡水生種が検出されたにすぎない。通常は、多産種を中心に考察しなければならないが、本試料においては一つの問題がある。それは、絶滅種の多産である。本試料の採取層準は他の資料から時代は少なくとも更新世以降であることが明らかにされていることから、鮮新世等の絶滅種は、明らかに二次化石であることは疑いの余地がない。その場合、絶滅種については二次化石として除いて考えることが可能であるが、絶滅種以外の現生する種については、その出現が最近のものであれば問題はないが、本試料に認められた海水生種は、その出現が新第三紀以前に遡る種類であり、出現以降は形態も変えることなく現在まで生存を続けている種群である。鮮新世等に絶滅したことが明な種類は、本試料では数%程度であるが、それ以外の海水生種も絶滅種が生存した時代に生育していた種群の可能性も考えられる。つまり、殆どすべての海水生種は二次化石の可能性があるということである。これまでの例では、沖積の場合は特に、沖積層が堆積した時期に生育した種はすべて溶解消失してしまい、強固な二次化石のみが残存している例も少なくない。二次化石は、元来強固な殻の種が多い傾向にあるが、一度、地層中において殻の表面が他の物質が被覆するなど、溶解に耐えうる条件が整ったために、より残りやすい傾向にあるものと思われる。そのため、陸域等で好氣的な環境では、バクテリアなどによる土壌生成作用により比較的簡単に分解されてしまうような状況

下にあっても分解されない可能性がある。本試料の群集も多産種あるいは稀産種のいずれも、元来、珪酸分の沈着が厚いために溶解しにくい個体と考えられる種類が多い。また、化石として残るには生育時におけるその種の生産量にも大きく関係があることが考えられ、生育時に多い種ほど残る確立も高く、その分検出率も高くなることは容易に予想される。本試料からの産出種では、殻が強固なものとして、*Neodenticula kantschatica*、*Coscinodiscus marginatus* 等、生産量が多いものとして、*Coscinodiscus marginatus*、*Paralia sulcata*、*Thalassionema nitzschioides* 等を上げることができる。この点を考慮すると、本試料に認められた海水生種は、絶滅種に限らず、殆どの構成種が二次化石の条件を満たしている。

今回の場合のような堆積層の場合、二次化石を除去する手段は無いに等しいが、唯一の可能性としては、海水生の種群については、絶滅種を除く群集については、多様度の低い群集は二次化石群集を警戒しながら判断を下し、同時に、沿岸の汽水域および陸域の種群に着目した判断を行うというものである。具体的には、まず、海水生種の多様度が極端に低い群集については、すべてが二次化石群集と仮定する。陸域での堆積に着目するのは、一つには陸域での堆積の場合、それが水域であればある程度の種の多様性があり、同様な生態性の群集の量とそれらが共存するか否かをみることで現地・異地の判断を行う。他方、離水した場所の場合、好気的な環境下での堆積の場合は、分解促進により珪藻化石自体が残りにくいいため、一部の強固な殻の存在以外は認められないかあるいは皆無であることが多いことに着目して解析を行う。

以上のことを考慮して解析すると、本分析試料の傾向としては、海水生種は絶滅種が認められるだけでなく、その他の種群は多様度が低いことから海水生種群の大半は二次化石と判断される。堆積時の環境を示すのは、海水生種中の沿岸性種群の一部と海水～汽水生種ないしは淡水生種と判断される。沿岸性の種群とは、*Paralia sulcata*、*Thalassionema nitzschioides* 等である。勿論これらも二次化石を含む可能性もあるが、保存状態等が一定していない点では、両方が含まれる可能性がある。陸域の淡水生種は、本帯の場合は止水性の浮遊性種であり、池沼あるいは湖沼などのある程度の水深のある水域に生育する種である。このような珪藻化石の産状と堆積層の層相も考慮して堆積の環境を考えると、本帯の場合は、浅い海域から沿岸の低地に至る場所であった可能性が考えられる。堆積自体は陸ではなく海域である可能性が高い。おそらく途中で離水したり、本帯が堆積後に完全に離水した際に、地層中の大半の珪藻殻は分解焼失した可能性が高い。

#### B6N- 帯 (B6N-D16～D13 試料)

本帯は、淡水生種を主体とした群集が認められた。珪藻化石が比較的多く検出された試料における淡水生の群集の特徴については、生態性（珪藻の 3 つの適応性：水中の塩分・pH・流水に対する適応性）について整理した結果について述べる。

まず、塩分に対する適応性は、淡水中の塩類濃度の違いにより区分したもので、ある程度の塩分が含まれたほうがよく生育する種類は好塩性種とし、少量の塩分が含まれていても生育できるものを不定性種、塩分が存在する水中では生育できないものを嫌塩性種として区分している。これは、主に水域の化学的な特性を知る手がかりとなるが、単に塩類濃度が高いあるいは低いといったことが分かるだけでなく、塩類濃度が高い水域というのは



概して閉鎖水域である場合が多いことから、景観を推定する上でも重要な要素である。

結果は、貧塩 - 不定性種が優占しており、全体の約 70 ~ 95 % を占めている。貧塩 - 好塩性種は、5% 以下であり極めて低率にしか認められない。

次に pH に対する適応性とは、アルカリ性の水域に特徴的に認められる種群を好アルカリ性種、逆に酸性水域に生育する種群を好酸性種、中性の水域に生育する種を不定性種としている。これも、単に水の酸性・アルカリ性のいずれかがわかるだけでなく、酸性の場合は湿地であることが多いなど、間接的には水域の状況を考察する上で必要不可欠である。

結果は、好アルカリ性種が優占し、60% 前後を占めている。好酸性種は、D16 試料で 15% 程度の産出をみる以外は 5% 以下であり極めて低率である。

流水に対する適応性は、流れのある水域の基物（岩石・大型の藻類・水生植物など）に付着生育する種群であり、特に常時流のあるような水域でなければ生育出来ない種群を好流水性種、逆に流れのない水域に生育する種群を好止水性種として区分している。流水不定は、どちらにでも生育できる可能性もあるが、それらの大半は止水域に多い種群である。なお、好流水性種と流水不定性種の多くは付着性種であるが、好止水性種には水塊中を浮遊生活する浮遊性種も存在する。浮遊性種は、池沼あるいは湖沼の環境を指標する。

結果は、流水不定性種が優占し、全体の約 60% を占めている。他は、流水性種が 15 ~ 25% 程度認められる以外、止水性種は数% と低率にしか認められない。

なお、淡水生種の中には、水中から出て陸域の乾いた環境下でも生育する種群が存在し、これらを陸生珪藻と呼んで、水中で生育する種群と区分している。陸生珪藻は、陸域の乾いた環境を指標することから、古環境を推定する上で極めて重要な種群である。水生珪藻と陸生珪藻の比率は、本試料では水生珪藻が優占し 70 % 以上を占める。陸生珪藻は 20 ~ 30% 程度認められる。多産あるいは優占した種は、淡水 ~ 汽水生種の *Rhopalodia gibberula*、淡水生種で流水性種の *Achnanthes lanceolata*、*Cymbella sinuata*、流水不定性種の *Achnanthes minutissima*、陸生珪藻の *Hantzschia amphioxys*、*Navicula mutica* 等である。次に以上の優占種の生態性あるいは生育環境について述べる。

まず、淡水 ~ 汽水生種とした *Rhopalodia gibberula* は、好塩性種であり、海成層から検出された例も報告されている（安藤・南雲、1983 ; etc.）。また、田中（1987）によると、群馬県で発掘された古代水田からも本種が多産しており、当時の水田土壌に、多量に出現したことは、水田の水が塩類を豊富に含んでいたことを示しているとしている。さらに、奥平温泉（田中・中島、1985）、四万温泉（福島、1950）など塩類を多く含んだ温泉からの報告も多い。さらに Choinoky(1983)によれば、本種は高 pH の水域を好むとされる。好流水性種の *Achnanthes lanceolata* は、安藤(1990)によれば、河川の中 ~ 下流部、すなわち、河川沿いに河成段丘、扇状地、自然堤防および後背湿地といった地形がみられる部分に集中して出現し、他の地域には出現しなかったり、出現しても主要でないことから、この地域を指標する可能性が大きい種群とされ、中 ~ 下流河川指標種群と呼ばれる。流水不定性種の *Achnanthes minutissima* は、広域適応種であり、強酸性水域やかなり水質が悪化した水域にも単独で出現する。*Hantzschia amphioxys* および *Navicula mutica* は陸生珪藻と呼ばれる。陸生珪藻とは、水中や水底の環境以外のたとえばコケを含めた陸上植物の表面や岩石の表面、土壌の表層部など大気に接触した環境に生活する一群（小杉、1988）である。特に、本試料から産出した陸生珪藻は、離水した場所の中で乾燥に耐えうることのできる

群集とされる（伊藤・堀内、1989；1991）。また、堆積物の分析を行った際、これらの種群が優占（70～80%以上）する結果が得られれば、その試料が堆積した場所は、水域以外の空気に曝されて乾いた環境であったことが推定できるとしている。

以上の優占種の特徴と、流水不定性種と止水性種を中心に構成されるものの流水性種も卓越した傾向にあることから、周囲からの水の流れ込みが多い沼沢地の環境が推定される。ただし、好気的な場所も多く、水域と離水した場所が複雑に分布する場所であった可能性が高い。

#### B6N- 帯 (B6N-D12～D11 試料)

本帯は、産出率が低く D12 試料から 11 個体の産出を見たにすぎない。検出された種群は、帯で認められたと同様の海水生種である。

産出率が低いために詳細を言及することは差し控えたいが、本帯の場合は、検出された海水生の種群はすべて二次化石である可能性が高く、海水の影響によるものではないと考えられる。おそらく陸域で好気的な環境下のために、堆積時に生育した珪藻はすべて分解消失したものと思われる。

#### B6N- 帯 (B6N-D10 試料)

本帯には、比較的多くの珪藻化石が検出された。検出された珪藻化石群集は、淡水生種と主体に海水生種、海水～汽水生種および汽水生種を伴う種群で構成される。

淡水生の群集を珪藻の 3 適応性(塩分・pH・流水)でみると以下のような特徴が認められた。まず、塩分に対する適応性は、貧塩 - 不定性種が約 75 % を占めており、他は貧塩嫌塩性種および不明種がそれぞれ 10% 程度であり、貧塩 - 好塩性種は、5% 程度と低率にしか認められない。pH に対する適応性は、好アルカリ性種が 60% 前後を占めており、pH 不定性種が約 20%、好酸性種が 15% 程度の産出率を示している。流水に対する適応性は、流水不定性種が優占し全体の約 60% を占めている。他は流水性種および止水性種がそれぞれ 20% 前後認められる。水生珪藻と陸生珪藻の比率は、本帯も水生珪藻が優占し 90 % 以上を占める。陸生珪藻は 10% 以下である。

多産あるいは優占した種としては、特に目だって高率な種は少ないが、しいていえば淡水生種で流水性種の *Cymbella sinuata*、流水不定性種の *Cocconeis placentula*、*Navicula rhynchocephala*、陸生珪藻の *Navicula mutica* 等である。本帯は、種の産出率にばらつきがあり、また特徴を捉えにくい傾向にあり、若干混合群集の様相を呈している。

上記の優占種の生態性あるいは生育場所等の特徴としては、まず流水性種の *Cymbella sinuata* は河川等の常時水の流れがある水域に特長に認められる種である。流水不定性種の *Cocconeis placentula* および *Navicula rhynchocephala* は比較的広域に認められる種であり、広域適応種とされているが、一般には沼沢に認められる場合が多い種類である。

以上の種群と他の産出率の低い種群の構成から堆積時の環境を考えると、流水性種および止水性の種群を伴い、やや混合群集の様相を呈する点では、基本的に沼沢湿地の環境と推定される。

B6N- 帯 (B6N-D9 ~ D7 試料)

本帯は、産出率が低くいずれの層準も 100 個体に満たない。検出された種群は、帯等で認められたと同様の海水生種であり、種構成および産出率の点では帯に近似している。

本層準も検出された海水生種群は二次化石である可能性が高い。おそらく好気的な環境下のために、堆積時に生育した珪藻はすべて分解消失したものと考えられる。

B6N- 帯 (B6N-D6 ~ D5 試料)

本帯は無化石に等しい。淡水生の陸生珪藻が認められたにすぎない。好気的環境下で堆積したために分解消失したものと思われる。なお、このような好気的環境により珪藻殻が分解したと考えられる堆積物は低地等における氾濫堆積物などの一過性の堆積物である場合が多い。

B6N- 帯 (B6N-D4 試料)

本帯ではある程度の量の珪藻化石が認められた。認められた種群は淡水生種のみ組成である。淡水生の群集を珪藻の 3 適応性(塩分・pH・流水)をみると次のような特徴が認められた。塩分に対する適応性については、貧塩 - 不定性種が約 80%を占めており、他は貧塩 嫌塩性種および不明種がそれぞれ 10%程度である。貧塩 - 好塩性種は、皆無である。pH に対する適応性は、好アルカリ性種が約 50%、pH 不定性種が約 30%、好酸性種および pH 不明種がそれぞれ 10%前後の産出率を示している。流水に対する適応性は、流水不定性種が約 75%を占めている。その他は、止水性種が約 15%、流水不明種が約 10%程度認められる。流水性種は皆無である。水生珪藻と陸生珪藻の比率は、陸生珪藻が優占しており約 70%を占めている。水生珪藻は 30%程度である。多産した種類は、*Hantzschia amphioxys*、*Navicula mutica*、*Pinnularia borealiss* 等である。以上の陸生珪藻の生態については前述の通りである。

したがって、本層準の堆積時は、水の影響が少ない好気的な環境であったと推定される。好気的な環境とは、大気に曝された環境であるが、景観としては低地などにみられる通常は直接的に水の影響の無い草地等の環境である。

B6N- 帯 (B6N-D3 ~ D2 試料)

本帯は比較的多くの珪藻化石が検出された。検出された群集は、海水～汽水生種を主体に海水生種、汽水生種および淡水生種を伴う種群で構成される。特徴に認められた種類は、海水～汽水生種の *Diploneis smithii*、*Navicula marina*、汽水生種の *Nitzschia granulata* 等である。以上の種類の生態性は、海水～汽水生種の *Diploneis smithii* および *Navicula marina* は、海水泥質干潟指標種群(小杉、1988)とされ、塩分濃度が 12 パーミル以上の水域の泥底や閉塞性の高い塩性湿地などに付着生育する種群の中の一つである。*Nitzschia granulata* は、*Diploneis smithii* と同様に海水泥質干潟(小杉、1988)の指標種の中でも代表的な種であり、閉塞性の高い塩性湿地や泥質の干潟域のなどに泥底に付着生活する種である。よって、本帯の堆積時は、常に海水と淡水の影響を受けるような内湾の遠浅地や河口の砂泥地(砂～泥質干潟)のような環境が推定される。

#### B6N- 帯 (B6N-D1 試料)

本帯も比較的多くの珪藻化石が検出された。確認された種群は、淡水生種を主体として淡水～汽水生種、汽水生種および極低率に海水生種も伴っている。多産あるいは卓越して認められた種は、汽水生種の *Navicula pseudocrucicula*、淡水～汽水生種の *Navicula capitata*、*Navicula pygmaea*、淡水生種の *Navicula digitoradiata*、*Navicula rhynchocephala*、淡水生種で止水性種の *Fragilaria construens* fo. *venter* 等である。以上の種群の生態性については、詳細が明らかにされている種が少ないが、*Navicula pseudocrucicula* は、おおむね淡水の影響で汽水化した海域に生育していることは確かである。淡水～汽水生種の *Navicula capitata* および *Navicula pygmaea* は前者はアルカリ性、流水性であり、淡水を中心にやや汽水化した水域まで認められることから広域適応種とされ、後者は同じくアルカリ性種、流水には不定で本帯も広域適応種とされる。淡水生種とした *Navicula digitoradiata* は、一般には塩分不定、アルカリ性、流水不定とされるが、経験的にはやや塩分濃度の高い水域に認められることが多い。*Navicula rhynchocephala* は塩分不定、アルカリ性、流水不定であり、また好塩性、富栄養性、中腐水性とする研究者もある。好止水性種の *Fragilaria construens* var. *venter* は、一般に貧栄養～中栄養の水域に広く分布する (Patrick and Reimer, 1975) とされる。また、Krammer and Lange-Bertalot (1990) によれば、やや貧栄養な水域に認められるとされる。

以上のような多産種の特徴から堆積時の環境としては、沿岸部において海水の影響により塩分濃度が上がった塩性の湿地の環境が推定される。

#### B8N 試錐

本地点では、12層準の分析が行われ、1試料を除く11試料からは珪藻化石が検出された。ただし、産出量は層準によってかなり異なっている。珪藻殻の保存状態は、層位によって異なり、下位では半壊しているだけでなく溶解の痕跡が認められる殻が多い傾向にあるが、上位では半壊してはいるものの溶解の程度は低く下位に比較すれば良好である。検出された種群は、海水生種から淡水生種におよぶが下位と上位の一部では海水生種が卓越する傾向にあり、上位では淡水生種が優占して検出されている。

本地点は、珪藻化石の産状により、大きく6つの化石帯(下位から B8N- ~ 帯)に分帯される。以下、化石帯毎に結果記載と堆積時の環境の推定を行う。

#### B8N- 帯 (D12-D7 試料)

本帯は、全体に珪藻化石の産出率は低く、D10 試料以外は1プレパラートから100個体未満である。認められた珪藻殻の保存状態は、半壊した殻が多いものの溶解の程度は低く、やや不良である。

確認された群集は、海水生種を主体に極低率に海水～汽水生種および淡水生種を伴うものである。優占あるいは多産した種類は、海水生種の *Coscinodiscus marginatus*、*Paralia sulcata*、*Thalassionema nitzschioides* 等である。また、多産はしないもののほぼ連続的に産出した種として、*Neodenticula kamschatrica* をあげることができる。

以上の傾向は、B6N の 帯と同様であり、海水生種は絶滅種が認められ、その他の種群は多様度が低いと認められた海水生種群の殆どは二次化石と考えられる。堆積時の環境

を示すのは、沿岸性の種群の一部(*Paralia sulcata*、*Thalassionema nitzschioides* 等)と海水生種以外の種類と考えられる。淡水生種は、止水性種が連続的に産出しているほかは湿地性の種群の混合群集である。よって、本帯の場合も二次化石を多量に含んでいること、淡水生種は湿地性および池沼に生育する種群が低率に認められたことから、静穏な環境下で堆積したものと考えるににくい。おそらく浅い海域から沿岸の低地に至る堆積域であり、実質、沿岸海域である可能性が高い。

#### B8N- 帯(D6 試料)

本帯では比較的多くの珪藻化石が検出された。珪藻殻の保存状態は、半壊した殻が多いものの溶解の程度は低く、状態は普通からやや不良である。検出された群集は、淡水生種を主体として海水生種、海水～汽水生種、汽水生種を伴う種群で構成される。淡水生の群集を珪藻の3適応性(塩分・pH・流水)をみると次のような特徴が認められた。塩分に対する適応性については、貧塩-不定性種が約60%を占めており、他は貧塩-嫌塩性種および貧塩-好塩性種がそれぞれ15%程度産出している。pHに対する適応性は、好アルカリ性種が約50%、pH不定性種が約20%、好酸性種が約15%の産出率を示している。流水に対する適応性は、流水不定性種が約60%を占めている。その他は、流水性種が約20%、止水性種が約10%、流水不明種が約5%認められる。水生珪藻と陸生珪藻の比率は、水生珪藻が優占しておりおおむね90%を占めている。陸生珪藻は低率にしか認められない。多産または優占した種類は、全体に産出率がばらついているために特に特徴的な種が認めにくい。がしいていえば、汽水生種の*Navicula peregrina*、淡水～汽水生種の*Navicula gregaria*、*Rhopalodia gibberula*、淡水生種で流水性種の*Gyrosigma scalpoides*、流水不定性種の*Gomphonema parvulum*、陸生珪藻の*Hantzschia amphioxys* 等である。

以上の種類の生態性あるいは生育環境は、まず汽水生種の*Navicula peregrina* は、沿岸の汽水域に生育する種類であり、弱アルカリ性の水域を好むこと以外は詳細が明らかにされていない。淡水～汽水生種とした*Navicula gregaria* および*Rhopalodia gibberula* は、本来は淡水生種であるが、海水の影響を受けてやや塩分濃度が上がった水域にも認められる。広域適応の種類である。流水不定性種とした*Gomphonema parvulum* は流水に対して不定だけでなく、塩分濃度やpHに対しても不定であり、極めて高い適応能力を持つ種であり、さまざまな水域に認められる。そのため、Asai and Watanabe(1995)は、広域適応種としている。

なお、上記以外の種群の特徴は、流水不定性種・好アルカリ性種が多いものの、好止水性種、流水不明種および陸生珪藻を伴うほか、好流水性種もある程度認められるなど分類群の生態性にはばらつきがある。このような特徴から考えると、本帯の群集は明らかに混合群集である。淡水生種群の混合群集とは、基本的に生育環境を異にする種群で構成され、また、検出種数が多い群集とされ(堆積物中からの産出率は低い割に構成種数は多い)、流れ込み等による二次化石種群を多く含む群集とされる(堀内ほか、1996)。混合群集は、一般には低地部の氾濫堆積物などの一過性堆積物で認められる場合が多いが、この場合は検出率が低い傾向にある。他方、一過性ではなく定期的に堆積物が供給されるような場所の場合、例えば河口付近や湿地等において同様な環境が長期間続いた場合も混合群集が認められるが、この場合は長い間に徐々に堆積して行く中で珪藻の生産が繰り返し行われるこ

と、堆積物の表層部付近での自然の攪乱が行われること、多少の流れ込みもあることなどから検出率はやや高い傾向にある。いずれにしても、混合群集の場合は珪藻の群集のみならず堆積層の観察も含めた慎重な解析が必要となる。

よって、本帯は、混合群集ではあるが、化石自体がある程度認められた事から、長い間に徐々に堆積したものであり、周辺からの流れ込みの影響が比較的強い環境下の堆積物であると考えられる。おおむね低地部の沼沢湿地の環境が推定される。

#### B8N- 帯 (D5 試料)

本帯もある程度の量の珪藻化石が検出された。化石の保存状態としては、殆どの個体が半壊しており、分類群によってはかなり溶解した個体が認められ、全体には保存不良である。保存状態については、分類群による差が大きく、海水生種は半壊しているのみであるが、淡水生種は溶解したものが多く認められた。認められた種群は海水生種を主体として、極低率に淡水生種を伴う群集である。多産あるいは優占した種類は、*Coscinodiscus marginatus*、*Thalassionema nitzschioides*、*Thalassiothrix longissima* である。以上の種群は、沿岸海域から外洋の種群である。これらの種は、*Coscinodiscus marginatus* は殻のシリカの沈着が厚い殻であり、他方、*Thalassionema nitzschioides*、*Thalassiothrix longissima* は生育時に生産力の高い種である。

本帯の場合は、主体をなす海水生種群は比較的化石として残りやすい種であること、希産した淡水生種は殻が溶解していることから考えると、海水生種の大半は新第三系からの二次化石である可能性が高い。本帯の堆積物は、おそらく沿岸部の氾濫低地の好氣的環境下で堆積したものであり、堆積時に生育していた淡水生種の大半は溶解消失したものと考えられる。また、珪藻殻の溶解の程度から考えるとかなり好氣的な環境にあったものと推定される。

#### B8N- 帯 (D4 試料)

本帯も比較的多くの珪藻化石が産出した。殻の保存状態は、殆どの殻は半壊しているものの溶解の痕跡は少なく、状態はやや不良である。検出された群集は、淡水生種を主体に、海水生種、汽水生種、淡水～汽水生種を伴う種群で構成される。淡水生の群集の特徴(3 適応性)については次のような傾向が認められる。塩分に対する適応性については、貧塩 - 不定性種が 58% を占めており、それ以外は貧塩 嫌塩性種が約 20%、貧塩-好塩性種が 15% 程度認められる。pH に対する適応性は、好アルカリ性種が約 40%、pH 不定性種が約 30%、好酸性種が約 20% 産出している。流水に対する適応性は、流水不定性種が約 60% を占めており、その他は流水性種が約 15%、止水性種が約 20% 認められる。水生珪藻と陸生珪藻の比率は、水生珪藻が優勢であり全体の 82% を占めている。

多産あるいは優占した種は、本帯も産出率が多くの種に分散しているため、顕著に多産していると見て取れる種は極めて少ない。しいていえば、淡水～汽水生種の *Rhopalodia gibberula*、淡水生種で流水不定性種の *Cocconeis placentula*、*Sellaphora pupula*、止水性種の *Fragilaria construens* fo. *venter*、陸生珪藻の *Pinnularia borealis* 等である。以上の種群の生態性あるいは生育環境は殆ど前述の通りであるが、前述していない種について述べる。流水不定性種の *Cocconeis placentula* および *Sellaphora pupula* は、比較的

広範な水域に認められ、広域適応種として認識されているが、沼沢地から湿地にかけて多量に認められる。流水不定性種が多い傾向にはあるものの、好止水性種、流水不明種および陸生珪藻を伴うほか、低率ながら好流水性種も認められ、分類群の生態性にはばらつきがあることから混合群集と判断される。本帯は、混合群集とはいえ珪藻化石がある程度の量認められたため、ある程度の時間をかけて徐々に形成されたものと考えられる。よって、周辺からの流れ込みの影響が比較的強い環境下の堆積物であると考えられ、おおむね低地部の沼沢湿地様の環境が推定される。

#### B8N- 帯(D3-2 試料)

本帯は、珪藻化石の産出率が低く、いずれも 100 個体に満たない。少ないながら検出されたのは、海水生の種群である。海水生種群は、他の層準あるいは他の地点の傾向から考えると二次化石の可能性が高い。

堆積環境の詳細な検討は困難であるが、おそらく堆積時は本地点が好氣的な環境下にあったために、堆積直後に珪藻殻は分解消失した可能性があることが示唆される。

#### B8N- 帯(D1 試料)

本帯は比較的多くの珪藻化石が検出された。珪藻殻の保存状態は、半壊した殻が多いものの溶解した殻は少なく、全体的にみれば状態はやや不良～普通である。確認された群集は、海水生種と海水～汽水生種を主体に、汽水生種および淡水生種を伴う種群で構成される。本帯で特徴的に認められた種類は、海水生種の *Chaetoceros* spp.、*Grammatophora macilenta*、*Nitzschia pandriformis*、*Thalassionema nitzschioides*、海水～汽水生種の *Cocconeis scutellum*、*Diploneis smithii*、汽水生種の *Nitzschia granulata* 等である。以上の種群の生態性で前述してない種類は、海水生種の *Chaetoceros* spp. は、種は不明であるが、休眠孢子と呼ばれる。休眠孢子とは、生育する水域（この場合は、海域）において、その時期の環境がその種群の生育に適さない環境に変化した場合に、環境の回復を待つ間にとるひとつの防御体制として殻の形態を変化させたものをいう。したがって、この休眠孢子が多く認められたことは、当時の環境に何らかの変化が比較的急速に起こるなど、不安定な環境であったことを物語っている。海水中の温度変化や陸域に近い海域で淡水が流入することで塩分濃度が不安定な場合などに形成されるものと考えられる。*Nitzschia pandriformis* は、小杉(1988)によれば、塩分濃度が 12～2 パーミル程度の水域の泥底に付着生育する種とされる。沿岸部等で淡水の影響により汽水化した塩性湿地などに生育する種である。*Grammatophora macilenta* は、内湾から外洋に広く生育する種である。*Cocconeis scutellum* は、塩分濃度が 12 パーミル以上の水域の海藻や海草（アマモなど）に付着生活する種群とされ（小杉、1988）海水藻場指標種群と呼ばれている。

以上の優占種の生態性から推定される堆積時の環境は、基本的に沿岸の海域と考えられるが、淡水が流れ込んでくるために汽水化し、塩分濃度も不安定な浅瀬から干潟の環境が推定される。

## B1H 試錐

本地点では、5層準の分析が行われ、そのうち3層準からはある程度の量の珪藻化石が検出された。2層準については殆ど皆無である。珪藻化石の保存状態は、試料によって幾分異なるものの大局的にはほぼ同様である。全体に半壊した殻は多いものの、溶解の痕跡が認められる個体は少なく、保存状態としては普通からやや不良である。

本地点では、珪藻化石群種の産状により、4つの化石帯(下位から B1H- ~ 帯)に分帯される。以下、化石帯毎に群集の特徴とそれから推定される環境について述べる。

### B1H- 帯(D5・D4 試料)

本帯は珪藻化石が殆ど産出しない。そのため堆積環境の推定は困難であるが、堆積後に分解消失したものと思われる。比較的最近に堆積物と予想されることから、堆積後に長い時間経過によるものではなく、好气的環境により短期間に分解した可能性が高い。

### B1H- 帯(D3 試料)

本帯は比較的多くの珪藻化石が検出された。群集は、海水生種と汽水生種を主体に、海水～汽水生種と低率に淡水生種を伴う種群で構成される。特徴的に認められた種は、海水生種の *Dimerogramma minor*、*Grammatophora macilenta*、海水～汽水生種の *Cocconeis scutellum*、汽水生種の *Nitzschia cocconeiformis*、*Nitzschia granulata*、

*Opephora martyi* 等である。以上の種群の生態性は、海水生種の *Dimerogramma minor* は、塩分濃度が 26 パーミル以上の水域の砂底(砂の表面や砂粒間)に生育する種であり、このような場所にはウミナナ類、キサゴ類、アサリ、ハマグリ類などの貝類が生活するとされ、小杉(1988)により海水砂質干潟の指標種群とされている。*Grammatophora macilenta* は、沿岸、内湾から外洋に広く分布する種である。*Nitzschia cocconeiformis* は、海水泥質干潟の代表種(小杉、1988)とされ、閉塞性の高い塩性湿地や閉塞性の高い塩性湿地などに付着生活する種として知られている。汽水生種の *Nitzschia granulata* は、海水泥質干潟指標種群(小杉、1988)とされ、塩分濃度が 12 パーミル以上の水域の泥底や閉塞性の高い塩性湿地などに付着生育する種群の中の一つである。*Opephora martyi* も海水砂質干潟の指標種群とされている。

したがって、本帯の堆積時は、おおむね沿岸の海域であり、砂質～泥質の干潟域であったものと考えられる。

### B1H- 帯(D2 試料)

本帯も比較的多くの珪藻化石が検出された。化石の保存状態は、半壊した殻が多いため、やや不良である。群集は、淡水生種を主体として汽水生種、海水～汽水生種および海水生種と伴う種群が認められた。多産した種類は、海水～汽水生種の *Diploneis smithii*、汽水生種の *Catenula adhaerens*、*Rhopalodia musculus*、淡水生種で流水性の *Cymbella turgidula* var. *nipponica*、流水不定性種の *Fragilaria ulna* 等である。

淡水生の種群については、流水性種が目立ち、淡水生種の種数が多く、産出率もばらばらしているため混合群集と考えられる。本帯は、淡水生種群が優勢であり、多産種のみなら



ず低率な種群の特徴から、基本的には陸域であり沿岸部の沼沢地様の環境にあったと思われる。ただし、汽水生種や海水～汽水生種の産状も考え合わせると海水の影響も受けるような場所であったと考えられ、低地部から潮干帯に至るような場所であったものと推定される。

#### B1H- 帯(D1 試料)

本帯も多くの珪藻化石が確認された。殻の保存状態は、下位帯と近似しており、半壊した殻は多いものの溶解の痕跡はほとんど認められないため、状態としてはやや不良である。確認された種群は、淡水生種が卓越するものの、比率は汽水生種と海水～汽水生種を合わせたものとほぼ同様である。特徴的に認められた種は、海水～汽水生種の *Achnanthes delicatula*、*Synedra pulchella*、淡水生種で流水性種の *Cocconeis placentula* var. *euglypta*、*Rhoicosphenia abbreviata*、止水性種の *Fragilaria construens* fo. *venter* 等である。上記の多産種の生態は、汽水生種の *Achnanthes delicatula*、海水砂質干潟の指標種群とされる(小杉、1988)。 *Synedra pulchella* も同様に汽水の干潟域に生育する種である。流水性種の *Cocconeis placentula* var. *euglypta* は、河川等の流水域の基物(礫等)に大型の藻類と共に付着生育する種である。

以上の多産種の生態と希産種の群集の特徴から、本帯も沿岸部の低地部から潮干帯に至るような場所であり、常時海水の影響も受けるような場所であったと推定される。

#### B4H 試錐

本地点では、3層準の分析が行われた。3試料からはいずれもある程度の量の珪藻化石が検出された。化石の保存状態は、いずれも近似しており、半壊した殻が多い傾向にある。そのため保存状態としてはやや不良である。確認された群集は、海水生種と汽水生種を主体に海水～汽水生種および淡水生種を低率に伴っている。本地点は、珪藻化石群集の産状により2つの化石帯(下位より B4H- ~ 帯)に分帯される。

#### B4H- 帯(D3・D2 試料)

本帯は海水生種が50～60%と高率に認められることで特徴付けられる。その他は、汽水生種が約20～30%、海水～汽水生種が5～15%、淡水生種が10%前後認められる。多産した種は、海水生種の *Grammatophora macilentia*、*Grammatophora oceanica*、海水～汽水生種の *Cocconeis scutellum*、汽水生種の *Achnanthes haukiana*、*Nitzschia granulata* 等である。以上の多産種の生態性から、堆積時の環境は沿岸の水深の浅い海域と推定される。

#### B4H- 帯(D1 試料)

本帯は、海水生種と汽水生種を合わせた群集と淡水生の群集の比率がほぼ同率である。多産した種としては、汽水生種の *Achnanthes haukiana*、*Catenula adhaerens*、淡水～汽水生種の *Rhopalodia gibberula*、淡水生種で止水性種の *Aulacoseira granulata* 等である。多産種以外の種類は、種数は多い傾向にあるが、産出率はいずれの種も低く産出率がばらついた傾向にある。このような特徴からおおむね混合群集とみて差し支えないと思われる。

以上の種群の特徴と他の低率な種群の産状から環境を推定すると、特に汽水生および海

水生の群集の特徴から、本帯はおおむね沿岸部の干潟域の環境下にあったものと推定される。混合群集であることから考えて、陸域からの淡水と土砂の流入があり、不安定な環境にあったと考えられる。

#### B7Y 試錐(D1 試料)

本地点では、1 層準の分析が行われた。分析層準の堆積物からはある程度の量の珪藻化石が検出された。化石の保存状態は、すべての個体が半壊しているだけでなく、溶解の痕跡が認められ、状態としてはかなり不良である。認められた珪藻化石は、海水生種を主として淡水～汽水生種および淡水生種伴う種群である。多産あるいは優占した種は、海水生種の *Coscinodiscus marginatus*、*Neodenticula kamschatica*、*Thalassionema nitzschioides*、淡水生種の *Pinnularia* spp. 等である。淡水生種は流水性種等の水生珪藻に陸生珪藻を交えた混合群集である。以上の優占した海水生種は *Neodenticula kamschatica* をはじめとして鮮新世に生育した種群と考えられる。*Neodenticula kamschatica* 以外の種類は現生する種であるが、保存状態から考えて明に二次化石と考えられる。よって本分析試料の堆積時の環境は、海水生種以外の淡水生種が示す環境である。淡水生の種群は、産出率が低いために詳細を言及することはできないが、検出された種群は湿地性の種と陸生珪藻を主体とした混合群集である。したがって、基本的には湿地様の環境であったと考えられるが好氣的な場所も含み、また周囲からの流れ込みの影響も受けるような低地部の環境にあった可能性が示唆される。

#### B9N 試錐(D1 試料)

本地点では、1 試料の分析が行われ、ある程度の量の珪藻化石が認められた。珪藻殻の保存状態は、半壊した殻は多いものの溶解の痕跡は認められないことから、状態は普通である。検出された群集は、淡水生種を主体にして低率に海水生種、海水～汽水生種、汽水生種を伴う種群で構成される。特徴的に認められた種類は、汽水生種の *Navicula peregrina*、淡水～汽水生種の *Fragilaria brevistriata*、淡水生種で流水不定性種の *Cymbella tumida*、*Fragilaria ulna*、止水性種の *Aulacoseira granulata* 等である。

以上の種群の生態性あるいは生育場所は、*Fragilaria brevistriata* は、富栄養水域の沿岸部に認められるとされる (Van Landingham, 1970 ; 田中・中島, 1985) 他、塩分濃度 12~2 パ - ミル程度の水域の泥底に付着生活する種群で淡水の影響により汽水化した塩性湿地に生活することが多く汽水泥質干潟指標種群とする研究者もある (小杉, 1988)。流水不定性種の *Cymbella tumida* は、一般に貧塩不定、好アルカリ性種、流水不定の広域頒布種であるが沼沢湿地に普遍的に認められる。また、Asai and Watanebe(1995)によると好清水性種とされる。*Fragilaria ulna* は、貧塩不定性、好アルカリ性および流水不定であり、広域頒布種の一種で広範のさまざまな水域から見出される。止水性種の *Aulacoseira granulata* は、浮遊性で富栄養のある水域の岸近くに認められる場合が多いとされる (Stoermer & Yang, 1968)。

以上の優占種群の特徴を中心に堆積時の環境を推定すると、基本的には沼沢の環境が推定されるが、浮遊性種が多産している点で、付近にある程度水深のある池沼が存在した可能性がある。

#### B9Y 試錐(D1 試料)

本地点では1試料の分析が行われ、珪藻化石は低率ながら検出された。珪藻殻の保存状態は、すべて半壊しているだけでなく、かなりの個体が殻の中でも最もシリカの厚い部分が残っているのみで殆どの部分は溶解しており、状態としては極めて不良である。個体による差が大きく、海水生の種群は半壊しているもののそれほど溶解しておらず、溶解しているのは淡水生の種群である。本地点は、産出率が極端に低いため、詳細については差し控えたいが、海水生種は絶滅種を含むこと、保存状態が淡水生種に比較して良好であることから二次化石と考えられる。淡水生種は、流水性種や湿地性種、陸生珪藻といった生育環境の異なる種が共産していることから、混合群集と考えられる。

よって、本地点の分析層準も基本的に湿地様の環境であり、好気的な場所も多く、頻繁に流水域からの氾濫の影響も受けるような低地の環境にあった可能性が考えられる。

#### G1H 試錐(D1 試料)

本地点では1試料の分析が行われた。分析試料からはある程度の量の珪藻化石が検出された。化石の保存状態としては、認められた殆どの殻は半壊して破片状であり、状態は不良である。確認された群集は、淡水生種を主体として海水生種、海水～汽水生種および汽水生種を伴う種群で構成される。ある程度の割合で産出した種は、海水生種の *Thalassionema nitzschioides*、淡水生種で流水性種の *Cymbella sinuata*、*Cymbella turgidula* var. *nipponica*、流水不定性種の *Fragilaria ulna*、陸生珪藻の *Hantzschia amphioxys* 等である。上記の種群の中で、*Cymbella turgidula* var. *nipponica* は中・下流性河川指標種群（安藤、1990）と呼ばれ、河川沿いの河成段丘、扇状地および自然堤防、後背湿地といった地形がみられる部分に集中して出現するとされる。なお、群集全体の特徴としては、生育環境の異なる種類がそれぞれ複数種産出していることから、混合群集と考えられるが、混合群集としては総種数が少ない感がある。特に淡水生種は、前述の多産種は生育時に生産量が多い種であるがまたは殻が厚く強固な種である。このことは、認められた群集を構成する種が選択的に残ったものである可能性を示唆している。

以上を考慮して堆積環境を考えると、基本的には陸域であり、低地部の沼沢的な環境下にあったものと考えられるが、常に安定的な環境であったとは周囲からの流れ込みの影響を受けたり、若干海水の影響を受けた可能性がある。

#### G2H 試錐(D1 試料)

本地点では、珪藻化石の産出率が低く、1プレパラートあたり100個体に満たない。したがって、堆積環境の考察は差し控えたいが、産状から見る限りでは、低地等の氾濫堆積物の可能性が示唆される。

#### G3H 試錐(D1 試料)

本地点も1層準の分析が行われた。分析試料からは多くの珪藻化石が検出された。化石の保存状態は、完形殻が多く、また溶解の痕跡も認められないことから、状態は良好である。検出された種群は、淡水生種を主として低率に海水生種、海水～汽水生種、汽水生種

および淡水～汽水生種と伴っている。特徴的に認められた種類は、*Aulacoseira granulata*、*Aulacoseira italica*、*Cocconeis diminuta*、*Stephanodiscus minutulus* 等である。以上の種群の生態性については、*Aulacoseira granulata* は、前述のように浮遊性であり、富栄養のある水域の岸近くに認められる種である。*Aulacoseira italica* も同様に栄養に富む湖、池等に見られるとされる (Van Landingham, 1970)。*Cocconeis diminuta* は、貧塩嫌塩性、好アルカリ性、流水不定であるが、富栄養、腐水性とも報告されている。池沼の縁辺等に大型の藻類や水草等に付着生育している。*Stephanodiscus minutulus* は池沼～湖沼に生育することが知られているものの生態については明確にされてはいない。多くの場合 *Stephanodiscus hantzschii* と共産する。*Stephanodiscus hantzschii* については、富栄養の湖沼に出現する真正プランクトン種で (Krammer and Lange-Bertalot, 1991)、真アルカリ性、貧塩 - 不定性種、弱 - 中腐水性とされ、八郎潟調整池 (ほぼ淡水化している) から相当量出現すると報告されている (加藤ほか、1978)。この報告があった当時 (干拓終了後) の八郎潟調整池の環境は、水深が 1.5～8m であり、pH はアルカリ性を示している。また、塩分濃度は、0～500mg/l (リットル) までが淡水域とされているが、調整池内の値は 56.32～160.40mg/l であることから明らかに淡水域に入る。おそらく *Stephanodiscus minutulus* もほぼ同様な生態をもつものと考えられる。

したがって、D1 試料の堆積時の環境としては、ある程度の水深がある池沼から湖沼の環境下にあったものと推定される。

#### G4H 試錐 (D1 試料)

本地点もある程度の量の珪藻化石が認められた。化石の保存状態は、殆どすべての個体が半壊しており、不良である。確認された種群は、海水生種を主体として、極低率に淡水生種を伴った群集である。多産あるいは優占した種類は、*Coccinodiscus marginatus*、*Paralia sulcata*、*Rhizosolenia* spp.、*Thalassionema nitzschioides*、*Thalassiothrix longissima* である。以上の種群は、海域の種群であり、沿岸・内湾から外洋まで生育する種群である。

本地点の場合も、海水生種は新第三系からの二次化石である可能性が高い。おそらく沿岸部の低地等の中でも好気的環境下にあり、堆積時に生育した淡水生種は溶解消失したものと考えられる。

#### G12N 試錐 (D1 試料)

本地点の分析試料には珪藻化石は少なく、すべてカウントしても 100 個体に満たない。化石殻の保存状態は、全体に半壊している上に溶解の痕跡も認められるもので、状態としては不良である。認められた種群は、殆どが淡水生種であり、極低率に海水生種を伴っている。低率にしか産出しないため環境についての特定は困難であるが、検出された種についてみれば、淡水生種群の混合群集である。おそらく低地の沼沢湿地のような場所に周囲の表層を巻き込んだ氾濫堆積物等の一過性の堆積物が堆積した可能性が示唆される。

#### G13N 試錐 (D1 試料)

本地点ではある程度の量の珪藻化石が検出された。化石の保存状態は、半壊した殻が多

いものの溶解の程度は低く状態はやや不良である。検出された群集は、淡水生種を主として海水生種、海水～汽水生種、汽水生種を伴う種群で構成される。淡水生群集の生態性(3適応性)をみると次のような傾向が認められる。塩分に対する適応性では、貧塩 - 不定性種が約 65%を占めており、他は貧塩-好塩性種が 18%程度、貧塩不明種が 15%程度産出している。pHに対する適応性は、好アルカリ性種が約 60%、pH 不定性種が約 20%、好酸性種は数%と極低率である。流水に対する適応性は、流水性種が 38%、流水不定性種が約 32%とこれら 2つの分類群で殆どを占めている。その他は、止水性種が約 15%、流水不明種が約 10%認められる。

水生珪藻と陸生珪藻の比率は、水生珪藻が優勢であり 80%以上を占めている。多産した種類は、全体に産出率がばらついているために特徴的な種が認めにくい。しいていえば、海水～汽水生種の *Diploneis smithii*、淡水～汽水生種の *Rhopalodia gibberula*、淡水生種で流水性種の *Cymbella sinuata*、*Rhoicosphenia abbreviata* 等である。

以上の種類の生育環境で前述していない種は、*Rhoicosphenia abbreviata* であるが、本種は河川の中下流域の常時流れのある水域において普通に認められる種である。一方、優占種以外の種類の特徴は、流水性種・好アルカリ性種が多い傾向にあるが、陸生珪藻も伴っており、幾分、分類群の生態性にはばらつきが認められる。このような特徴は、あまり顕著ではないが混合群集と考えられる。

本分析試料は、基本的には低地部の沼沢湿地様の環境下であったと思われるが、流水性種が多産したことから、周辺からの流れ込みの影響が強い環境下での堆積物と考えられる。なお、低率ながら認められた海水～汽水生種などの海域の種群は、陸に近い海域に生育する種であり、新第三系と考えられる種群は外洋の種群であることからするとここでは二次化石ではなく、若干、海水の影響を受けた可能性が示唆される。

#### G14N 試錐(D1、D2 試料)

本地点では 2 試料の分析が行われ、いずれの試料にもある程度の量の珪藻化石が認められた。珪藻殻の保存状態は試料により若干異なるが、2 試料とも半壊した殻は多いものの、溶解した殻は少なく、状態としてはやや不良である。2 試料の群集は、若干異なっているので、結果の記載と堆積環境の推定は試料毎に述べる。

#### D1 試料

淡水生種主体で構成され、若干の海水生種あるいは海水～汽水生種を伴っている。淡水生種は、流水不定性種、止水性種等が卓越しており、陸生珪藻も認められる。多産あるいは優占した種類は、流水不定性種の *Gomphonema augur*、*Pinnularia gibba*、*Pinnularia rupestris*、*Pinnularia viridis*、*Rhopalodia gibba*、止水性種の *Aulacoseira granulata*、*Fragilaria construens* fo. *venter*、*Fragilaria virescens*、陸生珪藻の *Navicula confervacea* 等である。

以上の種群の中で生態性が明らかにされている種は、*Pinnularia gibba* は、好酸性(最適 pH 6 付近)、富栄養から貧栄養種、湧泉・小川等に見られる着生種とされる(中島他、1978)。*Pinnularia rupestris* は、貧塩 嫌塩性種、好酸性、流水不定性であり、比較的広範に生育するが、*Pinnularia viridis* 等と共に認められる場合が多い。*Pinnularia*

viridis は、本分析からも検出されているが、好湿地性種とも呼ばれ泥炭性の湿原・沼に普通に認められる種である。Pinnularia rupestris も経験的には、湿原、湿地あるいは沼沢地などに生育していることの多い種である。Fragilaria virescens は、貧塩不定、好酸性、好止水性であり、本種も比較的広範に認められる種ではあるが、湿原、湿地に優占して認められる場合が多い種である。Navicula confervacea は陸生珪藻であるが、通常は沼沢地などの水中に繁茂している場合が多い。以上の特徴から、本試料の堆積時は、湿地から沼沢湿地の環境にあったものと推定される。

## D2 試料

本試料も淡水生種主体の種群で構成され、淡水～汽水生種と若干の海水～汽水生種および汽水生種を伴う。多産した種は、本試料の場合は産出率にばらつきが大きく、産出種数も多く、産出率は分散している。その中でやや多産した種としては、淡水～汽水生種の *Fragilaria brevistriata*、止水性種の *Fragilaria construens* fo. *venter*、陸生珪藻の *Navicula confervacea* 等である。産出種数も多く、産出率は分散している点は、混合群集の様相を呈している。

以上の特徴と他の低率な種群の特徴を合わせて考えると、基本的には湿地の環境が推定される。ただし、淡水～汽水生種のみならず、汽水生種および海水～汽水生種の産状をみると、幾分海水の影響により塩分濃度が上がった時期である可能性がある。

## 地点間の対比について

各ボーリングの間の対比については、珪藻の場合、単純に行うことは危険であり、生態性を考慮して行う必要がある。

珪藻は、同一の水塊においては同様の種群で構成されるが、水塊の特徴が異なると、異なった種群が生育する。海域の場合は、水塊が大きく広範におよぶだけでなく、沿岸の水塊を除いて外洋では水塊としては異なっても水塊毎の水質と光量等の差がそれほど大きくないため、海洋としてみると汎世界的に群集が近似している。それは、水域における珪藻の生態を支配しているのが、光の影響と塩分濃度あるいはpHによるためと考えられる。沿岸の汽水域や陸上の淡水域になると、太陽光の加減と水質の差が場所によって大きくなる。そのため陸上では、一つの池沼をとってみても、その位置による群集の差が認められる。よって珪藻化石により地層の対比を行うには、海成層の場合は確度の高い対比を行える可能性があるが、汽水域や淡水域では困難を伴うだけでなく、極めて危険な場合もある。一方、堆積後の珪藻殻に対する化石への影響も考慮する必要がある。それは、珪藻殻の保存状態である。化石の保存状態については、時代によっても異なるが、地層を構成する堆積物によっても異なる。そのため、群集組成だけでなく、保存の程度を比較することも対比には必要不可欠な要素である

そのため、本件についても以上のことを踏まえて、対比を行う必要がある。

本分析の結果では、比較的深い深度まで分析が行われた B8N 地点の 帯(深度 45.02m 以深)と B6N 地点の 帯(深度 62.34m 以深)は群集の組成が海水生種で構成されること、堆積物中での化石の絶対量が少ないという産状からおおむね対比されるものと考えられる。B6N 地点の深度 102.20m と B8N 地点の深度 63.93m には、それぞれ海水生種が豊産する層準が認

められるが、いずれも海水生種群で構成される点では一致している。主要な種群も一致しているものもあるが、群集としては同様とは言えない。いずれも群集は貧弱であり、多くが溶解した中で選択的に残った群集と考えられる。一般には海成層の場合、同一層であれば、群集が一致しているだけでなく、堆積後も地層内での変化が同様であるために保存の程度も近似している。しかし、両地点の場合は、群集も保存の程度も異なっている。そのため、B6N 地点の深度 102.20m と B8N 地点の深度 63.93m は同一面とは考えにくい。

一方、帯以上の層準については、群集が殆ど一致しないこと、分析層準が不連続で不明な層準が多いことから、対比は困難である。

表層付近である深度 10m 以浅に関しては、B6N 地点の帯、B1H 地点の帯、および B4H 地点の帯は海水～汽水生種群および汽水生種群から構成され、群集組成が近似していることから、同時期層準として対比されると考えられる。

### 3 - 2 . 有孔虫化石

時代の解析に際しては、微化石年代尺度は、斉藤(1999)を参照する。これは、尾田(1986)の東北・中部日本新第三紀古磁気・微化石年代尺度に古地磁気層序の最新の知見を加えたもので、石灰質微化石については、基本的には Berggren et al. (1995) の古地磁気・微化石の年代尺度を参照している。また、底生有孔虫の生態および古環境解析に当たっては、井上(1980) 秋元・長谷川(1988) 長谷川他(1989) Murray(1991)などを参照した。

秋田地域の第三系に関する調査は古くより行われており(Matoba et al., 1990、白石・的場, 1992. 他) これらも参照する。

分析の結果を表 8 に得られた砂粒の組成と含まれる化石種の産状を示した。

有孔虫化石は B61H-D1 の 1 試料から僅かに数個体が検出されただけであった。検出個体に浮遊性種は含まれず、底生種で膠着質殻を持つ *Martinottiella communis*、*Silicosigmoilinella compressa* の 2 種が検出された。*Silicosigmoilinella compressa* は、男鹿半島の女川層、秋田市地域の女川層～船川層下部に特徴的に産出する種として知られ、この層準は、Barren planktonic foraminifera Zone と呼ばれる浮遊性種を産出せず、底生群集は膠着質種からなる組成で特徴づけられる。また *Martinottiella communis* などを伴うことも知られている。よって、本試料は、船川層下部層準に由来する可能性がある。これ以外の試料からは、有孔虫化石は検出されなかったが、珪質化石の珪藻、放散虫、骨針は検出されており、石灰質殻を作る生物の生息に適さない堆積環境であったか、堆積後に溶解したと思われる。

ところで有孔虫を産した試料を採取したボーリングサイトは、能代市の南、八竜町の低地上に位置し、採取深度は地下 1.6m で、岩質は灰黄褐色のシルト～粘土とされる。丘陵部には 1/20 万地質図幅(地質調査所発行)によれば、段丘堆積層の下位に天徳寺層、船川層が分布するとされている。天徳寺層からは浮遊性有孔虫をはじめとする石灰質化石が検出されと報じられていることから、本試料はこれには相当しないと考えられることより、八竜町低地の沖積層の地下には、天徳寺層を欠いて、丘陵部の基底に露出する船川層が分布する可能性がある。

### 3 - 3 . イオウ含有量

測定結果を表9に示す。堆積物中のイオウの供給源の主たるものは、水中に溶解している硫酸塩がバクテリア作用で硫化水素に還元され、これが水中の鉄と反応して硫化鉄となって堆積物中に固定されるものである。硫酸塩は淡水中では少なく、海水中では淡水中の100倍近い高濃度で存在しており、この存在比率は堆積物にも現れてくる。一般に陸成層は0.3%以下、海成泥層は0.3-3.0%の含有量が知られている。

今回得られた測定結果について硫黄含有量0.3%を基準として、これより少ない場合を淡水（汽水）、多い場合を海水として判定すると、B8Nボーリングの8.6mと24.75mはイオウ含有量1%以上と高い値を示すことより海水環境が推定され、53.8m、74.4m、78.64m間の3試料も0.3%を上回り、海水環境が推定される。一方、10.07mと30.47m、39.70m試料は0.11%以下と逆に大変少ない値を示すことより淡水環境が推定される。また、B10Nボーリングの12.45m試料は0.04%と低いイオウ含量を示すことより、淡水環境が推定される。

硫黄含有量は、堆積物の粒径組成にも影響されるほか、地下水作用にも影響を受けるものであり、今回のボーリングにおいても層相変化を考慮した上で判定結果を見る必要はあるものの、珪藻化石分析の結果と比較すると判定結果は概ね合致する結果が得られた。

### 3 - 4 . 花粉化石

秋田県八郎潟、米代川地域においてボーリング調査が行われた。この調査によって得られたボーリングコア試料について、古環境および地質時代に関する資料を得ることを目的として花粉分析を行った。分析に供した試料はB8N孔（9検体）、B6N孔（27検体）、B1H孔（4検体）、B52H孔（1検体）であり、試料番号と深度（m）を表1に示す。

花粉分析の結果を表10～12に示す。解析を行うために同定・計数の結果にもとづいて、花粉化石組成図を作成した。その図を各孔について図6～8に示す。各花粉・孢子化石の出現率は、木本花粉（Arboreal pollen）の場合は木本花粉の合計個体数を、草本花粉（Nonarboreal pollen）とシダ及びコケ植物孢子（Pteridophyta and Bryophyta spores）の場合は花粉・孢子の合計個体数をそれぞれ基数とした百分率である。図表において複数の種類をハイフン（-）で結んだものは、その間の区別が明確でないものである。なお、検鏡中にギンサン属、ダクリディウム属、メタセコイア属、カリアグルミ属、フウ属などの花粉化石が産出したが、これらは保存状態が他の化石と若干ことなるので第三紀層からの再堆積化石として別欄に掲げた。

#### 3 - 4 - 1 . 花粉帯と古環境

以下にボーリングコアごとに下位より順に局地花粉化石群集帯を設定してその特徴と古環境について述べる。なお、試料の深度は採取深度の上端を記述する（表10～12、図6～8参照）。

#### B8N 孔

本孔は花粉化石組成の特徴と変遷により下位よりB8NP（B8N孔花粉帯の略） - ~ 帯の局地花粉化石群集帯に分帯する。

B8NP - 帯（スギ属 - ブナ属帯）



本帯は B8N-D12 と B8N-D11 試料（深度 78.64m、74.44m 試料）からなる。

木本花粉ではスギ属とブナ属が優占して産出し、ツガ属、トウヒ属、ハンノキ属、コナラ属コナラ亜属（以後、コナラ亜属）などを伴う。なお、下部の B8N-D12（深度 78.64m）試料ではツガ属も多産する。草本花粉は少なく、シダ植物孢子では、科・属不詳のために「他のシダ植物孢子」として一括したものが多産する。

後背地の森林は主にスギ属とブナ属からなり、温帯から冷温帯で湿潤な気候が推定される。

#### B8NP - 帯（トウヒ属 - マツ属単維管束亜属帯）

本帯は B8N-D10、D9、D8 試料（深度 63.93m、59.56m、53.80m 試料）からなる。

木本花粉ではトウヒ属が卓越して産出する。そのほかに、マツ属（中でもマツ属単維管束亜属）、モミ属、ツガ属、スギ属、カバノキ属、ハンノキ属などを伴う。なお、下部の B8N-D10（深度 63.93m）試料ではマツ属が多産し、上部の B8N-D8（深度 53.80m）試料ではカバノキ属とハンノキ属が目立って産出する。草本花粉は少なく、シダ植物孢子では、科・属不詳の孢子が多産する。

後背地の森林はトウヒ属を主体とする針葉樹林と推定される。気候は基本的に寒冷な亜高山帯（亜寒帯）と考えられるが、スギ属も分布していたと考えられるので亜高山帯と冷温帯の境界付近かもしれない。

#### B8NP - 帯（貧化石帯）

本帯は B8N-D7 試料（深度 45.02m 試料）のみからなる。

シダ植物孢子において科・属不詳の孢子が多産する。しかし、花粉化石はツガ属、トウヒ属、マツ属、クマシデ属 - アサダ属、カバノキ属、ハンノキ属、ブナ属などを産出するものの量的に非常に少ない。このため、古環境について解析は困難である。

#### B8NP - 帯（トウヒ属 - マツ属 - ハンノキ属帯）

本帯は B8N-D6 と B8N-D5 試料（深度 39.70m、36.66m 試料）からなる。

木本花粉では、トウヒ属、マツ属、ハンノキ属が優占して産出し、モミ属、ツガ属、スギ属、イチイ科 - イヌガヤ科 - ヒノキ科、ヤナギ属、ブナ属などを伴う。草本花粉の産出も目立ち、イネ科、カヤツリグサ科、ヨモギ属が主に産出する。また、水生植物のミズバショウ属、ガマ属、ミクリ属、コオホネ属、フサモ属、ミツガシワ属などを低率で伴う。

後背地の森林はトウヒ属、マツ属、モミ属、ツガ属、スギ属、イチイ科 - イヌガヤ科 - ヒノキ科、ブナ属等からなり、針葉樹を主とする森林と推定される。気候は亜高山帯（亜寒帯）から冷温帯と考えられる。なお、調査地には草本植物のイネ科、カヤツリグサ科、ヨモギ属、ミズバショウ属、ガマ属、ミクリ属、オモダカ属、コオホネ属、フサモ属、ミツガシワ属などが分布する池沼および湿地が存在していたと推定され、その周囲に低木のハンノキ属、ヤナギ属、トネリコ属など分布して低木林を形成していたと推定される。

#### B8NP - 帯（針葉樹 - 広葉樹混合花粉帯）

本帯は B8N-D4 試料（深度 30.47m 試料）のみからなる。

木本花粉では特に優占する花粉化石はみられずモミ属、ツガ属、トウヒ属、マツ属、スギ属、イチイ科 - イヌガヤ科 - ヒノキ科、ヤナギ属、クマシデ属 - アサダ属、ハンノキ属、ブナ属、コナラ亜属、ニレ属 - ケヤキ属などが 10%前後で産出する。草本花粉ではカヤツリグサ科が優占して産出し、イネ科、ヨモギ属などを伴う。そして、水生植物のサジオモ

ダカ属、オモダカ属、フサモ属などが低率で産出する。

後背地の森林はモミ属、ツガ属、トウヒ属、マツ属、スギ属、イチイ科 - イヌガヤ科 - ヒノキ科、クマシデ属 - アサダ属、ブナ属、コナラ亜属、ニレ属 - ケヤキ属などからなる針・広混交林で、古気候は冷温帯と推定される。なお、調査地にはサジオモダカ属、オモダカ属、フサモ属などが分布する池沼および湿地が存在し、その周囲に草本植物のカヤツリグサ科、イネ科、ヨモギ属や低木ハンノキ属、ヤナギ属、トネリコ属などが分布していたと推定される。

## B6N 孔

本孔は花粉化石組成の特徴と変遷により下位より B6NP (B6N 孔花粉帯の略) - ~ 帯の局地花粉化石群集帯に分帯する。

### B6NP - 帯 (スギ属 - ブナ属 - ハンノキ属帯)

本帯は B6N-D27、D26、D25、D24 試料 (深度 129.00m、121.01m、112.25m、107.26m 試料) までである。

木本花粉ではスギ属、ブナ属、ハンノキ属が優占して産出し、ツガ属、マツ属、イチイ科 - イヌガヤ科 - ヒノキ科、コナラ亜属などを伴う。また低率ながらコナラ属アカガシ亜属 (以後、アカガシ亜属と記述する) と連続して産出する。草本花粉ではイネ科、カヤツリグサ科、ヨモギ属が産出するものの優占するには至らない。水生植物のガマ属を低率で産出する。シダ植物孢子では、科・属不詳のために「他のシダ植物孢子」として一括したものが多産する。

後背地の森林は主にスギ属とブナ属からなり、温帯から冷温帯で湿潤な気候が推定される。ハンノキ属はガマ属などの生育する湿地に分布していたものと推定される。

### B6NP - 帯 (トウヒ属帯)

本帯は B6N-D23 試料 (深度 102.20m 試料) のみである。

木本花粉では、トウヒ属が卓越して産出し、モミ属、ツガ属、マツ属、カバノキ属などを低率で伴う。草本花粉とシダ植物孢子は少ない。

後背地の森林はトウヒ属を主とする針葉樹森林と推定される。気候は亜高山帯 (亜寒帯) と考えられる。

### B6NP - 帯 (スギ属 - ブナ属帯)

本帯は B6N-D22 と D21 試料 (深度 98.10m、87.62m 試料) からなる。

木本花粉ではスギ属が卓越し優占して産出し、ブナ属、ハンノキ属、コナラ亜属などを伴う。下部の B6N-D22 (深度 98.10m) 試料ではアカガシ亜属を産出する。草本花粉は少なく、シダ植物孢子では、科・属不詳のために「他のシダ植物孢子」として一括したものが多産する。

後背地の森林は主にスギ属を主とする温帯針葉樹林で、ブナ属、コナラ亜属などの広葉樹も分布していたと推定される、温帯から冷温帯で湿潤な気候が推定される。

### B6NP - 帯 (トウヒ属 - モミ属帯)

本帯は B6N-D20 試料 (深度 82.50m 試料) のみからなる。

木本花粉ではトウヒ属が卓越して産出し、モミ属、ツガ属、カバノキ属などを伴う。草本花粉は少なく、シダ植物孢子では、科・属不詳のために「他のシダ植物孢子」として一

括したものが多産する。

後背地の森林はトウヒ属を主とする針葉樹森林と推定される。気候は亜高山帯（亜寒帯）と考えられるが、スギ属も分布していたと考えられるので亜高山帯と冷温帯の境界付近と推定される。

#### B6NP - 帯（トウヒ属 - カバノキ属帯）

本帯は B6N-D19 と D18 試料（深度 71.30m、69.53m 試料）からなる。

木本花粉ではトウヒ属とカバノキ属が優占して産出し、ハンノキ属、マツ属単維管束亜属などを伴う。また、スギ属、コナラ亜属、ブナ属なども低率で産出する。草本花粉はイネ科、カヤツリグサ科、ミズバショウ属などが主に産出し、シダ植物胞子では、科・属不詳のために「他のシダ植物胞子」として一括したものが多産する。

後背地の森林は主にトウヒ属を主とする亜高山（亜寒）帯針葉樹林であり、カバノキ属なども分布していたと考えられる。また、ミズバショウ属、イネ科、カヤツリグサ科、ミズゴケ属などの生育する湿地が分布し、ハンノキ属もこれらと共に生育していたと推定される。気候は寒冷な亜高山帯と考えられるが、スギ属の分布により若干暖かい亜高山帯と冷温帯の境界付近と推定される。

#### B6NP - 帯（貧化石帯）

本帯は B6N-D17 試料（深度 62.34m 試料）のみからなる。

花粉化石の産出が非常に少ない。古環境については解析し難い。

#### B6NP - 帯（トウヒ属 - マツ属単維管束亜属帯）

本帯は B6N-D16、D15、D14、D13、D12 試料（深度 60.33m、58.11m、56.00m、53.60m、51.08m 試料）からなる。

木本花粉ではトウヒ属とマツ属（中でもマツ属単維管束亜属）が優占して産出する。そのほかに、モミ属、ツガ属、スギ属、イチイ科 - イヌガヤ科 - ヒノキ科、カバノキ属、ハンノキ属、ヤナギ属などを伴う。草本花粉は少なく、シダ植物胞子では、科・属不詳の胞子が多産する。

後背地の森林はトウヒ属とマツ属単維管束亜属（いわゆるゴヨウマツ類）を主体とする亜高山（亜寒）帯針葉樹林と推定される。気候は寒冷な亜高山帯と考えられるが、スギ属の分布により若干暖かい亜高山帯と冷温帯の境界付近と推定される。

#### B6NP - 帯（貧化石帯）

本帯は B6N-D11 試料（深度 49.09m 試料）のみからなる。

花粉化石の産出が非常に少ない。古環境については解析し難い。

#### B6NP - 帯（ハンノキ属 - トウヒ属帯）

本帯は B6N-D10、D9、D8 試料（深度 42.32m、40.44m、38.04m 試料）からなる。

木本花粉ではハンノキ属が優占して産出し、トウヒ属、マツ属、スギ属、クルミ属、クマシデ属 - アサダ属、カバノキ属、ブナ属、コナラ亜属、ニレ属 - ケヤキ属などを伴う。草本花粉の産出は比較的多い。イネ科、カヤツリグサ科、ヨモギ属が主に産出し、水生植物のミズバショウ属、ガマ属、コオホネ属、ミツガシワ属などを低率で伴う。

調査地には草本植物のイネ科、カヤツリグサ科、ヨモギ属、ミズバショウ属、ガマ属、ミツガシワ属などが分布する池沼および湿地が存在していたと推定され、その周囲に低木のハンノキ属、カバノキ属、ヤナギ属、トネリコ属など分布して低木林を形成していたと

推定される。後背地の森林はトウヒ属、マツ属、モミ属、ツガ属、スギ属、ブナ属、コナラ亜属等からなり、針葉樹を主とするものの落葉広葉樹も分布していたと推定される。気候は亜高山帯（亜寒帯）から冷温帯と考えられる。

#### B6NP - 帯（貧化石帯）

本帯は B6N-D7、D6、D5、D4 試料（深度 34.52m、25.62m、18.40m、14.65m 試料）からなる。

花粉化石の産出が非常に少ない。古環境については解析し難い。

#### B6NP - 帯（ブナ属 - コナラ亜属帯）

本帯は B6N-D3、D2、D1 試料（深度 6.57m、4.07m、2.13m 試料）からなる。

木本花粉ではブナ属とコナラ亜属が優占して産出し、ハンノキ属を高率に伴う。クルミ属、クマシデ属 - アサダ属、ニレ属 - ケヤキ属、スギ属、アカガシ亜属などを低率で産出する。草本花粉はガマ属、イネ科、カヤツリグサ科、ヨモギ属などを主に産出する。その中で最上部の深度 2.13m 試料ではガマ属とイネ科が卓越する。シダ植物胞子では、科・属不詳の胞子が多産する。

後背地には、ブナ属とコナラ亜属を主体にした落葉広葉樹林が発達していたと推定される。気候はアカガシ亜属を伴うことから温帯と考えられる。

### B1H 孔

本孔は花粉化石組成の特徴と変遷により下位より B1HP（B1H 孔花粉帯の略） - ~ 帯の局地花粉化石群集帯に分帯する。

#### B1HP - 帯（スギ属 - ハンノキ属帯）

本帯は B1H-D7 と D6 試料（深度 17.84m と 10.58m 試料）である。

木本花粉では、スギ属とハンノキ属が優占して産出する。下部の B1H-D7（深度 17.84m）試料ではスギ属がハンノキ属よりも多く産出してツガ属、トウヒ属、モミ属などを伴い、上部の B1H-D6（深度 10.58m）試料ではスギ属よりもハンノキ属の方が多く産出してブナ属、コナラ亜属、トネリコ属などを伴う。草本花粉ではカヤツリグサ科が卓越して産出し、イネ科やヨモギ属などを伴う。また、水生植物のガマ属、サジオモダカ属などを僅かに産出する。

後背地にはスギ属を主体にした森林が分布し、調査地にはカヤツリグサ科やハンノキ属などからなる低湿地が広がっていたと推定される。気候は温帯で湿潤であったと推定される。

#### B1HP - 帯（ヤマモモ属帯または貧化石帯）

本帯は B1H-D5 試料（深度 9.56m 試料）のみである。

本帯の花粉化石は非常に保存状態が悪い。木本花粉では、ヤマモモ属が卓越するが、花粉化石の保存状態から貧化石とした方が良いかもしれない。このようなことから、化石群集が片寄っている可能性が高いので古環境についての解析を差し控える。

#### B1HP - 帯（トウヒ属 - ハンノキ属 - コナラ亜属帯）

本帯は B1H-D4 試料（深度 9.03m 試料）のみである。

木本花粉では、トウヒ属、ハンノキ属、コナラ亜属が優占して産出し、モミ属、ブナ属、ヤマモモ属、カバノキ属などを伴う。草本花粉では、イネ科、カヤツリグサ科、ヨモギ属

などを産出するが多産にはいたらない。また、水生植物のミズバショウ属、ガマ属、サジオモダカ属、オモダカ属などを低率で産出する。シダ植物孢子では、科・属不詳の孢子が多産する。

調査地にはハンノキ属を主体にしてヤマモモ属（おそらくヤチヤナギ）や水生植物の生育する低湿地が分布し、後背地にはトウヒ属とコナラ亜属を主体にした針・広混交林が分布していたと推定される。気候は亜高山帯（亜寒帯）から冷温帯と考えられる。

B52H 孔 1 試料のみであるが、これを花粉化石組成の特徴により B52HP( B52H 孔花粉帯の略) - 帯の局地花粉化石群集帯とする。

#### B52HP - 帯（スギ属 - ハンノキ属帯）

本帯は B52H-D1 試料（深度 5.92m 試料）である。

木本花粉では、スギ属とハンノキ属が優勢して産出する。そして、ブナ属、コナラ亜属、トネリコ属などを伴う。草本花粉ではカヤツリグサ科、イネ科、ヨモギ属などを主に産出し、水生植物のガマ属、サジオモダカ属などを僅かに産出する。

後背地にはスギ属を主体にした森林が分布し、調査地にはカヤツリグサ科やハンノキ属などからなる低湿地が広がっていたと推定される。気候は湿潤な温帯と推定される。

### 3 - 4 - 2 . 対比案

秋田県八郎潟、米代川地域における B8N 孔、B6N 孔、B1H 孔、B52H 孔の花粉分析の結果、花粉化石組成の特徴を基に局地花粉化石群集帯を設定した。それらは B8N 孔では B8NP- ~ 帯、B6N 孔では B6NP- ~ 帯、B1H 孔では B1HP- ~ 帯、B52H 孔では B52HP- 帯である。ここでは、本調査地における地質層序解析に資する試料とするためにこれらの花粉帯の特徴を比較検討し、先にボーリング間の対比を行って次ぎに既往文献との比較を行う。表 13、図 9 を参照されたい。

#### ボーリングコア間の対比

B8N 孔と B6N 孔は黒岡・福田地区間で調査されており距離的に接近している。そして、B1H 孔は A3 測線上、B52H 孔は A2 側線上に位置し、調査地点は大口地区と浜田地区で距離的に接近している。このことから、先ず互いに接近している黒岡・福田地区間の B8N 孔と B6N 孔を対比する。次ぎに大口地区 B1H 孔と浜田地区 B52H 孔を対比する。その後で離れている黒岡・福田地区と大口・浜田地区との対比を行う。この対比案を表 12 と図 9 に示す。なお、この対比案は花粉分析の結果による一面から推定したので、堆積物の層相、14C 年代測定、火山灰層序、他の化石などの成果を踏まえて再構築することが望ましい。

#### 黒岡・福田地区間の B8N 孔と B6N 孔の対比

B8N 孔と B6N 孔の花粉化石群集帯の特徴と変遷は若干の違いがみられるものの、良く似た特徴を示しているため、以下のように対比される。

先ず、B8N 孔の B8NP- 帯（スギ属 - ブナ属帯）と B6N 孔の B6NP- 帯（スギ属 - ブナ属帯）はスギ属とブナ属が優勢して産出する特徴によって対比される。深度的には B8N 孔の B8NP- 帯が深度 78.64 ~ 74.44m、B6N 孔の B6NP- 帯が深度 98.10m ~ 87.62m であり、B6N 孔の方が 20m 前後下がっている。このことから、B8N 孔は調査深度約 80m なので、B6N

孔において深度 100m を越える B6NP - 帯の下位に設定した B6NP - 帯（トウヒ属帯）と B6NP - 帯（スギ属 - ブナ属 - ハンノキ属帯）は B8N 孔の B8NP - 帯よりも古い時代の花粉化石群集と考えられる。

B8N 孔の B8NP - 帯（トウヒ属 - マツ属単維管束亜属帯）と B6N 孔の B6NP - 帯（トウヒ属 - マツ属単維管束亜属帯）はトウヒ属とマツ属単維管束亜属が優占して産出する特徴によって対比される。深度的には B8N 孔の B8NP - 帯が深度 63.93 ~ 53.80m、B6N 孔の B6NP - 帯が深度 60.33m ~ 51.08m であり、ほぼ平行する。なお、B6N 孔では B6NP - 帯と帯の間には B6NP - 、 、 帯が存在する。これらの花粉帯はその特徴から B8N 孔の B8NP - 帯と帯の間にあたると思われる。

B8N 孔の B8NP - 帯（トウヒ属 - マツ属 - ハンノキ属帯）と B6N 孔の B6NP - 帯（ハンノキ属 - トウヒ属帯）はトウヒ属とハンノキ属が優占して産出する特徴によって対比される。深度的には B8N 孔の B8NP - 帯が深度 39.70 ~ 36.66m、B6N 孔の B6NP - 帯が深度 42.32m ~ 38.04m であり、ほぼ平行する。

B8N 孔の B8NP - 帯以浅と B6N 孔の B6NP - 帯以浅については、B8N 孔において 30m 以浅が未分析であることから対比を行えない。

#### **大口地区の B1H 孔と浜田地区の B52H 孔の対比**

大口地区の B1H 孔と浜田地区の B52H 孔とを比較すると、B1H 孔の B1HP - 帯（スギ属 - ハンノキ属帯）と B52HP - 帯（スギ属 - ハンノキ属帯）がスギ属とハンノキ属を多産する特徴によって対比される。特に B1HP - 帯上部の B1H-D6 試料（深度 10.58m）と B52HP - 帯は良く一致している。両帯は、深度的にも B1H 孔の B1HP - 帯が深度 17.84 ~ 10.58m、B52H 孔の B52HP - 帯が深度 5.92m であり、比較的接近している。両孔についての対比は B52H 孔の分析試料が 1 試料のみであることからこの対比のみであり、B1H 孔の B1HP - 及び帯に間しては B52H 孔との対比を行えない。

#### **黒岡・福田地区間（B8N 孔と B6N 孔）と大口・浜田地区（B1H 孔と B52H 孔）の対比**

黒岡・福田地区間（B8N 孔と B6N 孔）と大口・浜田地区（B1H 孔と B52H 孔）は約 4km 離れている。調査深度も黒岡・福田地区間の B8N 孔で深度約 80m に達し、B6N 孔で深度 100m を越しているが、大口・浜田地区の B1H 孔では深度約 20m、B52H 孔では深度約 15m である。このように黒岡・福田地区間（B8N 孔と B6N 孔）と大口・浜田地区（B1H 孔と B52H 孔）とは堆積の様子が異なっているが、花粉分析の結果から両地区の対比を試みる。

まず、スギ属の多い花粉化石群集に注目すると以下のようなものである。黒岡・福田地区間（B8N 孔と B6N 孔）では B6NP - 帯と B8NP - 帯においてスギ属が多産し、B6NP - 帯と B8NP - 帯を対比した。一方、大口・浜田地区（B1H 孔と B52H 孔）では B1HP - 帯と B52HP - 帯においてスギ属が多産し、両帯を対比した。このスギ属を多産する特徴で対比すると黒岡・福田地区間（B8N 孔と B6N 孔）の B6NP - 帯・B8NP - 帯と大口・浜田地区（B1H 孔と B52H 孔）では B1HP - 帯・B52HP - 帯が対比される可能性が考えられる。

次に、トウヒ属とハンノキ属に注目すると以下のようなものである。黒岡・福田地区間（B8N 孔と B6N 孔）では B6NP - 帯と B8NP - 帯においてトウヒ属とハンノキ属が多産し、両帯を対比した。一方、大口・浜田地区（B1H 孔と B52H 孔）では B1HP - 帯においてトウヒ属とハンノキ属を多産する。これは B1H 孔のみである。この特徴によって黒岡・福田地区間（B8N 孔と B6N 孔）の B6NP - 帯・B8NP - 帯と大口・浜田地区（B1H 孔）では B1HP -

帯が対比される可能性が考えられる。ボーリングコアの層相から B1HP - 帯も B1HP - 帯と同様に扱ってよいと考えられる。

しかし、この対比は黒岡・福田地区間（B8N 孔と B6N 孔）と大口・浜田地区（B1H 孔と B52H 孔）の花粉帯では、スギ属による対比で堆積層位の深度差が 60m 以上、トウヒ属とハンノキ属による対比で同じく約 30m に達する。また、大口地区の B1H 孔では B1HP - 帯と B1HP - 帯との間に大きな不整合が存在することになる。このことから黒岡・福田地区間（B8N 孔と B6N 孔）と大口・浜田地区（B1H 孔と B52H 孔）の対比に関しては堆積物の層相、<sup>14</sup>C 年代測定、火山灰層序、他の化石などの成果を踏まえて十分に検討する必要がある。

### 既往文献との比較対比

本調査における B8N 孔、B6N 孔、B1H 孔、B52H 孔の花粉分析の結果を基にこれらのボーリング間の対比を行っているのでここでは最も深いボーリングコアである B6N 孔（B6NP - 帯）を中心にして既往文献との比較対比を行う。

東北地方の上部更新統の花粉分析については Takeuti and Manabe（1993）によってまとめられているが、年代軸に古地磁気を用いているので検討の余地がある。このためここでは比較に使用しないこととする。

男鹿半島地域では、鮎川層、安田層、潟西層などの上部更新統について花粉分析が行われている（潟西層団体研究グループ，1983；白石・竹内，1999）。白石・竹内（1999）によると潟西層模式地の潟西層では角間崎泥部層で *Toya*、本内砂部層で SK が検出されており、酸素同位体比層序のステージ 5 c としている。花粉化石群集はスギ属（*Cryptomeria*）、ブナ属（*Fagus*）、コナラ属（*Quercus*）からなる花粉化石群集で暖かい組成でありステージ 5 c に調和する。そして、安田海岸において Aso-4 の上位の潟西層においては、トウヒ属などの針葉樹が少なくスギ属、ブナ属、コナラ属からなる温暖な花粉化石群集がみられるので、これがステージ 5 a の温暖期に相当する可能性があるとしている。潟西層団体研究グループ（1983）による角間崎泥部層の花粉化石群集はこれにモミ属、トウヒ属、ツガ属などの針葉樹が加わり、若干涼しい気候を示しているが、Machida（1999）によれば *Toya* の降灰時期は 103～123ka でステージ 5 d またはステージ 5 c 初期とされているので大きな矛盾はないと考えられる。また、白石・竹内（1999）は、検討の余地を残すものの、安田層と角間崎泥部層に *Toya* が挟まれることと花粉群集の類似性により安田層は潟西層に含まれるとし、潟西層最下部の樽沢砂部層は鮎川層最上部に対比される可能性があるとして指摘されている。このようなことを基にして B6N 孔の花粉群集を白石・竹内（1999）と比較すると以下のようなものである。

B6NP - 帯ではスギ属を多産する温暖な花粉化石群集に B6NP - 帯のトウヒ属が卓越する寒冷な花粉化石群集が挟まれる。このスギ属を多産する花粉化石群集は潟西層団体研究グループ（1983）と白石・竹内（1999）における潟西層本内砂部層、樽沢層上部、鮎川層にみられる。そしてスギ属の多産に挟まれるトウヒ属の卓越は樽沢層の下部にみられる。これと比較すると、火山灰層などによる層序の確認を必要とするが、B6NP - 帯が鮎川層、B6NP - 帯が樽沢層下部、B6NP - 帯が潟西層本内砂部層の花粉化石群集に対比される可能性が考えられる。これにより、B6NP - 帯がステージ 5（c または a）相当し、

B6NP - 帯から下位はこれよりも古くなりおそらくステージ 6 以前の可能性が考えられる。

中部地方から東北地方においては Machida (1999) による火山灰層序と酸素同位体比層序との関係においてステージ 5 以降の火山灰層 (On-Pm1、Aso-4、DKP、AT など) を挟む堆積物の花粉分析が行われている。それらは福島県矢原湿原堆積物 (叶内, 1988) 鬼首盆地堆積物 (竹内・川村, 1991) 長野県野尻湖堆積物 (野尻湖発掘調査団 編著, 1993) および諏訪湖湖底堆積物 (大嶋ほか, 1997) などののである。これらの研究報告ではステージ 5 の温暖期にはスギ属、ブナ属、コナラ属が多産する。とくに、スギ属の産出が特徴的である。B6NP - 帯の花粉化石群集はこれらのステージ 5 の特徴と調和する。

B6NP - ~ 帯はトウヒ属を主体にした寒冷な花粉化石群集である。このような特徴は潟西層の樽沢砂部層の下部に認められているが層序の上下関係から B6NP - ~ 帯はこれには対比されない。男鹿半島地域 (白石・竹内, 1999) ではステージ 5 よりも上位について分析されていないのでこの地域における対比は困難である。しかし、この特徴は寒冷期を示しているので酸素同位体比層序のステージ 4 ~ 2 の何れかに相当するものと考えられる。東北地方における最終氷期最盛期とされるステージ 2 の前後の花粉化石群集は AT を挟む堆積物にみられ、複数の研究者によって報告されている。竹内 (1994) はこれを東北地方の AT 前後の植生として纏めている。これによるとステージ 2 の AT 以降の堆積物では、地域によって若干の違いがみられるものの、トウヒ属を主体とする針葉樹花粉が卓越または優占して産出し、広葉樹花粉ではカバノキ属が多産する。そして、スギ属の産出はほとんどみられず、まれに産出しても 1% 以下である。たとえば、秋田県男鹿市箱井における AT を挟む堆積物においてはスギ属を全く産出しない (白石ほか, 1988)。一方、AT 降灰以前ではスギ属の産出が低率ながら連続しており、AT 降灰以降と比較して目立つ。本調査の B6NP - ~ 帯ではスギ属を 1% 以上産出するとともに連続することからステージ 2 とされる AT 降灰以降の堆積物の花粉化石群集と一致しない。むしろ、AT 降灰以前の特徴を示す。したがって、B6NP - ~ 帯は最終氷期の最盛期とされるステージ 2 よりもそれより若干暖かいステージ 4 から 3 の可能性が考えられる。このような推察は福島県矢原湿原堆積物 (叶内, 1988) 長野県野尻湖堆積物 (野尻湖発掘調査団 編著, 1993) および諏訪湖湖底堆積物 (大嶋ほか, 1997) と比較しても矛盾しない。しかし、時間軸となる火山灰層や 14C 年代値が得られていないことから B6NP - ~ 帯の詳細な時代を決定し難い。今後、さらにデータを蓄積した上で検討することが必要である。

B6NP - 帯の貧化石帯については深度 34.52m ~ 14.65m 試料と堆積層が厚い。ボーリング柱状図によると堆積層の多くが砂レキであり、シルトまたは腐植質土は部分的に僅かに挟まる程度である。このような堆積物なので花粉化石がほとんど含まれなかったものとおもわれる。なお、柱状図によると深度 13.01 ~ 13.11m に厚さ 10cm の泥炭層が挟まれている。この堆積層に関しては 14C 年代測定および花粉分析を行い、年代・地質時代を把握することが望まれる。

秋田県の低地を中心とした完新世の堆積物の花粉分析は辻・日比野 (1975) 辻 (1981) によって行われている。これらによると、秋田市女潟湖の深度 500cm で  $3,180 \pm 85$  yrs BP、能代市坂形の深度 340 ~ 320cm で  $4,760 \pm 160$  yrs BP の値が得られている。この時代における花粉化石群集は、Quercus-Fagus (コナラ属 - ブナ属) 帯とされており、ブナ属とコナラ属の優占で特徴づけられている。B6NP - 帯はこれと一致するので対比される。したが



って、深度 6.57m 試料以浅は完新世の堆積物でステージ 1 と考えられる。なお、辻 (1981) によれば Quercus-Fagus (コナラ属 - ブナ属) 帯の上限は 2,000 ないし 2,700 年前で下限を不明としているが 14C 年代測定値により  $4,760 \pm 160$  yrs BP よりは古くなる。ただし、氷期には至らない。

以上のことを踏まえて表 P4-1 における B8N 孔、B6N 孔、B1H 孔、B52H 孔の対比案に時代を付加すると表 P4-2 のようになる。なお、この対比は花粉分析の結果から推定したものであるため、堆積物の層相、14C 年代測定、火山灰層序、他の化石などの成果を踏まえて再構築することが望ましい。とくに更新世における酸素同位体層序のステージとの対比に関しては 14C 年代測定、火山灰層 (特に Toya、SK、Aso-4、AT などの火山灰層の検出は重要である。) のデータを付加して解析することが必要である。

#### 4. まとめ

各種微化石分析および化学分析の結果、堆積環境を明らかに出来た。また、花粉化石群集解析によって、ボーリング間の層序対比を考察し、対比案を表 13、図 9 のように考えた。ただし、本結果は第四紀を通して繰り返された気候変動に対応した花粉群集組成の変化として捉えたものであり、火山灰、年代測定などの年代マーカーを加味したものではない。対比案については、調査ボーリングの総合的な解析のなかで照合検討する必要がある。

珪藻化石群集の類似性より対比を試みたが、黒岡・福田地区の近接する B6N ボーリングの下部 62m 以深と B8N ボーリング 45m 以深に類似性を認め、B6N、B1H、B4H ボーリングの表層に近い堆積層が内湾から沿岸を示唆する群集が分布することより対比の可能性が推定された。今回の珪藻分析結果では、二次化石が含まれていること、堆積時の珪藻化石が溶解している可能性があることが化石種の存在や保存状態より考えられ、これが解析と対比を困難にさせた一因でもある。堆積環境は、このようなことも考慮しながら判定したが、数カ所に於いて実施したイオウ含有量との相関は整合的であった。つまり、硫黄含有量が高い層準は、海水の影響を多分に受けた堆積環境であることが、珪藻化石群集解析の結果からも支持されている。

層序の対比に当たっては、今回の花粉化石群集対比の結果と珪藻他による堆積環境の解析結果が、層相観察等より導かれた対比案を補足する重要な資料となるであろう。花粉群集より対比された堆積層に於いても珪藻化石などから推定される堆積環境が異なっている地点があり (例えば、黒岡・福田地区の近接する B6N ボーリングの下部、沼沢湿地 ~ 好氣的堆積環境が推定される 50-60m 付近と B8N ボーリングの下部、海成環境が推定される 45 ~ 65m 付近など) これは地点間の堆積環境差として解釈される。

一方、基盤岩については有孔虫分析を実施した結果、ほとんどの試料では珪質化石を産出するものの有孔虫化石は無く、唯一 B61H ボーリングの 1.5m 試料より、女川 ~ 船川層下部を特徴づける底生種が検出され、本層準に対比されると推定した。既往地質図と比較すると、検出地点地下には船川層下部の上に石灰質有孔虫を産する天徳寺層の分布が推定されているが、今回の調査地点では下位の船川層相当層が地表面近くまで分布している可能性があることが示唆された。ただし、基盤岩の層序と分布については、本調査の補助的な資料として散点的に分析が実施された結果であり、あくまで予察であることを断り置く。

## 引用・参考文献

### <珪藻化石>

- Asai, K. & Watanabe, T., 1995, Statistic Classification of Epilithic Diatom Species into Three Ecological Groups relating to Organic Water Pollution (2) Saprophyllous and saproxenous taxa. *Diatom*, 10, 35 - 47.
- 安藤一男・南雲 保, 1983, 埼玉県, 荒川低地沖積層のケイソウ. 日本歯科大学紀要, 1983 (12), p. 241-249.
- 安藤一男, 1990, 淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用. 東北地理, Vol. 42 (1990), pp. 73~88, aNN. Tohoku Geogr. Assoc.
- Cholnoky, B. J., 1968, Die Okologie der Diatomeen in Binnen-Gewässern. Lehre.
- Desikachary, T. V., (1987A) Atlas of Diatoms. Marine Diatoms of the Indian Ocean. Madras science foundation, Madras, Printed at TT. Maps & Publications Private Limited, 328, G. S. T. Road, Chromepet, Madras-600044. pp. 1-10, Plates : 22-400A.
- Desikachary, T. V., 1987, Atlas of Diatoms. Marine Diatoms of the Indian Ocean. Madras science foundation, Madras, Printed at TT. Maps & Publications Private Limited, 328, G. S. T. Road, Chromepet, Madras-600044. pp. 1-13, Plates : 401-621.
- 堀内誠示・高橋 敦・橋本真紀夫, 1996, 珪藻化石群集による低地堆積物の古環境推定について - 混合群集の認定と堆積環境の解釈 - . 日本文化財科学会, 第 13 回大会要旨集, 62.
- 福島 博, 1950, 四万温泉の藻類植生. 植物誌, 25(8), p.173-178.
- Hustedt, F., 1930, Bacillariophyta (Diatomeae). In Pascher, Die Süsswasser Flora Mitteleuropas, Part 10, pp. 466. Jena, G. Fischer.
- Hustedt, F., 1930, Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. in Dr. Rabenhorsts Kryptogamen Flora von Deutschland, Oesterreichs und der Schweiz, vol. 7, Leipzig, Part 1, p. 920.
- Hustedt, F., 1937-1938, Systematische und ökologische Untersuchungen mit die Diatomeen-Flora von Java, Bali und Sumatra. ~ . Arch. Hydrobiol. Suppl., 15 p. 131-809, p. 1-155, p. 274-349.
- Hustedt, F., 1959, Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. in Dr. Rabenhorsts Kryptogamen Flora von Deutschland, Oesterreichs und der Schweiz, vol. 7, Leipzig, Part 2, p. 845.
- Hustedt, F., 1961-1966, Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeres-gebiete. in Dr. Rabenhorsts Kryptogamen Flora von Deutschland, Oesterreichs und der Schweiz, vol. 7, Leipzig, Part 3, p. 816.
- 伊藤良永・堀内誠示, 1989, 古環境解析からみた陸生珪藻の検討 - 陸生珪藻の細分 - . 日本珪藻学会第 10 回大会講演要旨集, p. 17.
- 伊藤良永・堀内誠示, 1991, 陸生珪藻の現在に於ける分布と古環境解析への応用. 日本珪藻学会誌, 6, p.23-44.

- 加藤君雄・小林 弘・南雲 保, 1978, 八郎潟調整池のケイソウ類. 八郎潟調整池の生物相調査報告, 八郎潟調整池生物相調査会, 秋田県, p. 63-137.
- 小杉正人, 1986, 陸生珪藻による古環境の解析とその意義 - わが国への導入とその展望 - . 植生史研究, 第 1 号, p. 9-44.
- Krammer, K. and H. Lange-Bertalot, 1985, Naviculaceae. *Bibliotheca Diatomologica*, vol. 9, p. 250. Krammer, K. and H. Lange-Bertalot, 1986, Bacillariophyceae, *Susswasser flora von Mitteleuropa*, 2(1) : pp. 876.
- Krammer, K. and H. Lange-Bertalot, 1988, Bacillariophyceae, *Susswasser flora von Mitteleuropa* 2(2): pp. 596.
- Krammer, K. and H. Lange-Bertalot, 1990, Bacillariophyceae, *Susswasser flora von Mitteleuropa* 2(3): pp. 576.
- Krammer, K. and H. Lange-Bertalot, 1991, Bacillariophyceae, *Susswasser flora von Mitteleuropa* 2(4): pp 437.
- 中島啓治・田中宏之・吉田武雄・服部幸雄, 1978, 奥利根地域の珪藻類. 群馬県奥利根地域学術調査報告書( ), p.146-165.
- Patrick, R. and Reimer, C. W., 1975, The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 2, Part 1, pp. 213, *Monographs of Acad.Nat. Sci. Philadelphia* 13.
- Stoermer, E. F. and Yang, J. J., 1968, A preliminary report on the fossil diatom flora from Lake Huron sediments. *Proc. 11th Conf. Great Lake Res., Internat. Assoc. Great Lakes Res.* p.257-267.
- 田中宏之・中島啓治, 1985, 群馬県老神・奥平・梨木・嶺・赤久縄温泉及び福島県元温泉小屋温泉のケイソウ. 群馬県立博物館紀要, 1985(6), p.1-22.
- 田中宏之, 1987, 群馬県高崎市北部から発掘された古代水田の珪藻. 群馬県立歴史博物館紀要, 8, p.1-20.
- Van Landingham, S.L., 1970, Origin of an early non-Marine Diatomaceae Deposit in Broad water County, Montana, U. S. A. *Diatomaceae II Nova Hedwigia* Heft 31, p.449-473.
- 山路 勇, 1980, 日本海洋プランクトン図鑑. 保育社, pp.1-537.

### < 有孔虫化石 >

- 秋元和實・長谷川四郎, 1988, 日本近海における現生有孔虫の深度分布. *地質学論集*, 32, 229-240 .
- Berggren, W.A., Kent, D.V., Swisher, C.C. & Aubry, M-P., 1995, A REVISED CENOZOIC GEOCHRONOLOGY AND CHRONOSTRATIGRAPHY. *Geochronology time Scales and Global Stratigraphic Correlation*, SEPM Special Publication 54. 129-212.
- Blow, W.H., 1969, Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy, in P. Bronnimann, & H.H. Renz, (eds.), *Internatl.conf. Planktonic Microfossils*, 1<sup>st</sup>, Geneva, 1967, Proc., 1, 199-421.
- Blow, W.H., 1979, *The Cainozoic Foraminiferida*, V. & , Leiden, E.J. Brill, 1413p.
- Bolli, H.M. & J.B. Saunders, 1985, Oligocene to Holocene low latitude planktic foraminifera.

Plankton Stratigraphy 155-261.

長谷川四郎・秋元和實・北里 洋・的場保望, 1989, 底生有孔虫にもとづく日本の後期新生代古水深指標. 地質学論集, 32, 241-253.

井上洋子, 1980, 日本周辺海域の現生有孔虫の生態学的研究. 技研特報, 41-1&2.

Kennett, J.P. & M.S. Srinivansan, 1983, Neogene planktonic foraminifera. Hutchinson Ross Publishing company, 265p.

Murray, J.W., 1991, Ecology & Paleoecology of Benthic Foraminifera. 397p.

Oda, M., 1977, Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy of the Late Cenozoic Sedimentary Sequence, Central Honshu, Japan. Sci. Rep. Tohoku Univ., 48, 76p.

尾田太良, 1986, 新第三紀の微化石年代尺度の現状と問題点 - 中部および東北日本を中心として - . 北村 信教授記念地質学論文集, 297-312.

斎藤常正, 1999, 最新の古地磁気層序の改訂と日本の標準微化石層序. 石油技誌, 64, 2-15.

高柳洋吉 編, 1978, 微化石研究マニュアル, 161p. 朝倉書店.

#### < 花粉化石 >

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, 177-186.

潟西層団体系研究グループ, 1983, 男鹿半島北東部潟西地域における潟西層. 地球科学, 37, 69-80.

Machida, H., 1999, Quaternary Widespread Tephra Catalog in and around Japan: Recent Progress. The Quaternary Research, 38, 3, 194-201.

野尻湖発掘調査団 編著, 1993, 地団研専報 / 41 「中部日本における最終氷期の古環境野尻湖底ボーリングのコア分析」. 地学団体研究会. p. 80.

大嶋秀明・徳永重元・下川浩一・水野清秀・山崎晴雄, 1997, 長野県諏訪湖湖底堆積物の花粉化石群集とその対比. 第四紀研究, 36(3), 165-182.

白石建雄・竹内貞子・林 信太郎・林 聖子, 1988, 秋田県男鹿半島で発見された始良 Tn 火山灰. 第四紀研究, 27, 187-190.

白石建雄・竹内貞子, 1999, 秋田県男鹿半島における上部更新統層序の再検討. 第四紀研究, 38, 1, 29-39.

竹内貞子, 1994, 花粉化石からみた始良 Tn 火山灰 (AT) 降灰前後の東北地方の植生. 第四紀, 26, 57-65.

竹内貞子・川村敬子, 1991, 宮城県鬼首盆地における更新統の花分析. 中川久夫教授退官記念地質学論文集, 291-295.

Takeuti, S. and Manabe, K., 1993, Quaternary Environmental Changes in Northeast Honshu, Japan. Saito-Hon-on Kai Mus. Nat. Hist., Res. Bull., 61, 15-28.

辻 誠一郎・日比野紘一郎, 1975, 秋田県女潟における花粉分析的研究. 第四紀研究, 14, 3, 151-157.

辻 誠一郎, 1981, 秋田県の低地における完新世後半の花分析群集. 東北地理, 33, 2, 81-88.