Ⅲ　各種調査結果

１　カイギュウ化石

札幌市南区小金湯の豊平川河床から産出したカイギュウ化石は2003年8月に棚橋愛子さん(当時小学校6年生）とそのご家族によって発見された標本（以後、サッポロカイギュウ札幌第1標本と呼ぶ）が主要なものである。その他に、2005年発掘調査の際に藤森義孝氏と筆者（古沢）発見の各1点、2006年地史見学会における田中　佑氏発見の1点、単独調査の三浦龍一氏発見の2点の合計5点4標本がある。これら4標本は、いずれもサッポロカイギュウ札幌第1標本が産出した地点より上流に位置する砥山ダム下の河床から転石として採取されており、サッポロカイギュウ札幌第1標本の産出状況から判断すると、明らかにこれとは別個体の標本である。これらのカイギュウ化石は層準としてはサッポロカイギュウ札幌第1標本よりやや下位に位置することになるが第1標本との大きな形態的な差異が認められないことから同類のものと見なし、いずれもサッポロカイギュウと呼ぶことにする。このうち2005年に藤森氏、2006年田中氏によって発見された肋骨には一部海綿質組織が残されていることから若い個体である可能性が高い。2004年に発見されたもの2点と2006年に三浦氏によって発見されたものは風化の程度がことなり一見して別個体のものに見えるが、産出状況によっては風化の度合いが異なることからそれぞれ別個体であるという断定は出来ない。したがって、本報告では発見年、発見者ごとに藤森氏発見の標本をサッポロカイギュウ札幌第2標本、筆者発見の標本をサッポロカイギュウ札幌第3標本、田中氏発見のものをサッポロカイギュウ札幌第4標本、三浦氏発見のものをサッポロカイギュウ札幌第5標本としてそれぞれ記載することとする。

(1) サッポロカイギュウの産状

サッポロカイギュウ札幌第1標本は連続する肋骨4点、それに背側で関節する胸椎横突起3点および腹側で関節する胸骨1点が産出しそのうち、肋骨はいずれも後内側を上にして産出した。また、前位の肋骨の上に後位の肋骨の近位部が重なり、胸椎の左横突起はいずれも後面を見せていることから、本標本は仰向けの状態から腐乱の過程で肋骨と脊柱が頭方に倒れた後埋没した可能性が高い。

産出した肋骨の中で最も後位の肋骨(図Ⅲ-1-2-A)の肋骨結節は、横突起(図Ⅲ-1-2-G)の肋骨結節窩と完全に関節した状況で産出している。また、より前位の2点(図Ⅲ-1-2-B、図Ⅲ-1-2-C)は肋骨近位を欠き、直接の関節状況は確認できないが、いずれも肋骨頭が位置したであろうと推察できる部分からそれぞれ横突起が産出している。また、胸骨（剣状突起）については、いずれも肋骨遠位端が欠損しているため関節した状態は確認できないが､肋骨遠位部付近から産出しているため、死後海底に沈下した後、あまり長期にわたって海底で露出することなく短時間で完全に近い状態の遺体を砂泥中に埋没したことが推察できる。

標本には埋没後に密圧によってできたと思われる亀裂あるいは破損が隋所に見られることから、堆積後に大きな物理的な力が加えられたことが推察できる。

本地域にはサッポロカイギュウ札幌第1標本以外にも、鯨類化石札幌第2標本あるいは札幌第4標本のように明らかに連続する交連状態の化石が産出することから、本地域は保存状態のよい脊椎動物化石が産出するなんらかの環境があったことが推察される。

第1標本以外はいずれも転石として採取された。

(2) 標本の記載

Class Mammmalia Linnaeus, 1758
Order Sirenia Illiger, 1811
Family Dugongidae Gray, 1821
Subfamily Hydrodamalinae（Palmer, 1895）Simpson, 1932
Genus *Hydrodamalis* Retzius, 1794
Hydrodamalis sp.

産出した化石の肋骨はいずれも肥厚化、骨硬化した特徴を示し、横断面形が楕円から円形を示すことから海牛類の属性を示す。

産出地点：サッポロカイギュウ札幌第1標本については､東経141°13′35″､北緯42°57′45″。その他の脊椎動物化石については、おおむね東経141°13′20″、北緯42°58′04″から産出した。

サッポロカイギュウ札幌第1標本

発見者：棚橋愛子

採取年月日：2003年8月18日

産出部位：左側中位肋骨、胸骨（剣状突起)、

胸椎ほか。図Ⅲ-1-2-A～N

記載

肋骨：4 本の肋骨は、いずれも遠位端が破砕され欠損している。図Ⅲ-1-2-A がもっとも保存状態がよく、肋骨結節と肋骨角を背側に向け、やや膨らんだ肋骨体を前方外側に向けると尾方からみて左側に湾曲することから左側肋骨である。肋骨頭は尾方を欠損するが、残された頭方の形状から頭方と尾方それぞれに向いた 2 つの関節面があったことが推察できる。肋骨頚では内腹面が平坦で外背側が弱く凸湾し、前外側が弱く凹湾するため、断面形は弱い三角形を呈する。肋骨頚の前外側にはやや顕著な稜が発達する。肋骨結節は円形で低く突出するが、円柱状になることはない。肋骨角付近は外側にやや膨隆するが、肋骨角から遠位にかけてはほぼ内外側に扁平な楕円形の断面を示す。

図Ⅲ-1-2-B は肋骨結節遠位部で破断、屈曲し、肋骨頚の内側は破砕、欠損している。その他の形状は図Ⅲ-1-2-A と同様である。

図Ⅲ-1-2-C は、肋骨結節遠位部で破断され、近位を欠損している。その他の形状は図Ⅲ-1-2A、B 同様である。

図Ⅲ-1-2-D は肋骨角より近位を欠損している。その他の形状は図Ⅲ-1-2-A～C と同様である。

全体的に骨質は緻密であるが近位骨頭部と肋骨体遠位端断面に一部海綿質がみられる。Domning（1978）によると、幼体あるいは未成熟の個体の肋骨頭や肋骨体遠位部に海綿質が観察されるとしていることから、本標本は未成熟の個体であると考える。

図Ⅲ-1-2-E、F は 2003 年の発掘時に埋没層準から離れていたものを採取したものである。いずれも肋骨体の一部である。全体に楕円形の横断面を示すが、左右については判断できない。

各肋骨の計測位置および計測値は下記のとおりである。

1　直長：肋骨近位端から肋骨体遠位端までの直線の長さ
2　曲長：肋骨近位端から肋骨体遠位端までの骨軸に沿った長さ
3　肋骨近位関節長：肋骨頭近位端から肋骨結節遠位端までの長さ
4　肋骨角内外径：肋骨角部における肋骨体の内外径
5　肋骨角頭尾径：肋骨角部における肋骨体の頭尾径
6　肋骨体内外径：肋骨体中位部における内外径
7　肋骨体頭尾径：肋骨体中位部における頭尾径

表Ⅲ-1-1　肋骨計測値（単位：mm）

	A	B	C	D	E	F
1	570+	620+	416+	286+	160+	137+
2	750+	710+	439+	300+	182+	138+
3	159	153	－	－	－	－
4	63+	74	75	81	75	73
5	51	51	51	43	41	42
6	80	83	85	82	－	－
7	43	41	46	41	－	－

胸椎：胸椎は左横突起が 3 点(図Ⅲ-1-2-G、J、 図Ⅲ-1-2-H、K、図Ⅲ-1-2-I、L)確認された。図Ⅲ-1-2-G、J は図Ⅲ-1-2-A の肋骨と、図Ⅲ-1-2-H、K は図Ⅲ-1-2-B の肋骨と、図Ⅲ-1-2-I、L は図Ⅲ-1-2-C の肋骨と関節する位置からそれぞれ産出した。

図Ⅲ-1-2-G、J は左前関節突起の一部を残し、前縁の厚さが 26mm、後縁の厚さが 39mm である。背面は弱く凸湾、覆面は弱く凹湾する。外側縁は近位に傾斜している。腹側面にはほぼ円形（27×29mm）で深さ最大で 10mm の肋骨結節関節窩が凹湾する。

図Ⅲ-1-2-H、K は前縁部を欠き、後縁部の厚さは 38mm である。腹側遠位端にほぼ円形(26×26mm)の肋骨結節窩があり、深さはおよそ 3mm である。

図Ⅲ-1-2-I、L は横突起の遠位端のみを残し、後縁部を一部欠損する。腹側外側端には頭尾方向に長い(27×21mm)の肋骨結節関節窩があり、深さはおよそ 5mm である。

胸骨（剣状突起）：胸骨(図Ⅲ-1-2-M)は全体に頭尾方向に長いハート型を示す。内腹側の頭方は一部欠損している。全体に内側は平坦であり、外側は正中が膨隆する横断面形は半円状を示す。頭方は左右に広がり、外側端に肋骨関節窩がわずかに確認できる。頭端でやや狭くなり、正中には切痕が見られる。尾端は細くなり薄く収束する。胸骨は頭方より胸骨柄、胸骨体、剣状突起の三部から構成されているものと想定し、その最も尾方に位置するものとして本標本を剣状突起と同定した。

胸骨（剣状突起）の計測位置および計測値は下記のとおりである。

1　剣状突起長：頭端から尾端までの長さ
…203mm
2　剣状突起頭部幅：剣状突起頭方の最大幅
…132mm
3　剣状突起尾部幅：剣状突起尾方の最大幅
…70mm
4　剣状突起頭部厚：剣状突起頭部の最大厚
…49mm
5　剣状突起体厚：剣状突起中央部の最大厚
…35mm
6　剣状突起尾部厚：剣状突起尾部の最大厚
…8mm

サッポロカイギュウ札幌第 2 標本

発見者：藤森義孝

採取年月日：2005 年 8 月 13 日

産出部位：肋骨(図Ⅲ-1-2-N)

本標本は肋骨体の一部である。最大長は 74mm、最大頭尾径は 67mm、最大内外径 50mm である。左右の判別はつかないが、断面形が円に近い楕円形であることから前位肋骨の可能性がある。

肋骨体内部、断面の中央部に海綿質組織を円形(16×11mm)で残すことから未成熟の個体である可能性が高い。

サッポロカイギュウ札幌第 3 標本

発見者：古沢　仁

採取年月日：2005 年 8 月 13 日

産出部位：肋骨(図Ⅲ-1-2-O)

本標本は肋骨体の一部である。最大長 50mm、最大頭尾径 72mm、最大内外径 40mm である。左右の判別はできない。断面形が内外側に扁平な楕円形であり、骨体内に海面質組織も見られないことから後位肋骨の一部と考えられる。

サッポロカイギュウ札幌第 4 標本

発見者：田中　佑

採取年月日：2006 年 8 月 12 日

産出部位：肋骨(図Ⅲ-1-2-P)

本標本は肋骨体の一部である。左右の判別はつかない頭側および尾側の一部を欠く。最大長 78mm、最大頭尾径 62mm、最大内外径 41mm である。断面はやや扁平な楕円形である。やや平坦な内側に断面積の半分近くおよぶ海面質組織が見られ、内側表面にも露出することからかなり若い未成熟個体であると推察される。

サッポロカイギュウ札幌第 5 標本

発見者：三浦龍一

採取年月日：2006 年 8 月 17 日

産出部位：肋骨（図Ⅲ-1-2-Q、R）

本標本は肋骨体の一部およびその破片である。肋骨の形状をなすものは外側の一部を欠損するが、最大長は 81mm、最大頭尾径は 75mm、最大内外径は 43mm である。近遠心方向の一般湾曲が観察できる。断面形は内外側に扁平な楕円形で全体に緻密質が卓越する。

（3）分類

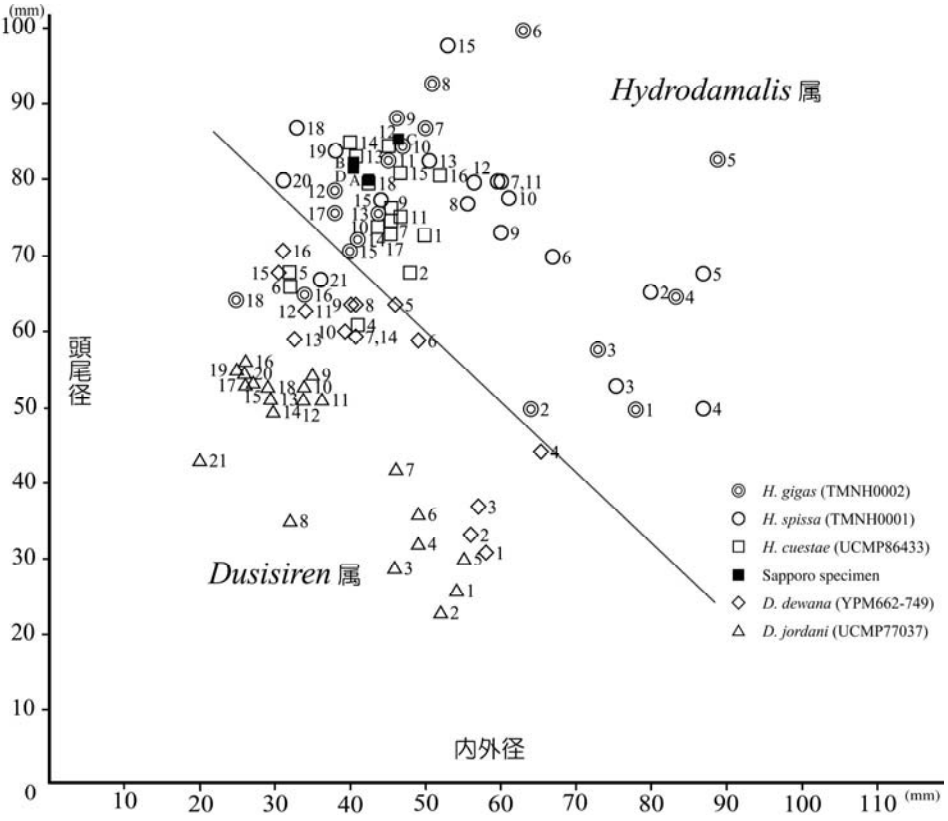
サッポロカイギュウ札幌第1標本は､肋骨断面が円に近い楕円形で、全体に緻密質が発達することからカイギュウ目の属性を示す。

カイギュウ目(Sirenia)の分類については、資料が現存していて、ある程度比較可能な部位を残すものを保管されている研究施設の資料、あるいは文献等から調査した結果、4 科 21 属 38 種が確認されている。このうち、日本から産出する化石種はジュゴン科（Dugongidae）の Halitheriinae 亜科と Hydrodamalinae 亜科の 2 グループのみである。Halitheriinae 亜科はヨーロッパを中心に漸新世から鮮新世にかけて世界各地に分布している。一方、Hydrodamalinae 亜科は Halitheriinae 亜科から分岐し、中新世から完新世にかけ北太平洋を中心に分布したグループである。両者の大きな違いは、Halitheriinae 亜科が温暖な環境に適応したのに対し、Hydrodamalinae 亜科は寒冷な環境に適応し、後に体躯を大型化させたことである。Halitheriinae 亜科はどの種も概ね体長 2～4m であるのに対し、Hydrodamalinae 亜科化石は、体長 4～5m で機能歯を有する後期中新世の *Dusisiren* 属と体長 7m 以上に達し、機能歯を消失する後期中新世から後期更新世の *Hydrodamalis* 属に二分さる。

サッポロカイギュウ札幌第 1 標本の分類には体の大きさがひとつの判断要素となる。そこで、産出した肋骨体中央部断面の直径を体長 4～5m の *Dusisiren* 属のものと、体長 7m を超える *Hydrodamalis* 属のものとで比較し、いずれの大きさの範疇に入るかを検討した。図Ⅲ−1−1 はいずれも肋骨の順位が明らかになっている Hydrodamalinae 亜科の標本における肋骨体中央部断面の値を頭尾径と内外径それぞれについてプロットしたものである。これを見ると、体長 4～5m の *Dusisiren* 属においては頭尾径、内外径ともに 70mm を大きく超えるものはない。一方、サッポロカイギュウ札幌第 1 標本は計測可能な 4 本の肋

骨の頭尾径がいずれも 80mm を超えることから、寒冷な環境に適応しして体長 7m 以上に大型化したHydrodamalinae亜科*Hydrodamalis*属に分類されることが明らかになった。

サッポロカイギュウ札幌第1標本と随伴する微化石から推定した生息環境も本層準の堆積環境が寒冷であることを示している。



図Ⅲ-1-1　ヒドロダマリス亜科の肋骨径

２　鯨類その他脊椎動物化石

(1) 鯨類化石

カイギュウ類以外の脊椎動物化石はこれまでに鯨類化石が 6 標本、魚類化石が 1 点確認されている。

最初に確認された鯨類の標本は、2003 年にサッポロカイギュウ札幌第 1 標本が発掘された年に南区在住の小林久公氏によって札幌市博物館活動センターに持ち込まれたもので、発見者は同じく南区在住の山澤　敬氏である。発見された年は明確ではないが、持ち込まれた年から十年ほど遡った 1993 年ころという記憶であった。採取場所は南区小金湯の砥山栄橋上流左岸とのことであったが、確実にその産出場所を特定できていない。持ち込まれた標本は母岩に含まれた 3 個のブロックで、クリーニング作業は札幌市博物館活動センターにおいて古沢が行った。以後、本標本を鯨類化石札幌第 1 標本と呼ぶ。

鯨類標本の 2 点目は 2005 年 6 月 26 日、日本地質学会北海道支部の巡検中に古沢によって発見された。採取場所は南区小金湯の砥山ダム下の豊平川の川原である。母岩の表面に見えていた化石は印象を伴う椎体の一部 2 点と同じく印象を伴う肋骨 2 点であったが、そのほかに印象のみの肋骨が 3 点確認された。クリーニングは初めに残された印象化石の凹型に石膏を流して形状を写し取った後、母岩から化石骨を取り出す作業を実施した。以後、本標本を鯨類化石札幌第 2 標本と呼ぶ。

鯨類標本の 3 点目は、2005 年 10 月 9 日、鯨類化石札幌第 2 標本と同じ場所で、北海道教育大学札幌校の守田明弘氏によって発見され、後日札幌市博物館活動センターに運び込まれた。クリーニング作業は古沢が行った。以後、本標本を鯨類化石札幌第 3 標本と呼ぶ。

鯨類標本 4 点目は、2006 年 7 月 23 日、UHB 北海道文化放送の取材中に小学校 5 年の佐藤冬季也

君と西本　将君によって発見されたものである。採取地は鯨類化石札幌第 2 標本と同じ南区小金湯の砥山ダム下の豊平川の川原である。クリーニング作業は古沢が行った。以後、本標本を鯨類化石札幌第 4 標本と呼ぶ。

鯨類標本 5 点目は、2006 年 8 月 12 日に札幌市博物館活動センターが実施した地史見学会において、小学校 4 年の永井友理さんによって発見されたものである。母岩表面に露出している化石は非常に小さいものであるが、海面質の骨質が卓越することから鯨類と判断した。現在クリーニング作業中である。以後、本標本を鯨類化石札幌第 5 標本と呼ぶ。

鯨類標本 6 点目は、2006 年 8 月 12 日に札幌市博物館活動センターが実施した地史見学会において、事業のサポートを行っていた明治コンサルタント（株）の重野聖之氏によって発見採取されたものである。本標本は発見時すでに母岩から離れ、表面は全体に磨耗していた。以後、本標本を鯨類化石札幌第 6 標本と呼ぶ。

その他の脊椎動物化石としては 2005 年 8 月 13 日に札幌市博物館活動センターが実施した市民参加現地調査「化石調査に参加しよう！」に参加した小学校 5 年（当時）の石川秀樹君によって発見された魚類の脊椎化石である。以後、本標本を魚類化石札幌第 1 標本と呼ぶ。

（2）標本の記載

Class Mammmalia Linnaeus, 1758
Order Cetacea Brisson, 1762

鯨類化石はいずれも海面質組織が発達する特徴を持っている。

鯨類化石札幌第 1 標本

産出部位：下顎骨の一部(図Ⅲ-2-1-A，B)

本標本は棒状の骨で、口蓋側に骨軸に沿って稜が走り、尾方（関節方向）に向かって発達する。腹側は円く断面形は特に尾方で明瞭な滴型を示す。口蓋側から見ると弱く近心に湾曲することからヒゲクジラ亜目の左の下顎骨である。断面には下顎管が見られないことから関節部に近い部位と考える。

鯨類化石札幌第 2 標本

産出部位：椎体、肋骨(図Ⅲ-2-1-E～K)

本標本は骨化石 4 点と印象化石 3 点からなる。骨化石は肋骨 2 点と脊椎椎体部 2 点であり、印象化石はいずれも肋骨である。

肋骨(図Ⅲ-2-1-E)は後外側に稜を伴う弱い結節が肋骨角を形成し、肋骨体の外背側が凸湾、内腹側が凹湾することから右の肋骨角付近である。直長 193mm、曲長 196mm、近位部の頭尾径 45mm、内外径 25mm である。

肋骨(図Ⅲ-2-1-F)は印象から石膏で型取りをした。肋骨角の結節を持ち、形状も図Ⅲ-1-3-E と類似することから隣接する肋骨と考える。直長 235mm、曲長 240mm である。

肋骨(図Ⅲ-2-1-G)も印象から石膏で型取りをした。肋骨角を欠損する肋骨体遠位部である。直長 199mm、曲長 208mm である。

肋骨(図Ⅲ-2-1-H) も印象から石膏で型取りをした。図Ⅲ-2-1-G 同様、肋骨角を欠損する肋骨体遠位部である。直長 171mm、曲長 176mm である。

肋骨(図Ⅲ-2-1-I)は骨頭部を残し、遠位部は印象から型を取ってつないだ。全体の直長は 114mm で湾曲はほとんどみられない。骨頭部の頭尾径は 35mm、内外径は 25mm である。骨頭は全体に楕円形を示し、単純で弱い関節状態を示すことからヒゲクジラ亜目のものと推察する。

いずれの肋骨も近接して産出していることから図Ⅲ-2-1-E 同様右肋骨と考える。

椎骨（図Ⅲ-2-1-J、K）は隣接する椎体の尾端と頭端およびそれに続く椎体が印象として得られた。図Ⅲ-2-1-J は頭尾長 85mm、背腹径 53mm、図Ⅲ-1-3-K は頭尾長 65mm、背腹径 57mm である。椎骨の種類についてはその頭尾長から頚椎ではないが、それ以降の胸椎、腰椎、尾椎を特定できる部位はみられない。

椎体骨端は椎体と完全に癒着しており、完全な成熟個体であると考える。

鯨類化石札幌第 3 標本

産出部位：椎骨突起部、肋骨など（図Ⅲ-2-2-L、M）

本標本は椎骨の突起部 1 点、肋骨 2 点などからなるが、部位不明なものも何点か産出している。

図Ⅲ-2-2-L の突起部は最大長 123mm、最大幅 63mm で骨表面はほとんど磨耗しており本来の形状は不明であるが、全体にほぼ対称な板状の骨であることから椎体の棘突起あるいは横突起と考える。

図Ⅲ-2-2-M の肋骨はいずれも肋骨体の一部で、その大きさの違いから前位、後位のものが混在して産出したものと考える。

鯨類化石札幌第 4 標本

産出部位：椎骨椎体および前・後関節突起（図Ⅲ-2-1-C, D）

本標本は、椎体背側後部および高関節突起とその後位に連なる椎体背側前部および前関節突起からなる。椎体は、椎体骨端が軟骨粗面で分離しており、未成熟個体の特徴を示す。

前関節突起は内外側に扁平な方形で、背側端が外側に広がる。これらの形状は、ヒゲクジラ亜目の胸椎後部から腰椎，尾椎前部にかけての形状に類似している。

鯨類化石札幌第 6 標本

産出部位：肋骨（図Ⅲ-2-2-N）

本標本は肋骨体の一部で、表面はかなり磨耗している。最大長 47mm、最大頭尾径 36mm、最大内外径 20mm である。

（3）魚類化石

本調査において魚類の脊椎が 1 点産出した。本標本（図Ⅲ-2-2-O）は頭尾方向の両端がすり鉢状に陥没する椎心と棘状の長い神経棘と血管棘は魚類に共通する属性であり、本標本が硬骨魚類の脊椎の一部であることは明らかであるが、それ以上の分類については不明である。

椎体の背腹径は 20mm、神経棘の長さはおよそ 18mm である。

（古沢　仁）

図版説明

図Ⅲ-1-2　札幌産カイギュウ化石

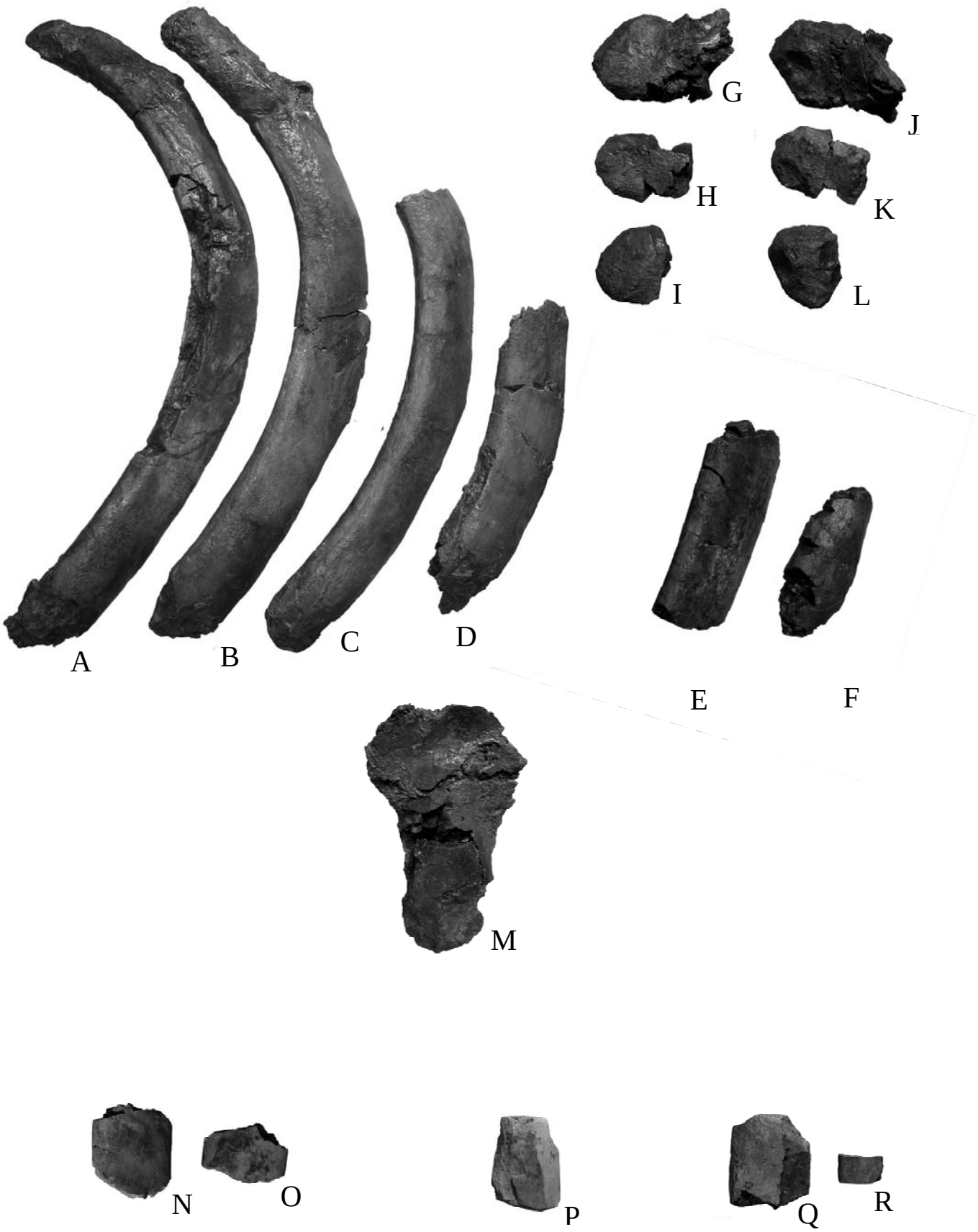
A～M　サッポロカイギュウ札幌第 1 標本
A　左肋骨
B　左肋骨
C　左肋骨
D　左肋骨
E　肋骨
F　肋骨
G　胸椎左横突起背側面
H　胸椎左横突起背側面
I　胸椎左横突起背面図
J　胸椎左横突起腹側面
K　胸椎左横突起腹側面
L　胸椎左横突起腹側面
M　胸骨（剣状突起）
N　サッポロカイギュウ札幌第 2 標本　肋骨
O　サッポロカイギュウ札幌第 3 標本　肋骨
P　サッポロカイギュウ札幌第 4 標本　肋骨
Q　サッポロカイギュウ札幌第 5 標本　肋骨
R　〃

図Ⅲ-2-1　札幌産その他の脊椎動物化石Ⅰ

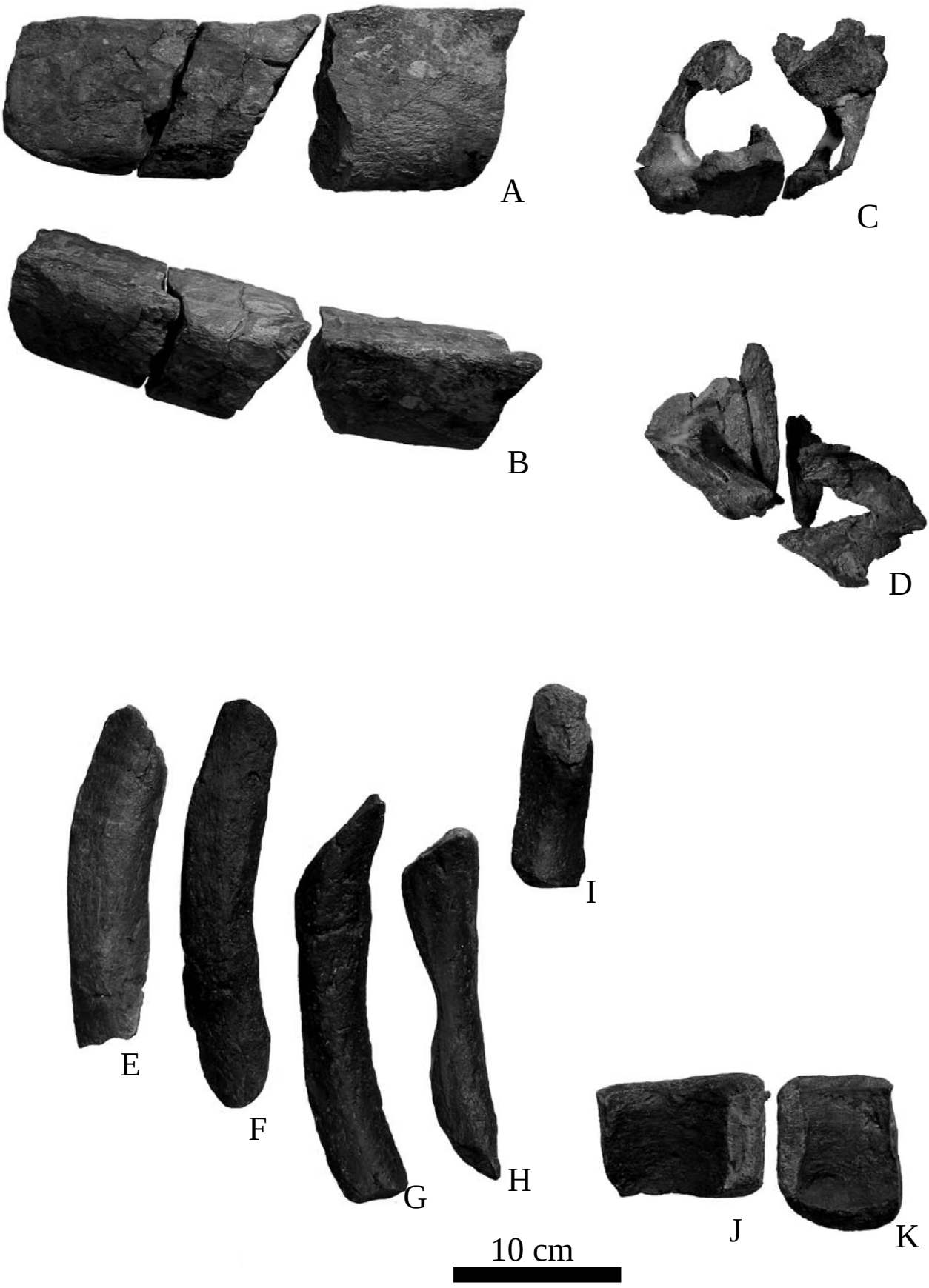
A　鯨類化石札幌第 1 標本　左下顎骨外側面
B　〃　左下顎骨口蓋側面
C　鯨類化石札幌第 4 標本　椎骨左側面
D　〃　椎骨背側面
E　鯨類化石札幌第 2 標本　肋骨
F　〃
G　〃
H　〃
I　〃
J　鯨類化石札幌第 2 標本　椎骨
K　〃

図Ⅲ-2-2　札幌産その他の脊椎動物化石Ⅱ

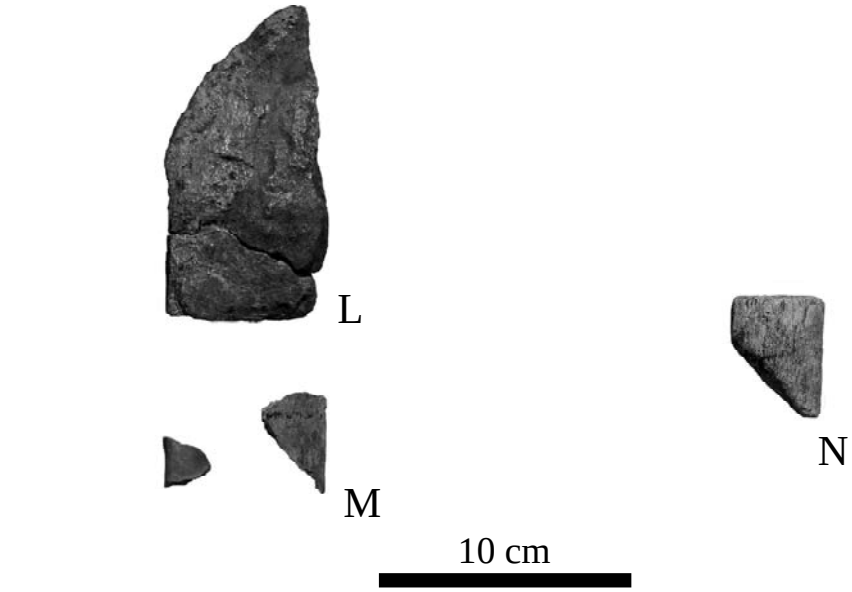
L　鯨類化石札幌第 3 標本　椎骨突起
M　鯨類化石札幌第 3 標本　肋骨
N　鯨類化石札幌第 6 標本　肋骨
O　魚類化石　脊椎

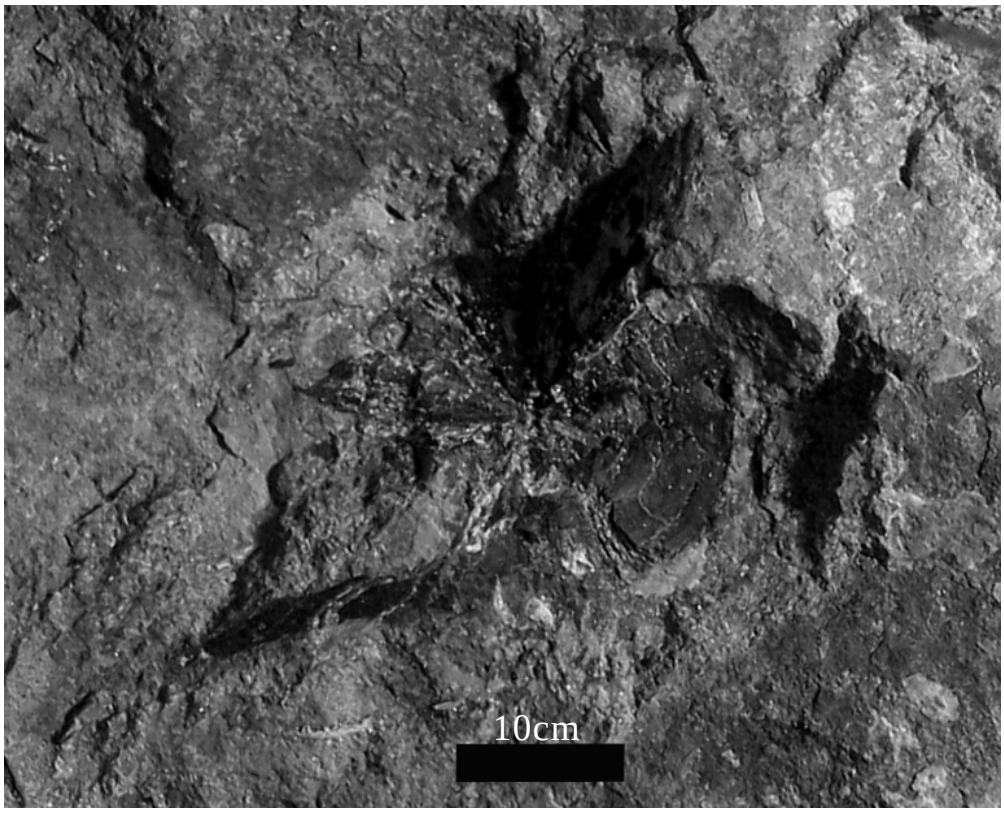


図Ⅲ-1-2　札幌産カイギュウ化石



図Ⅲ-2-1　札幌産その他の脊椎動物化石Ⅰ





図Ⅲ-2-2　札幌産その他の脊椎動物化石Ⅱ

３　貝化石

(1) はじめに

貝類は、海だけでなく湖・川・陸にも適応した無脊椎動物である。地球上では昆虫についで繁栄している動物で、世界中には10万種以上が生息している。人間の生活とも深いかかわりをもっていて、食用になったり、装身具に利用されたり、コレクションの対象となったりする。貝類は正式には軟体動物といい、その多くは体を保護する貝殻を持っている。石灰質の硬い貝殻をもつことが貝類の基本的な特徴のひとつといえる。

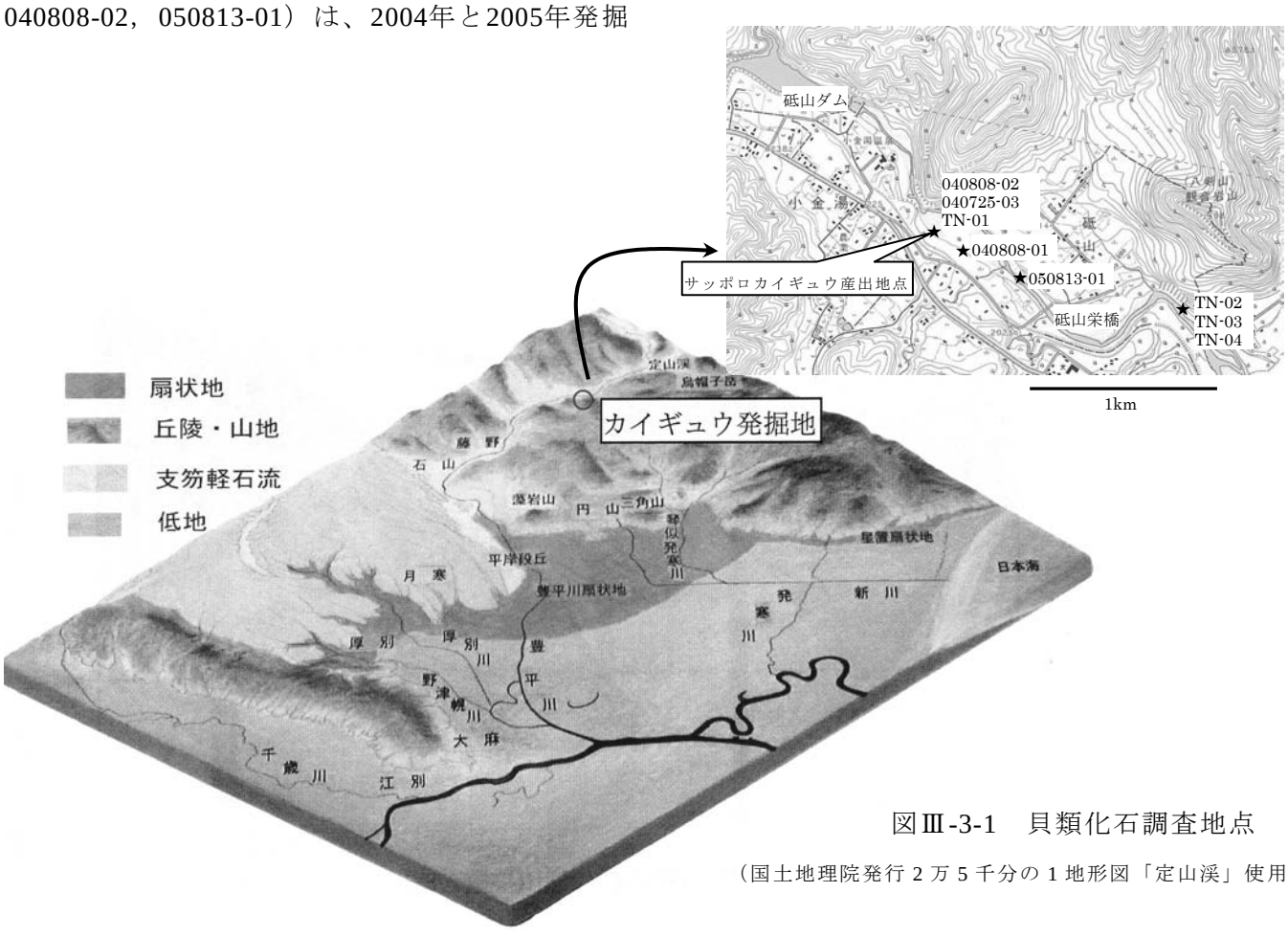
今生きている貝類は、種類ごとにそれぞれ生活している環境が判明している(肥後･後藤､1993)。ある種類の貝類は太古も同じ環境に生息していたと考えられている｡特に新生代の貝類については、今生きている貝類の生態を当てはめることが可能である。そのため、貝類化石の種類を調べることによって、当時の水深や水温、海底の様子を復元することができる(Ogasawara, 1994; 鈴木,2000)。

札幌市南区小金湯で発見された札幌カイギュウの化石産地付近の貝類化石に関する検討結果を報告する｡今回対象としたのは合計で８試料である。このうち、４試料（040725-03，040808-01，040808-02，050813-01）は、2004年と2005年発掘調査の際採集されたものである。一方、４試料（TN-01，TN-02，TN-03，TN-04）はカイギュウ化石産地付近より札幌市の棚橋邦雄氏によりすでに採集されていた化石である。

これらの化石試料のクリーニング後、貝類化石の同定を行ない、産出化石リストを作成した。本報告では、これらの結果をもとに貝類化石の群集特性を検討し、地質年代、古生態及び古環境に関する考察を試みる。

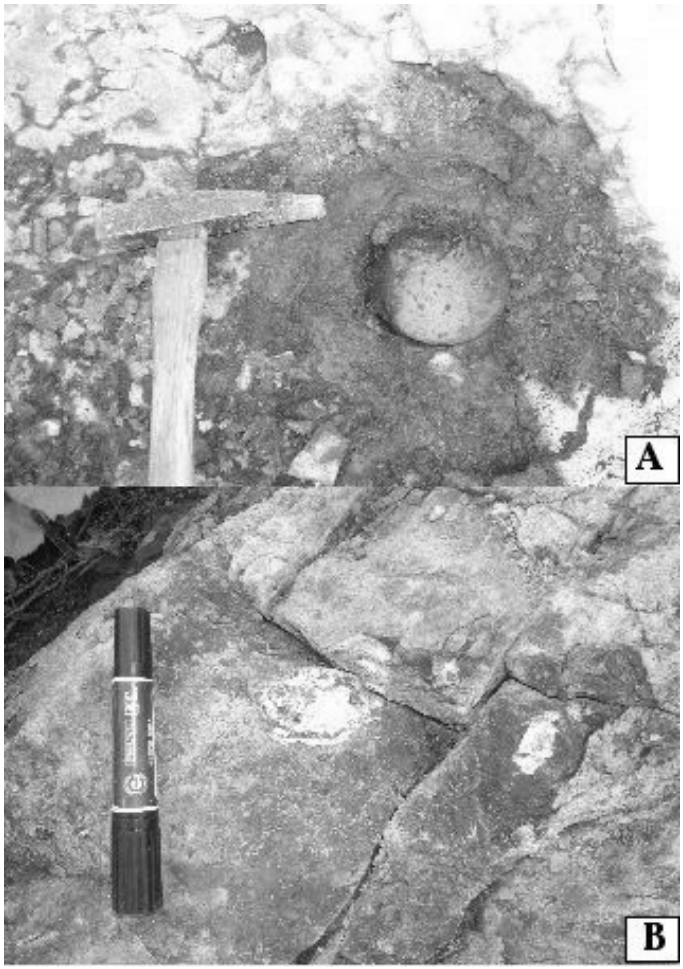
(2) 産出層準と産状

貝類化石が産出した層準は、新第三紀中新世の砥山層である。本層は札幌市南部の豊平川流域に典型的に露出している（図Ⅲ-3-１）。ここでの貝類化石の産状についてみると、散在型あるいはパッチ型密集を示しており、典型的な貝殻密集層を形成していない。明瞭な堆積構造に乏しいこと、合弁の二枚貝が多いこと（図Ⅲ-3-2)、破断した貝殻が少ないことなどから、これらの貝類化石は現地性～準現地性と推定される。なお、パッチ型密集は埋積後の生物撹乱による可能性も考えられるが、他の生息場所から運びこまれた可能性は低いといえる。



図Ⅲ-3-1　貝類化石調査地点

（国土地理院発行２万５千分の１地形図「定山渓」使用



図Ⅲ-3-2　貝類化石の産状写真
A：オウナガイ（*Conchocele bisecta*）の合弁の産状（豊平川左岸）。
B：ツキガイモドキ類（*Lucinoma* sp.）の合弁の産状（砥山ダム付近）。

（3）年代と対比

二枚貝16種、巻貝7種、ツノ貝1種の計24種の貝類化石の産出が確認された（表Ⅲ-3-１）。フォーナ全体についてみると、二枚貝類が卓越するやや多様性の低い群集である。群集構成からみると、中期中新世後半～後期中新世（約10-6 Ma）を代表する上部峠下動物群あるいは稚内動物群に相当すると考えられる(Uozumi, 1962; Amano, 1983)。

上部峠下動物群（Upper Togeshita Fauna）は、道北留萌地域の峠下層上部の貝類化石群集で代表される(Amano, 1983, 1986)。本動物群は、およそ50種から構成され、寒冷種が主体となる。また、深海性要素も含まれ、化学合成群集であるシロウリガイ群集の産出は注目される。

北海道では主に道北地域からその産出が確認され（鈴木、2000）、小平の鬼鹿層（赤松ほか, 2006）、初山別の金駒内層（木村ほか, 1995）、歌登の志美宇丹層（Ogasawara et al., 1993）から報告がある。なお、本層準の貝類化石動物群は東北日本の上部塩原-耶麻動物群に対比される（Chinzei、 1986; Ogasawara, 1994）。

中央北海道では望来層の貝類化石群集に類似する（垣見, 1958）。今回望来層からも産出している *Acharax tokunagai*、 *Megayoldia thraciaeformis*、 *Lucinoma acutilineata*、 *Conchocele bisecta*、 *Neptunea modesta*、 *Fissidentalium yokoyamai* が新たに確認された。

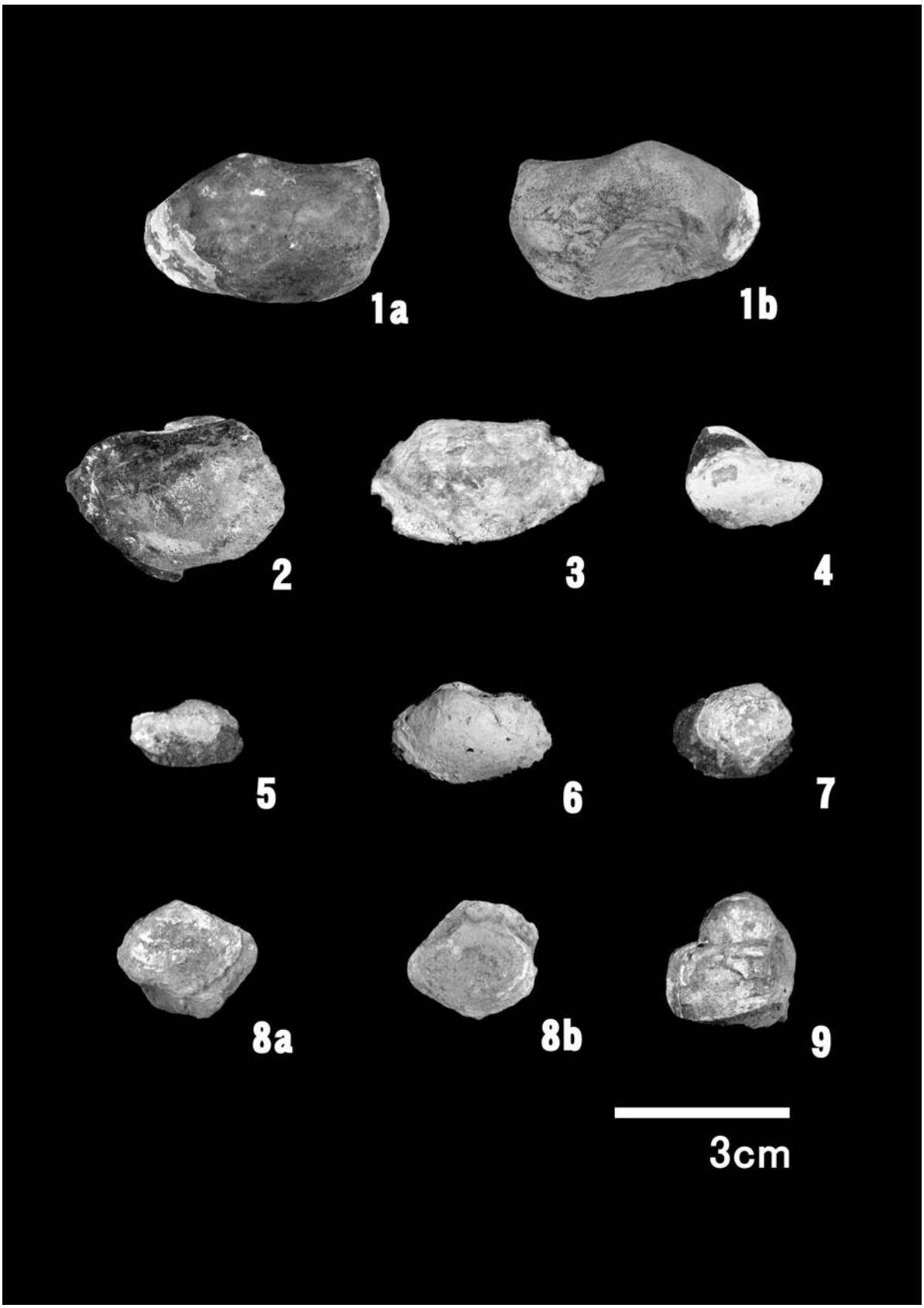
表Ⅲ-3-1　産出した貝化石

Species name / Locality	040725-03	040808-01	040808-02	050813-01	TN-01	TN-02	TN-03	TN-04
(Bivalvia)								
Acharax tokunagai (Yokoyama)	1							
Malletia sp.		7	12		1	7	2	1
Nuculana sp.			2					
Yoldia sp.		2	1					
Megayoldia thraciaeformis (Storer)						1	1	
Megayoldia sp.					1			
Portlandia hayasakai (Uozumi)	1		2			1		1
Portlandia sp.	1		1			1		1
Lucinoma acutilineata (Conrad)	6						5	2
Lucinoma sp.	1	4	2	2	1		7	1
Conchocele bisecta (Conrad)		4	21	2	6	2	1	1
Conchocele sp.		14	20	2	3	3		11
Serripes sp.			1					
Macoma sp.				1		1		1
Calyptogena pacifica (Dall)			3					
Calyptogena sp.		4	14		4	6		6
(Gastropoda)								
Cryptonatica sp.						2	3	1
Fulgoraria sp.								2
Rectiplanes sanctiioannis (Smith)								1
Clinopegma sp.							1	
Neptunea modesta (Kuroda)								1
Neptunea sp.							2	4
Buccinum sp.								1
(Scaphopoda)								
Fissidentalium yokoyamai (Makiyama)								3

（4）貝類化石の群集特性

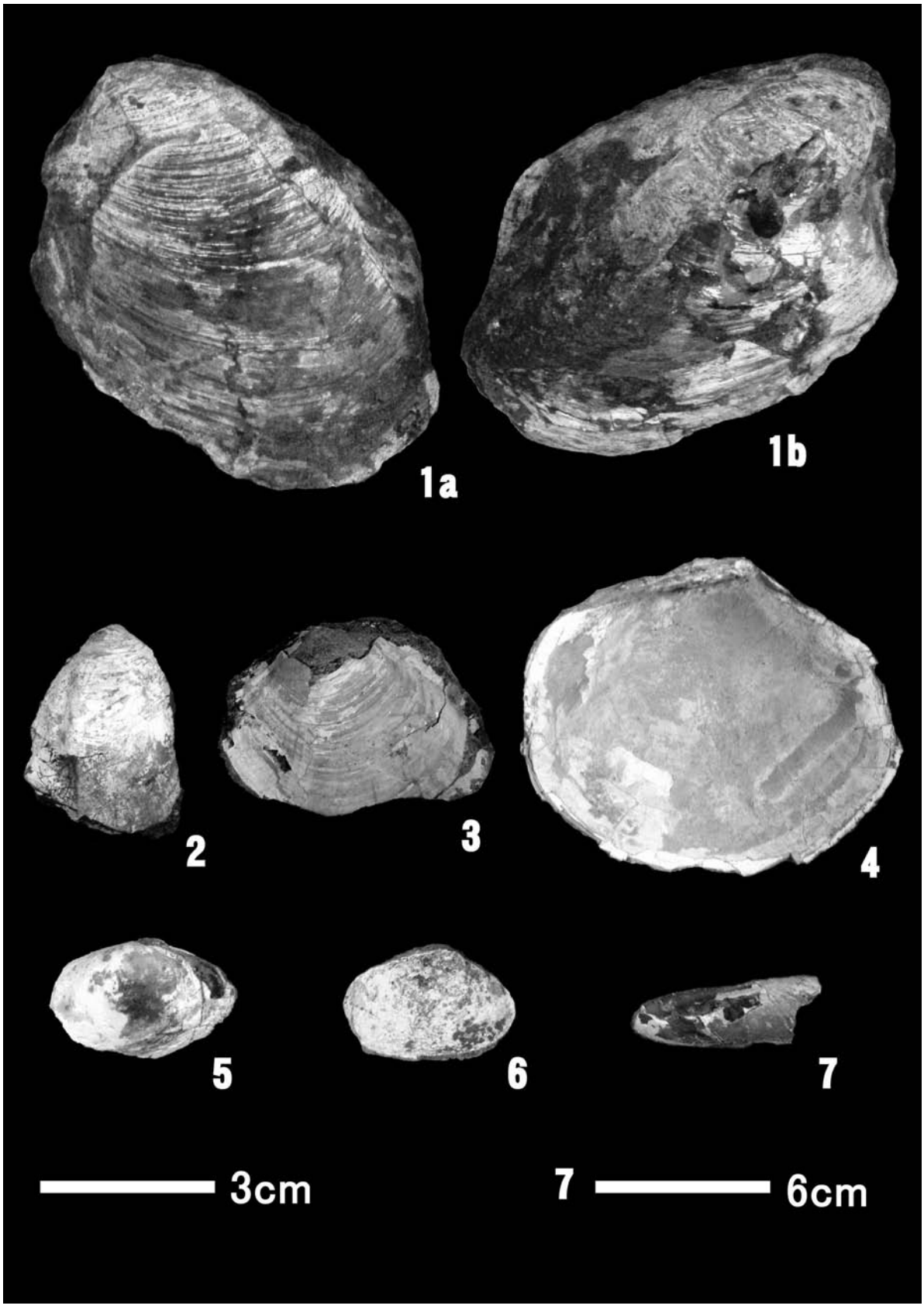
産出した貝類化石を試料ごとに表Ⅲ-3-１に示す。試料040725-03は*Lucinoma acutilineatum*が卓越し、*Acharax tokunagai*, *Portlandia hayasakai*等を随伴する。産出頻度に基づくと、*Lucinoma*群集（*Lucinoma Assemblage*）とよぶことができる。試料040808-01，040808-02，050813-01は*Conchocele bisecta*, *Conchocele* sp.が卓越し、*Malletia* sp.，*Yoldia* sp.，*Portlandia hayasakai*, *Portlandia* sp.，*Lucinoma* sp.，*Calyptogena* sp.等を随伴する。産出頻度に基づくと、*Conchocele*群集（*Conchocele Assemblage*）とよぶことができる。

一方、４試料TN-01、TN-02、TN-03、TN-04については、同一産地であっても産出層準が若干異なる貝類化石がまとめられている可能性があるので、産出頻度による群集認定は行なわなかった．群集構成を見ると、*Conchocele bisecta*, *Conchocele* sp.が多く、*Malletia* sp., *Lucinoma* sp.，*Calyptogena* sp.等が含まれており、前述の*Conchocele*群集に類似している。また、巻貝類が多数含まれているのが特徴である。それらは、*Cryptonatica* sp.，*Fulgoraria* sp.，*Rectiplanes sanctiioannis*, *Clinopegma* sp., *Neptunea modesta*, *Neptunea* sp., *Buccinum* sp.等である。また、TN-04には、ツノ貝類*Fissidentalium yokoyamai*が認められた。



図Ⅲ-3-3　豊平川下流の砥山層より産出した貝類化石（沖合泥底要素）、ロ絵 7

1．フネソデガイ（*Megayayoldia thraciaeformis* (Storer)）
2．フネソデガイ類（*Megayoldia* sp.）
3, 4．ソデガイ類（*Yoldia* sp.）
5．チリロウバイ類（*Nuculana* sp.）
6．ハヤサカソデガイ（*Portlandia hayasakai* (Uozumi)）
7．ウバトリガイ類（*Serripes* sp.）
8．シラトリガイ類（*Macoma* sp.）
9．タマガイ類（*Cryptonatica* sp.）



図Ⅲ-3-4　豊平川下流の砥山層より産出した貝類化石（化学合成要素）、ロ絵 8

1．オウナガイ（*Conchocele bisecta*（Conrad））
2．オウナガイ類　（*Conchocele* sp.）
3, 4．オオツキガイモドキ（*Lucinoma acutilineata*（Conrad））
5,6．ワタゾコウリガイ　（*Calyptogena pacifica*（Dall））
7．トクナガキヌタレガイ（*Acharax tokunagai*（Yokoyama））

(5) 考察

まず貝類化石の産状についてみると、散在型あるいはパッチ型密集を示しており、典型的な貝殻密集層を形成しているものは認められない。明瞭な堆積構造に乏しいこと、合弁の二枚貝が多いこと、破断した貝殻が少ないことなどから、現地性～準現地性と推定される。なお、泥岩層に見られる小型貝類のパッチ型密集の産状は、埋積後の生物撹乱による可能性も考えられる。次にフォーナ全体についてみると、巻貝類に乏しく二枚貝類が卓越する多様性の低い群集である。群集構成から、中期中新世後半～後期中新世を代表する稚内動物群あるいは上部峠下動物群に相当すると思われる（Uozumi, 1962; Amano, 1983）。

本層の化石群集は、中央北海道厚田地域の望来層の化石群集（垣見, 1958）と似ており、望来層との共通種として、*Acharax tokunagai*, *Megayoldia thraciaeformis*, *Lucinoma acutilineata*, *Conchocele bisecta*, *Neptunea modesta*, *Fissidentalium yokoyamai* が確認されている。なお、望来層では石灰質コンクリーションが発達し、この中に保存の良い貝類化石が含まれ、これらは化学合成群集と解釈されている（Amano, 2003）。

産出した貝類化石を現生貝類の生態学データ（肥後・後藤, 1993）と比較すると、これらは大きく沖合-泥底要素（図Ⅲ-3-3）、化学合成要素（図Ⅲ-3-4）及び浅海要素の3グループに大別される。

1）沖合-泥底要素

Malletia sp. , *Nuculana* sp. , *Yoldia* sp. , *Megayoldia thraciaeformis*, *Megayoldia* sp. , *Portlandia hayasakai*, *Portlandia* sp.

2）化学合成要素

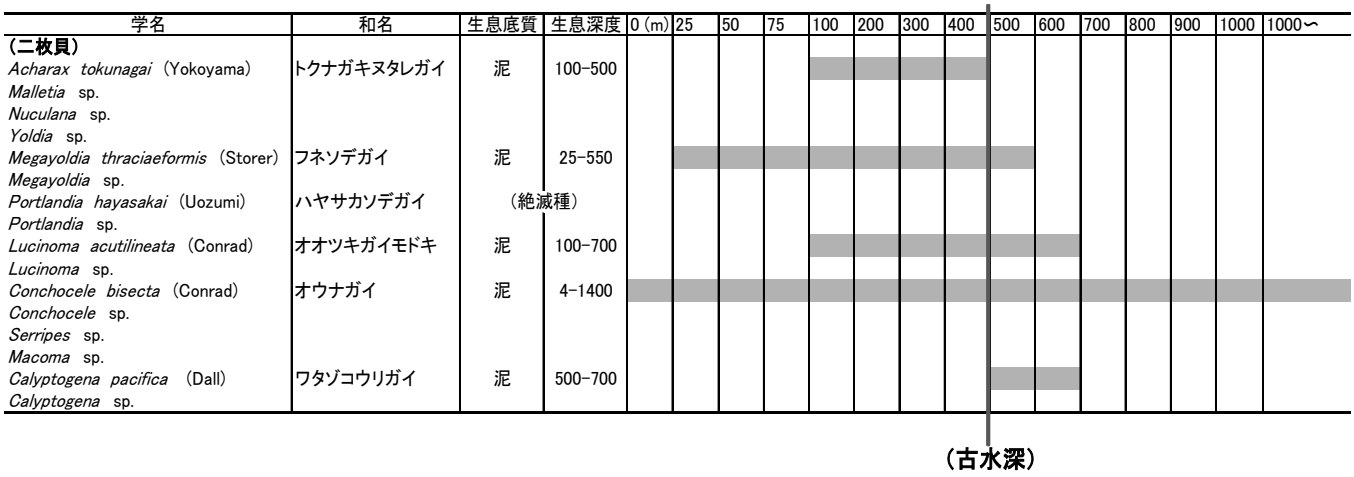
Acharax tokunagai, *Conchocele bisecta*, *Conchocele* sp. , *Lucinoma acutilineata*, *Lucinoma* sp. , *Calyptogena pacifica*, *Calyptogena* sp.

3）浅海要素

Macoma sp. , *Serripes* sp. , *Cryptonatica* sp.

このうち、沖合-泥底要素、化学合成要素の大半は、現地性～準現地性の産状を示すので、古環境指標として利用できる。一方、浅海要素は産出が少ない上、保存状態も優れないので異地性のものと判断される。

次に認定された化石群集の特徴について述べる。*Lucinoma*群集、*Conchocele*群集ともに化学合成群集要素が優勢で、沖合泥底要素がそれに次ぐ。特に*Conchocele*群集には、*Calyptogena*属が含まれることが注目される。種レベルまで同定されているものが少ないので、正確な古水深の見積もりは難しいが、下部陸棚以深の群集である可能性が高い（図Ⅲ-3-5）。含まれる現生種を参照すると、*Lucinoma*群集は下浅海帯～上部漸深海帯の泥底に、また*Conchocele*群集は下浅海帯～下部漸深海帯の泥底に、それぞれ生息していたのであろう。



図Ⅲ-3-5　貝類化石群集の古水深

札幌カイギュウが生息していた中新世後期(約800万年前）の北海道周辺の古地理的背景（図Ⅲ-3-6）を考察する。当時は寒流の影響が顕著であり、沿岸部に上部峠下動物群が生息していた。これらの貝類化石群集に基づくと、冷温帯の海洋気候であったと考えられる。また、札幌周辺は陸域では火山活動が盛んで、海域は半深海～深海のやや深い海であったと推定される。

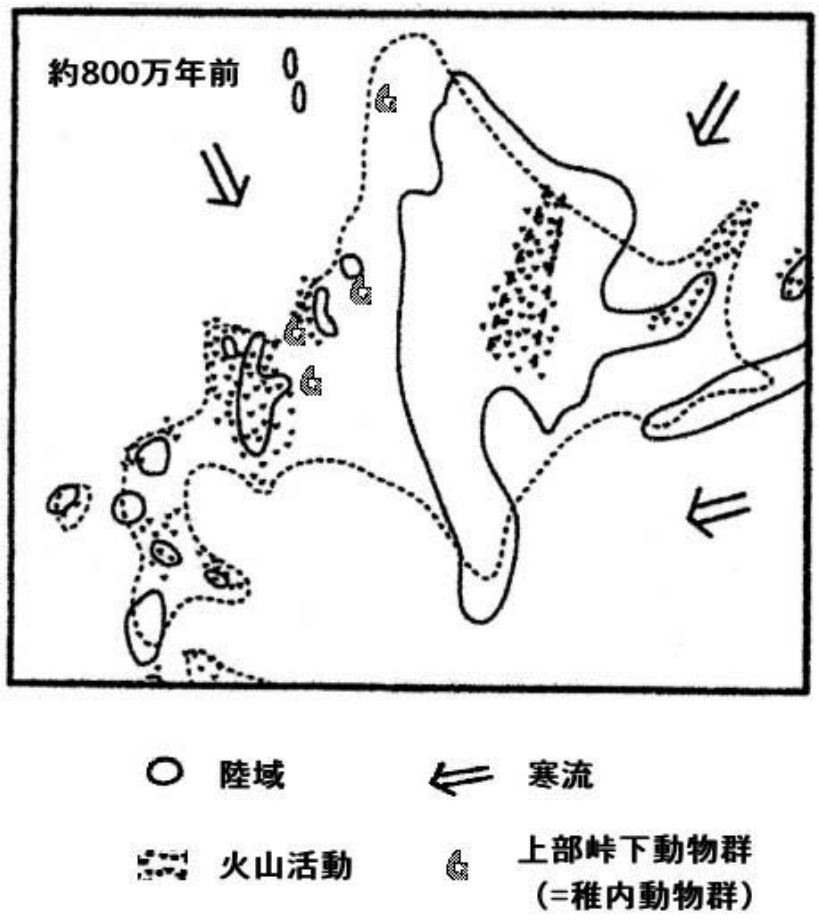
（6）まとめ

1）砥山層の貝類化石は、中期～後期中新世（約10-6 Ma）を代表する上部峠下動物群あるいは稚内動物群に属するものである。

2）貝類化石は、沖合泥底要素と化学合成要素で特徴づけられ、現地性～準現地性の産状を示し、下部陸棚以深の群集である可能性が高い。

3)札幌カイギュウの生息時(約800万年)、札幌付近は寒流が流れこむ冷たい海で、半深海～深海の海域が広がっていたと推察される。

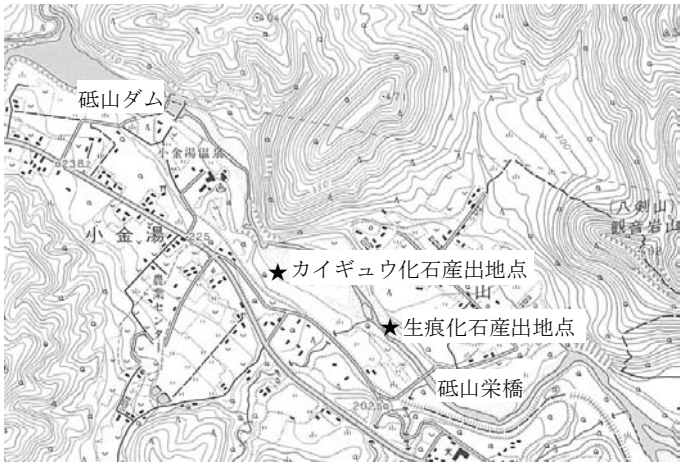
（鈴木明彦）



図Ⅲ-3-6　中新世後期における北海道周辺の古地理

4　生痕化石

今回観察を行った札幌市南区砥山の豊平川河床の砥山層（図Ⅲ-4-1)からは、*Paradyctyodra* isp., *Phycosiphon incertum*, *Planolites* isp., *Schaubcylindrichnus* isp., *Skolithos linearis*, *Teichichnus* 様生痕化石、?*Teichichnus* isp.そして *Thalassinoides suevicus* の 8 種類の生痕化石が見いだされた（図Ⅲ-4-2)。それぞれの特徴を以下に述べる。



図Ⅲ-4-1　生痕化石産出地点

（1）砥山層から産出する生痕化石

Paradictyodra antarctica

生痕化石 *Paradictyodra* isp.（図Ⅲ-4-2-A）は、層理に垂直あるいは斜交して伸張するスプライト構造である。これと同様な構造に、*Tursia flabelliformis* がある。*T. flabelliformis* は、*P. antarctica* の異名と考えられるが、堆積物食のゼン虫類あるいは堆積物食二枚貝類の摂食痕とされている(D'Alessandro and Fürsich, 2005)。この生痕化石は、タービダイト砂岩にのみ見られた。

Phycosiphon incertum

Phycosiphon incertum（図Ⅲ-4-2-B）は、層理にほぼ平行あるいは斜交する、曲がりくねったトンネル状構造である。このトンネル状構造は、中心部に濃色細粒の泥質堆積物が連続的に充填され、その周囲には淡色粗粒の泥質堆積物がとりまくことが特徴である。この生痕化石は、堆積物食のゼン虫類の摂食痕と考えられている。*P. incertum* は、今回もっとも多くの層準で確認できた生痕化石で、ノジュール、タービダイト砂岩、そして砂質泥岩中に広く認められた。

***Planolites* isp.**

Planolites isp.は、ほぼ円形の断面を有するトンネル状の生痕化石で、母岩と岩相的に異なった堆積物が充填することが特徴である。この生痕化石は、一般に堆積物食者の生痕化石と考えられている(Pemberton and Frey, 1982 など)。この生痕化石は、タービダイト砂岩中にまれに見られる。

***Schaubcylindrichnus* isp.**

生痕属 *Schaubcylindrichnus*（図Ⅲ-4-2-C）は、厚い裏打ちをもったトンネル状の生痕化石であり、その裏打ちが内側が淡色、外側が濃色な二重構造を呈することが特徴である（Nara, 2006）。この生痕化石は、従来、群棲する倒立堆積物食者 (head-down deposit-feeder) の居住痕と広く考えられてきたが(Frey and Howard, 1981 など)、最近、単独生活性の漏斗摂食者 (funnel-feeder) の居住/摂食痕であることがわかった（Nara, 2006）。砥山セクションでは、最下位の礫質砂岩に砕屑物として取り込まれたノジュール中やタービダイト砂岩中に観察された。

Skolithos linearis

Skolithos linearis は、枝分かれしない垂直性の巣穴化石で(Häntzschel, 1975 など）、もっとも単純な形態をとる生痕化石の一つである。この様な生痕化石は、様々な生態の動物がつくることがわかっており、その形成者について明確な制約を与えることは難しい。この生痕化石は、タービダイト砂岩中に観察された。

***Teichichnus* 様生痕化石**

Teichichnus 様生痕化石は、層理にほぼ垂直な面内で緩くカーブした弓状の形態をとる、直径 5 mm 程度、確認された長さ 90 cm に達する円筒状巣穴構造で、巣穴の周囲に同心円状のラミナが発達した厚い裏打ちを持つことが特徴である（図Ⅲ-4-3、口絵 9)。さらに、この生痕化石には、多くの場合、retrusive 型のスプライト構造が発達する。裏打ちおよびスプライトは、回転楕円体型の泥質ペレットが凝集して構成される。

一般に、スプライト構造は堆積物食者が巣穴の周囲の堆積物を摂食にともなって処理した際に形成されると考えられている(Bromley, 1996 など)。さらに、ペレットの組成や形状は、環形動物などのゼン虫類の糞粒によく似る。これらのことから、この生痕化石は堆積物食ゼン虫類の生痕化石と考えられる。

この生痕化石は、生物撹拌を受けた砂質泥岩にノジュール化した状態で多数産する（口絵 9）。

また、これらのノジュールの母岩部分およびノジュールの発達しない塊状砂質泥岩からなる層準では､この生痕化石は肉眼観察では認められないが、軟エックス線写真を撮影すると明瞭なスプライト構造として多数認識される（図Ⅲ-4-4）。この *Teichichnus* 様生痕化石は、塊状砂質泥岩が卓越する砥山セクションを特徴づける生痕化石と言える。

なお、この *Teichichnus* 様生痕化石は、外形のみに注目すれば *Teichichnus rectus* をはじめとした *Teichichnus* 類によく似る(Häntzschel, 1975 など)。しかし、その巣穴構造の周囲に、同心円状ラミナが発達した厚い裏打ちが見られる点で、従来報告された *Teichichnus* 類とは異なる。この生痕化石は新生痕属あるいは新生痕種である可能性が高く、生痕学的に重要な発見である。今後、詳細な分類学的検討を行う必要があろう。

?*Teichichnus* isp.

この生痕化石は、堆積物で充填された円筒状の巣穴構造でスプライトを伴う（図Ⅲ-4-2-D)。このスプライトは、層理にほぼ垂直に発達する *Teichichnus* と異なり、層理に平行～斜交して発達することから、 ?*Teichichnus* isp.として扱った。タービダイト砂岩中に見られた。

Thalassinoides suevicus

Thalassinoides suevicus は、層理に対してほぼ平行に広がる、分岐した楕円形の横断面を持つ巣穴化石(Frey and Howard、 1990 など）で、分岐点がふくらむことが特徴である（図Ⅲ-4-2-C)。この生痕化石は、堆積物食十脚甲殻類の巣穴化石と考えられている。

生物撹拌構造

砥山セクションの砥山層には、これらのほか、不定形の生物攪拌構造がひろく発達する。しかしながら、それらを形成した動物の生態を復元することは難しい。

（2）考察

今回観察した砥山層砥山セクションのうち、下部に当たる、土石流イベントおよびそれに引き続く乱泥流イベント堆積物卓越層準（本報告書Ⅱの2-2（6））には、砕屑物として取り込まれたノジュール中のものをのぞいて一切の生痕化石が見られない。土石流や乱泥流の堆積物は、きわめて高いエネルギーで瞬間的に堆積したイベント堆積物であることから、生痕化石が形成されることが無かったのであろう。ただし、こうしたイベント堆積物であっても堆積後に静穏な期間が続けば底生動物が移住し、上面から掘り込んだ生痕が形成されるはずである。砥山セクション下部では、この様にして形成された生痕化石に *P. incertum* がある。しかし、この生痕化石も局所的に観察されるのみであり、ほとんどの土石流、乱泥流堆積物には一切の生痕が観察されない。このことは、土石流イベントが底生動物の移住に十分な時間間隙を置かずに生じた事を示唆する。

これに対して、その上位に重なる砥山セクションの大部分では汎遠洋性と考えられる塊状砂質泥岩が卓越する。塊状な岩相は、水のエネルギーが低く安定な堆積場に生物群が移住し、生物撹拌作用が物理的堆積作用を圧倒していたことを示唆する (Howard, 1975)。この様な環境では、底生動物の餌となる有機物は、水中のなかの懸濁粒子としてよりも堆積物に多く含まれるようになる（たとえば、小竹, 1990）。こうしたことを反映して、この塊状泥岩相では *Teichichnus* 様生痕化石や *T. suevicus* などの堆積物食者のつくる生痕化石が卓越するのであろう。加えて、これら大型の生痕化石は堆積面下深部の深い階層 (deep tier) を占めることになり、より保存されやすくなることも、これらの生痕化石が卓越することを助長しているのであろう。

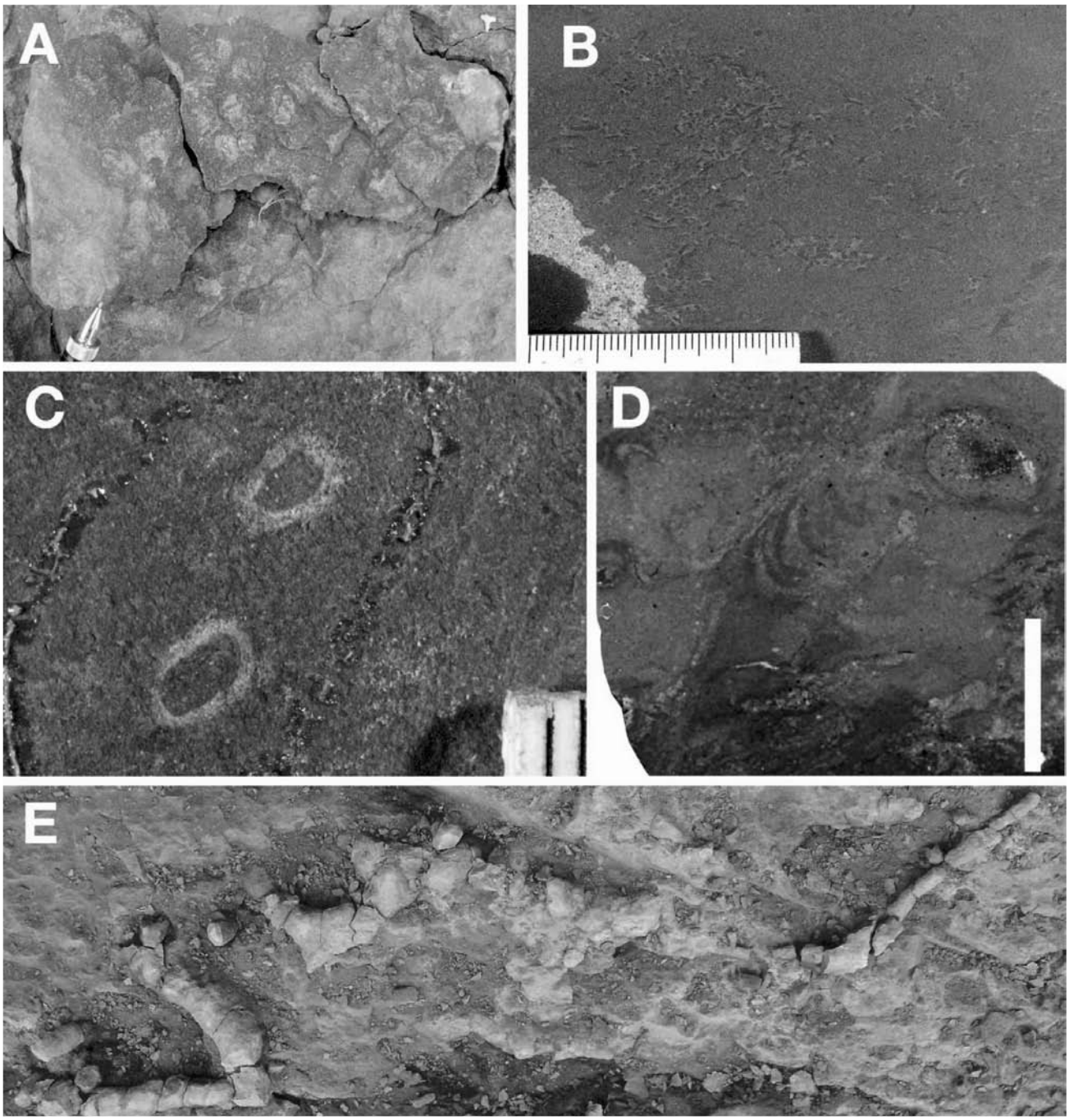
最後に､ノジュール化した *Teichichnus* 様生痕化石の成因について簡単に考察する。ノジュール化した生痕は、形成者が分泌した粘液などの腐敗にともなう堆積物内での微小環境の変化により形成されたと考えられる。しかし、先にも述べたように、この生痕化石は、塊状砂質泥岩中に広く産出するが、ほとんどの場合、ノジュールの形成はおこっていない。ノジュール化には何らかの特別な理由があるだろう。

今回観察したノジュール化生痕化石は、ある層準に限って、水平的広がりを持って産出する。このことは、ノジュールの形成が、個々の生痕形成者の行動を反映したものと言うよりは、その場にの生痕のノジュール化に同時に影響を与える何らかの外的環境の変化によって促進された事を示す。ノジュール形成鉱物の析出を促進する環境変化には底層水温の低下などがある。しかし、残念ながら現時点で得られた情報のみでは断定できない。ただ、いずれにしても底生動物群集の構成には大きな影響を与えていないことから、ごく一時的あるいは小規模な環境変化だったのであろう。

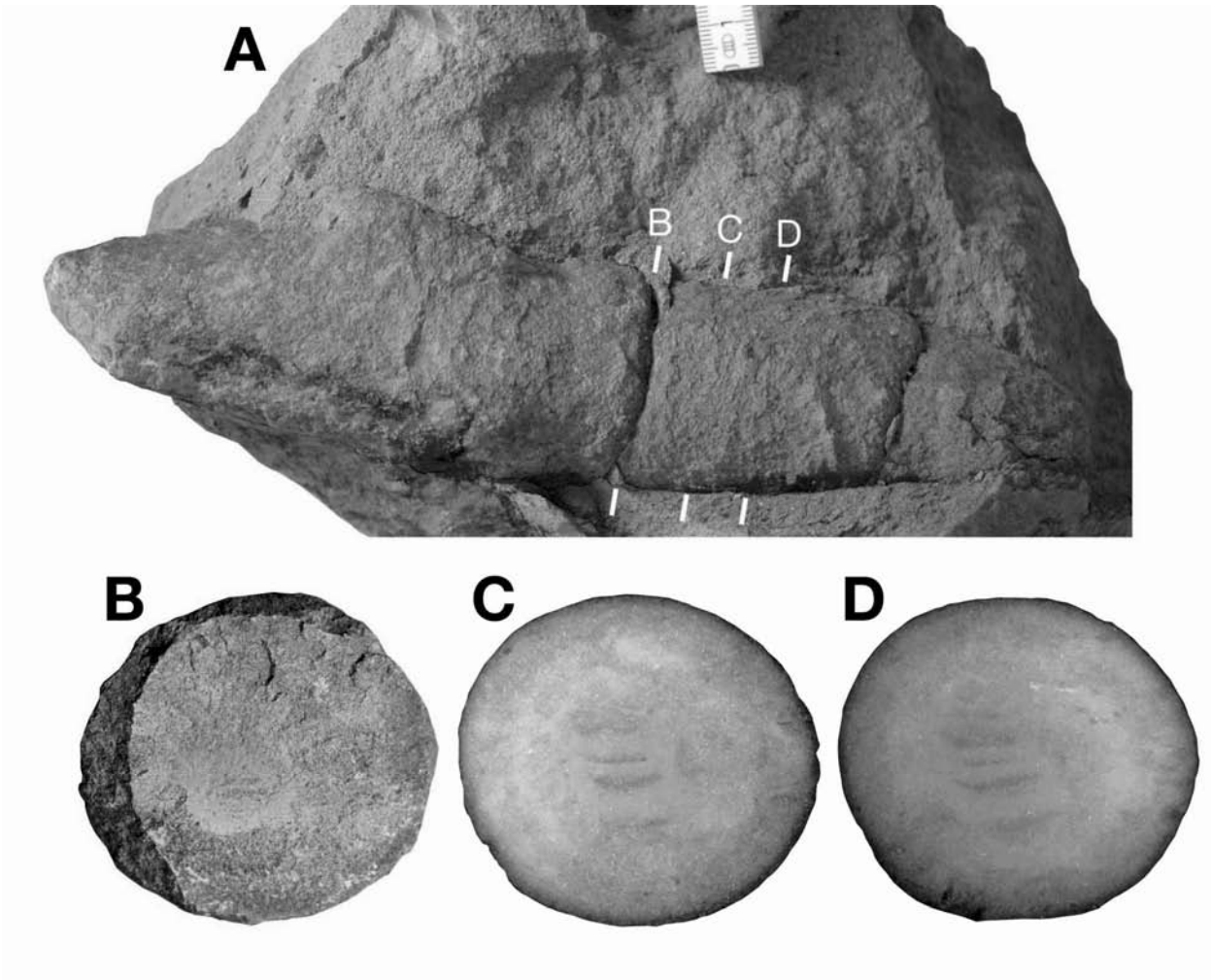
以上をまとめると、生痕化石の観察を行った砥山層砥山セクションは、当初、土石流などのイベント堆積作用が卓越する環境から、より水のエネルギーが低く、安定な環境へ移り変わっていったこと、そして、ごく一時的な環境変化も生じたこと、が推定された。

今回、観察された 8 種類の生痕化石には古水深など具体的な環境条件を示す物は見られなかったが、上記のような環境変化に伴って生痕群集が変化していたこと、そして一時的な環境変化時には底生動物の巣穴がノジュール化したこと、がわかった。

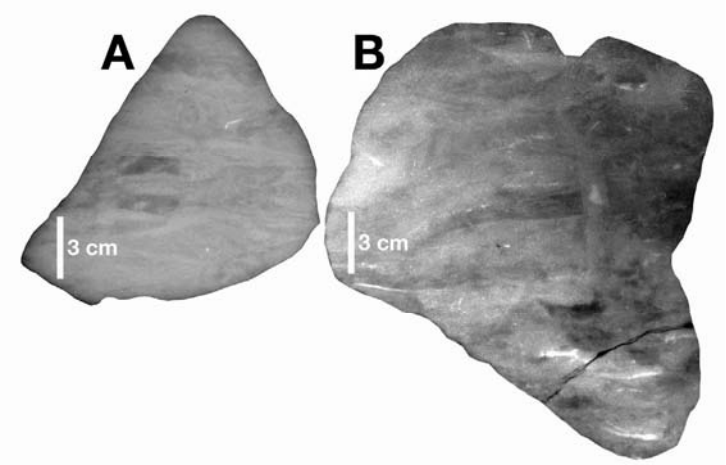
（奈良正和）



図Ⅲ-4-2　砥山層砥山セクションに産する生痕化石。A）タービダイト砂岩の上面に見られる *Paradictyodra*。左下のペン先がスケール。B）自生のノジュール内に見られた生痕化石 *Phycosiphon*。層理に垂直な断面。 スケールの最小目盛りは 1 mm。C）複数のチューブが密集して産する *Schaubcylindrichnus*。スケールの最小目盛りは 1 mm。D）*Teichichnus* isp.。 層理に平行～斜交して発達するスプライトが特徴。層理に垂直な断面。E）分岐した巣穴化石である *Thalassinoides suevicus*。分岐部がふくらむことが特徴。



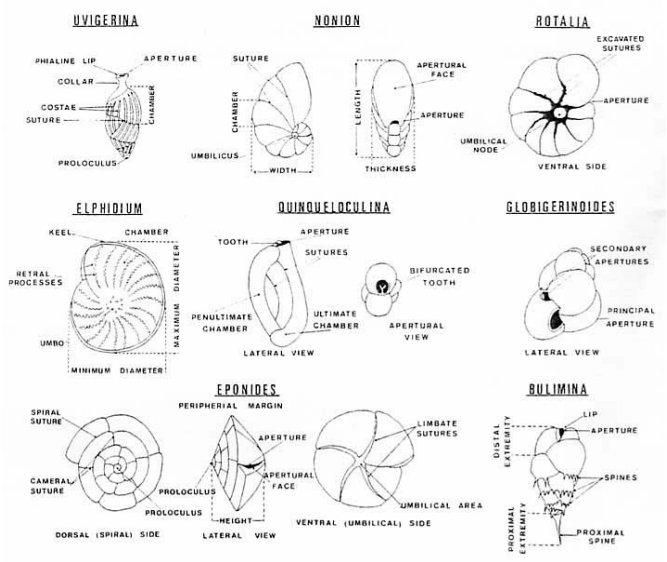
図Ⅲ-4-3　A）ノジュール化した *Teichichnus* 様生痕化石。B-D は、断面作成位置。スケールの最小目盛は mm 単位。B）断面。C，D）断面の軟X線写真。明瞭な retrusive スプライトが観察される。ノジュール化が巣穴構造の外側まで進行している。ノジュールの外形は必ずしも生痕の外形に対応しないことに注意。



図Ⅲ-4-4　岩石標本の軟エックス線写真。層理に垂直な断面。A）肉眼で明瞭な生痕化石が見られない塊状砂質泥岩。B）ノジュール化した生痕化石の母岩となる塊状砂質泥岩。両者のファブリックに大きな差異は認められない。A、B それぞれに見られる層理に低角度で斜交して伸長する連続性の悪い葉理は、*Teichichnus* 様生痕化石。B の中央部右寄りには、層理にほぼ垂直に伸長する構造が認められる。これは、今回観察された生痕化石群から推定すると *Thalassinoides* の可能性がある。

５　有孔虫

有孔虫は海洋に広く生息する単細胞動物で多くの種類が炭酸カルシウムで形成される殻を持つ。通常は 100～800μm 程度の大きさであるが、中には沖縄土産として有名な「星砂」などに代表される比較的大型のものもある。生きている時にはこの殻の内部にアメーバ状の軟体部があり、開口部から細い糸状の軟体部（仮足）を出して移動や捕食などを行っている。有孔虫類の殻は、成長に伴い付加される複数の房室（チャンバー）からなっているのが一般で、中には単室の殻や、チューブ状で複数にくびれた形状のものもある。



図Ⅲ-5-1　代表的な有孔虫の形と構造
(Boltovskoy and Wright，1976 より)

(1) 有孔虫の特性と古生物学的意義

有孔虫は、古生代カンブリア紀以降の化石として約 38000 種が記載され、その他に現世種として 1000 種が知られている。大別すると、海底の砂や海藻の上で生活するもの（底生有孔虫）とプランクトンとして浮遊生活をするもの(浮遊性有孔虫)の 2 グループがあり、以下のような特性（利点）を使って環境解析を行うことができる。

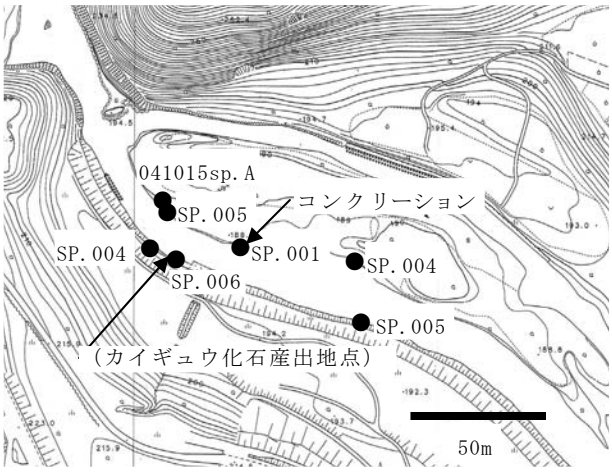
1) 化石有孔虫には生息期間が短いものがあり、大型化石と比べると進化の速度（形態変化速度）が速いので、堆積の年代がより細かくわかったり、離れた地層の対比に利用できる。
2) 殻に含まれる CaC_2 中の酸素同位対比により（例えば、水温などの）過去の海洋環境がわかる。
3) 過去の海洋の様子（水温や水深、塩分濃度など）が、産出した化石有孔虫と現生種とを比較することによってわかる。
4) 産出個体数が多く、海洋のあらゆる場所に生息するので、大型化石が産出していない地層からも多産することが期待される上、分析に用いるサンプルも少量でよい。また、1 サンプルから多産するので統計処理により様々な解析ができる。
5) 世代交代（生殖）の周期が短いため、季節ごとあるいは年ごとの生態系の調査をするのにも利用できる。

(2) 小金湯温泉付近産出の有孔虫化石について

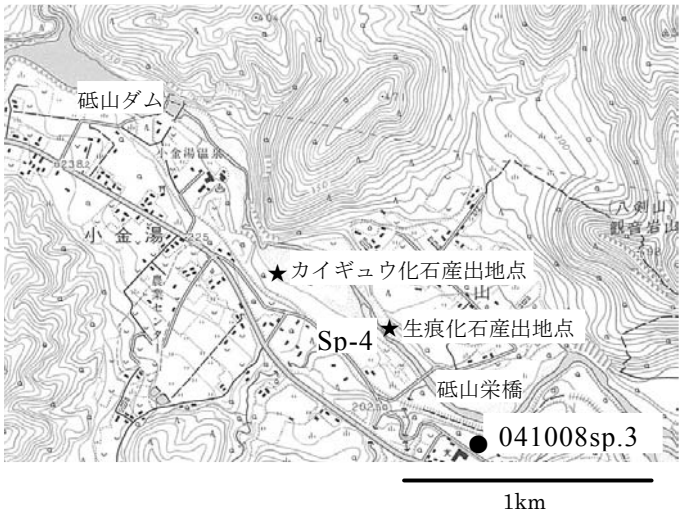
札幌市南区小金湯温泉付近の豊平川河床（口絵 11）で発見されたカイギュウ化石産出地点付近の岩石試料について、有孔虫化石の検討を行った結果を報告する。今回の検討には、カイギュウ化石発掘調査時にその場で採取されたシルト岩 6 試料（SP.001，SP.002，SP.003，SP.004，SP.005，SP.006）と補足調査により採取された 041015sp.A，および下流で採取した 041008sp.3 の計 8 サンプルを用いた。なお、041015sp.A の採取地点は SP.003 から下流へ約 3mの地点に露出するタービダイト砂岩に挟在する定常的な泥質部、また、は砥山栄橋下流 500m 付近（図Ⅲ-5-3）である（041008sp.3 の産出層準は、05 年度調査における生痕化石産出地点の約 15m 上位にあたる（本報告書Ⅳ章；図Ⅳ-3-3)。サンプルはいずれも砥山層（一の沢層（阿部・西田，1934 命名；土居，1953 再定義））下部の「凝灰質頁岩・泥岩互層」より採取されているが、本サンプル採取地点では比較的細粒かつ硬質なタービダイト砂岩と泥岩の互層状で、露頭では石灰質団塊が多く含まれている。

(3) 分析方法

各サンプルは、硫酸ナトリウム法によって泥化させた試料を 63μm メッシュのふるいで水洗した。硫酸ナトリウム法とは硫酸ナトリウムの結晶が成長する力で岩石を粉砕するもので、以下の手順による。



図Ⅲ-5-2　有孔虫化石調査地点（ｶｲｷﾞｭｳ産出地点）



図Ⅲ-5-3　有孔虫化石調査地点

1 よく乾燥させたサンプル 80g に沸騰した過飽和硫酸ナトリウム水溶液をそそぐ。
2. 岩石に硫酸ナトリウム水溶液がよく浸潤するまで待つ。
3. 岩石への浸潤が終わったら、上澄みをろ過する。
4. 結晶が成長するまで 1～3 日放置し、再結晶させる。
5. 沸騰した湯を少し入れて煮込み、結晶が溶けていることを確認してから 63μｍメッシュのふるい上で洗浄したのち乾燥させる。
6. 乾燥した試料は、含泥率が高く処理後のサンプル量が少ないものを除いて 1/256 まで分割し、１試料あたり 200 個体をめどに有孔虫の拾い出しを行う。

通常は最小分割からはじめて 200 個体に到達する分割まで拾い出しを行うが、今回は産出個体数が少ないため、各サンプルとも全量（処理前の乾燥重量で 80g）を対象に拾い出しを行った。ただし､最小分割で有孔虫化石が産出しなかった場合、その試料の全量に対して四塩化炭素を重液として浮選を試み、なお産出が見られない場合は､「産出なし」とした。

（4）分析結果

各サンプルから産出した有孔虫化石を表Ⅲ-5-1 および図Ⅲ-5-3 に示す。なお、SP005 からの産出はなかった。

（5）考察

化石が産出したサンプルには、長谷川ほか（1989）の示した古水深指標種が含まれており、それらを参考にすると堆積深度を推定することが可能である｡有孔虫化石を用いた古水深の推定は、死後に有孔虫殻が下方へ移動する場合があることを想定するため、示された古水深は上限の深度帯となる。よって、サンプル採取層準はそれ以深で堆積したと考えるのが妥当である（長谷川ほか, 1989）。

今回のサンプルでは、浅海帯～深海に生息すると考えられる有孔虫化石が産出した。これらのうち、041015sp.A 以外は長谷川ほか（1989）の上部漸深海帯（約 200m）の種が、SP001・003・004・006 には *Martinottiella communis* が、さらに SP003 と SP004 には *Haplophragmoides* 属が含まれるため、上限深度帯であることを考慮するといずれも中部漸深海帯下部（1000～2000m）に含めることが妥当と考えられる。

また、ほかのサンプルより上位に位置する 041008sp.3 からは、*Angulogulina kokozuraensis* が比較的多産するものの、他に見られるような中部漸深海帯下部に属する種は産出しなかった。この結果から、041008sp.3 がカイギュウ産出層準とほぼ同時代(後期中新世)の堆積物であるとすれば、長谷川ほか（1989）の示す上部漸深海帯（190～700m 程度）に堆積した化石群集に対比されるため、砥山層は上部に向かって浅海化したと推定される。

(6) まとめ

現在得られている情報は、化石の産出が限られており本地域の層序学的検討にも未解明の部分が多いため確定的なことは言いづらいが、本研究に用いたサンプルから産出した有孔虫化石群集の検討から、以下の結論を得た。

１．小金湯温泉付近に分布する砥山層のサッポロカイギュウ化石産出層準の堆積深度は中部漸深海帯下部（1000～2000m）である。

２．砥山層（仮称）は，上部に向かって中部漸深海帯下部（1000～2000m）から上部漸深海帯（190～700m 程度）へと浅海化した。

（能條　歩・冨田雄介）

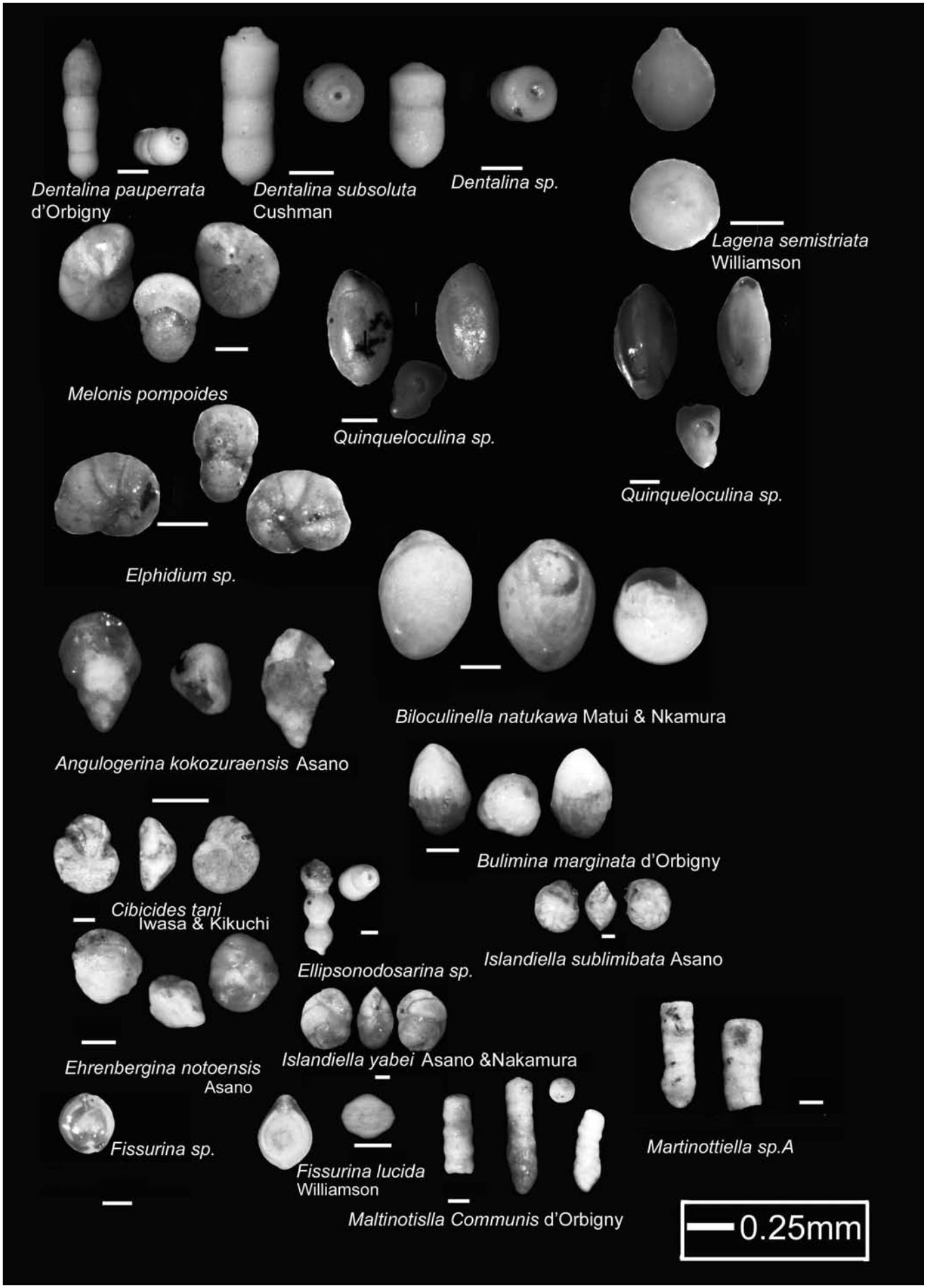
表Ⅲ-5-1　サッポロカイギュウ化石産出地点周辺試料から産出した有孔虫リスト

species	SP.001	SP.002	SP.003	SP.004	SP.006	041015sp.A	041008sp.3
Ammodiscoides sp.				1			
Angulogerina kokozuraensis Asano		18	1	6			17
Angulogurina sp.			2	3			
Biloculinella natukawa Mtui & Nakamura				2			
Buccella sp.		1					
Bulimina marginata d'Orbigny				4			
Bulimina straiata d'Orbigny				4			
Cibicides aknerianus d'Orbigny				3			
Cibicides kawadai Asono						4	
Cibicides refulgens de Montfort		1					
Cibicides tani Iwasa & Kikuchi	1		4			2	
Cibicides sp.			2	1			
Cibicidoies sp.				2			
Dentalina pauperata d'Orbigny			1				
Dentalina subsoluta Cushman			1				
Dentalina sp.			1	1			
Ehrenbergina notoensis Asano		18	5	1			
Ehrenbergina sp.				1			
Ellipsonodosarina sp.				5			
Elphidium hughesi Cushman			4				
Elphidium subacticum Cushman		1					
Elphidium sp.		6	1				
Fissurina annectens (Burrow & Holland)				1			
Fissurina lucida (Williamson)		1					
Fissurina marginata (Montagu)			3	4			
Fissurina orbignyama Seguenza		1					
Fissurina sp.				5			26
Globocassidurina sp.			2				
Guttulina kishinouyi Cushman& Ozawa			3				
Haploparagmoides cf. *compress* LeRoy			2				
Haploparagmoides renzi Asano			3	1			
Haplophragmoides sp.				1			
Hopkinsina sp.				4			
Islandiella sublimibata (Asano & Nakamura)		2					
Islandiella yabei (Asano & Nakamura)		1	2	4			
Islandiella sp.		2		1			
Lagena sucata spicata Cushman & McCulloch		1	1				1
Lagena sp.				1			1
Martinattiella communis d'Orbigny	49		1	59	15		
Martinattiella sp.A	25				5		
Martinottiella sp.				18			
Melonis pompilioides (Fichel & Moll)		1					
Melonis sp.			1				
Oolina costata lawvicostata Cushman & Gray				1			
Oolina globosa Montague		1					
Oolina oinomikadoi Matsunaga				1			
Oolina sp.	1	2		1			
Pseudunonion japonicum Asano						1	
Quinqueloculina sp.							
Rosalina sp.			1				
Sphaeroidea sp.				1			
Uvigerina juncea Cushman & Todd				2			
Uvigerina sp.		2	3	7			15
Gen. sp. Indet.		16	6	9	3	2	
TOTAL	76	75	52	155	23	9	60

内部浅海帯（0～45m）

上部漸深海帯（190～700m）

中部漸深海帯下部（1000～2000m）



図Ⅲ-5-4　小金湯カイギュウ産出地点付近から産出した有孔虫化石

６　放散虫

(1) 放散虫とは

放散虫は、世界の海洋に分布する動物プランクトンの一種である。大きさが 10 分の 1 ミリメートル程度の珪酸塩からなるその骨格は化石として堆積物に保存され、示準化石や示相化石として用いられている。

道内の第三系を対象とした放散虫研究は数多く存在するものの、札幌市内からの報告例は非常に少ない（本山、1999 ; 能條ほか、2003)。しかしながら、定山渓地域および豊羽鉱山周辺における中新統の層序を検討した渡辺・岩田（1985）および渡辺ほか（1989）は、この地域から産出する放散虫が堆積年代の推定に有効であることを示した。

筆者は、札幌市南区で発見されたサッポロカイギュウの化石周辺から採取された岩石試料について放散虫化石の分析を担当した。このうち 1 試料からは、保存が良好とは言い難いものの、放散虫化石が産出したので、その詳細についてここに報告する。また、本報告では、得られた僅かな結果からより多くの情報を抽出するため、生層序年代、古生物地理、および古環境に関する考察を試みた。

なお、この貴重な試料を調査する機会を与えて頂いた関係諸氏、および有孔虫の処理済み試料を分けて頂くとともに多方面でお世話になった北海道教育大学の能條　歩博士にこの場を借りてお礼申し上げる。

(2) 処理・観察法

検討した試料は、シルト岩 6 試料（SP.001，SP.002，SP.003，SP.004，SP.005，SP.006）と石灰質コンクリーション 1 試料（以下、“コンクリーション試料”と記す）の計 7 試料である（図Ⅲ-5-2)。

シルト岩に関しては、有孔虫処理において泥化された試料を 63μm 目合のふるいで水洗した。その残渣から放散虫を効率的に摘出するために、板木(2003)に記述された沈殿分離法で化石の濃縮を試みた。ここで分離された粒子をスライドガラスに散布し、カナダバルサムで封入して観察用スライドを作製した。このとき、カバーガラスは 24×36mm のものを用いた。コンクリーション試料については、5mm 以下の大きさに粉砕した試料を約 15%の塩酸で一晩反応させ、泥化したものからシルト岩と同様に観察用スライドを作成した。1 試料について、3～4 枚の観察用スライドを作成した。作製された全ての観察用スライドについて、光学顕微鏡を用いて 100～200 倍でスライド全面を観察し、認められた全ての放散虫に関して種の鑑定を試みた。ただし、同定が困難な個体に関しては、属科レベルないし亜目レベルでの分類にとどめた。

(3) 分析結果

分析された 6 試料のシルト岩からは、同定可能な放散虫は全く産出しなかった。僅かに産出する珪藻化石や放散虫の破片の保存状態は非常に悪く、これは珪酸塩微化石である放散虫の骨格が溶解の影響を強く受けたことを示している。一方、コンクリーション試料からは、保存状態が不良であるものの、145 個体の放散虫が産出した。以下は、このコンクリーション試料から産出した放散虫化石について記述する。

本試料からは、12 属 15 種に加え属種不明の 2 科の放散虫が認められた（表Ⅲ-6-1)。なお、これらの顕微鏡写真については、図Ⅲ-6-2（Plate 1）および図Ⅲ-6-3（Plate 2）に示されている。図Ⅲ-6-1 は、本試料中に含まれる放散虫の群集組成を示している。最も優占する種は、*Stylochlamydium* sp. で全群集の 35%を占める。続いて、*Antarctissa* sp.（23%）,*Lithelius* sp.（14%）が多産する。これに *Actinomma* spp.（注＊）（5%）, *Stylodictoya aculeata* Jørgensen（6%）, *Cycladophora*　aff. *C. sakaii* Motoyama（注＊＊）（3%）が付随する群集組成を示す。その他の希産出種として、Spumellaria 亜目の Actinomidae gen. et sp. indet., *Larcopyle* (?) sp., *Phorticium pylonium* Haeckel, *Thecosphaera* sp., Nassellaria 亜目の *Cycladophora*　sp., *Periphyramis* sp., Trissocyclidae gen. et sp. indet., *Stichocorys peregrina* (Riedel), *Stichocorys* sp., *Theocorys redondoensis* (Campbell and Clark)が認められた。なお、表Ⅲ-6-1 で Unidentified Spumellaria および Unidentified Nassellaria としたものは、亜目レベルまでは認識できたものの、保存状態や個体の配置などの影響で科レベル以下の同定が出来なかったものを示している。

（注＊）*Actinomma* spp.には、*Actinomma* sp. 1（Plate 1、Figs. 1-3）と *Actinomma* sp. 2（Plate 1、Figs. 4-6）が含まれている。*Actinomma* sp. 1 の第 2 殻は、*Actinomma* sp. 2 のそれと形態的に類似しているため前者は後者の幼体である可能性がある。形態的には、*Thecosphaera* sp.（Plate 1, Figs. 7-9, 11-12）の第 2 殻とも類似しているが、その直径は

Actinomma spp.のものよりも明らかに小さい。

（注＊＊）ここに示した *Cycladophora* aff. *C. sakaii* Motoyama（Plate 2, Figs. 8-9）は、*Cycladophora sakaii* Motoyama の本来の特徴である骨格の側面に発達したスポンジ状構造が無いという理由で *C. sakaii* とは区別している。しかし、このスポンジ状構造は幼体の場合は発達が顕著ではなく、また溶解の影響で最初に損失しやすいことが考えられる。したがって、*Cycladophora* aff. *C. sakaii* は、*Cycladophora sakaii* である可能性が高い。

（4）考察

1）生層序年代

Motoyama（1996）は、深海掘削コアおよび陸上地質の調査をもとに日本海を含む北太平洋中高緯度域の詳細な新第三系放散虫生層序を確立した。さらに Kamikuri et al. (2004)は、北西太平洋の放散虫化石帯に最新の年代論を適用した。本研究で使用した試料中からは、Motoyama (1996)または Kamikuri et al. (2004)で化石帯の基準としている種を発見することが出来なかったものの、生存期間が明らかにされている種として *C.* aff. *sakaii, S. peregrine, T. redondoensis* が産出している。Kamikuri et al. (2004)によれば、*C. sakaii* の生存期間は 8.4 Ma～2.2 Ma と考えられ、同じく *T. redondoensis* の最終連続／多産出層準は 5.0 Ma 付近に存在するとされている。これらの年代値に従えば、本試料の堆積した年代は 8.4 Ma～5.0 Ma 付近の後期中新世と考えられる。これは、後期中新世から鮮新世（8.4 Ma～2.7 Ma）に特徴的に認められる *S. peregrina* の本試料中での産出とも調和的である。

渡辺・岩田（1986）および渡辺ほか（1989）は、本調査地域に近接する本山層および百松沢層から中期中新世の放散虫を報告した。本山層では、*Eucyrtidium inflatum* や *Cyrtocapsella tetrapera* など、中期中新世を指標する種が多く含まれていた。Kamikuri et al. (2004)によれば、*E. inflatum* の生存期間は 15.3～1.2 Ma とされている。また、百松沢層からの試料には、*Lychnocanium nipponica, Cyrtocapsella japonica, Anthocorys akitaensis* などが含まれていた。渡辺ほか（1989）は、これらの化石群集から、本山層と百松沢層をそれぞれ中世古・菅野（1973）の放散虫化石帯である *Cyrtocapsella tetrapera* 帯と *Lychnocanium nipponica* 帯に対比した。上位層の百松沢層で産出する *C. japonica* は、北西太平洋では 10 Ma 頃に絶滅したことが知られている（例えば、Kamikuri et al., 2004）。したがって、8.4 Ma～2.7 Ma に相当する本研究調査地域は、渡辺・岩田（1986）および渡辺ほか（1989）の示したおよび本山層および百松沢層よりも新しい堆積物であることが伺える。

2）古生物地理

本研究試料中に産出した *Antarctissa* sp.は、サイズがやや小さいことを除けば現在の南極海で多産する *Antarctissa denticulata* Petrushevskaya と形態的に非常に類似している。ところが、明らかに *Antarctissa* 属として分類されるものとしては、現在の海洋では南極海以外では報告されていない。地質時代に関しても、Bjørklund (1976)がノルウェー海の古第三系から報告している *Antarctissa whitei* Bjørklund があるのみである。

今回の発見は、現在は南極海に限って産出する *Antarctissa* 属が、後期中新世には北西太平洋の中高緯度域にも分布していたことを示している。このような動物プランクトンの地理的分布は、過去の海洋地理区とも密接に関係していると考えられる。*Antarctissa* sp.が示す海洋地理区の分布や時代的な変遷については、今後、本種のより詳細な分類学的検討を行うとともに、その層位学的・古生物地理学的な情報を蓄積する必要がある。

3）古環境

放散虫は緯度によって構成する種が異なる。これは、主に水温などの違いを反映した生物地理分布であると理解されている。したがって、放散虫の群集組成をもとに過去の気候を推定することが出来る。今回検討した試料は放散虫化石の保存状態が不良で正確な群集組成を記録していない可能性があるが、ここでは今後の研究の目安として予察的な古環境の推定を行う。

本試料で最も多産したのは *Stylochlamydium* sp.である。*Stylochlamydium* 属は世界の海洋に広く分布するが、高緯度域でとくに多産することから寒冷な環境に適応していると考えられる。形態的に *Stylochlamydium* sp.と近縁な種と考えられる *Stylochlamydium venustum* (Bailey)は、現在のベーリング海、オホーツク海、親潮域で多産する放散虫である。*Antarctissa* sp.も本試料の放散虫群集を

特徴つける種である。南極海で特徴的な放散虫である *Antarctissa* 属は、寒冷な環境に適応していると考えられる。*Cycladophora* 属は主に高緯度域で多産し、*C. sakaii* に関しては北西太平洋亜寒帯域の中新世および鮮新世を特徴つける放散虫であることが知られている。これらのことから、*Stylochlamydium* sp., *Antarctissa* sp., *C.* aff. *sakaii* は高緯度海域を特徴づける放散虫と考えられ、堆積当時の海洋環境は寒冷であったと推定される。また、この時期の低緯度域に特徴的な放散虫が本試料中に産出しないことも、この地域が比較的に寒冷な環境にあったことに関連しているであろう。

放散虫は、多くの種が表層付近に生息するが、幾つかの種は中層や深層に生息するものもある。一般的に *Periphyramis* sp.のような円錐形の種は深海に生息していることが多い。この属に含まれる現世種 *Periphyramis circumtexta* Haeckel は、北太平洋では 200m 以深に生息している（Kling and Boltovskoy, 1995）。このことから、*Periphyramis* sp. の産出は、本試料が中層以深の海底で堆積したことを示唆している。

(5) おわりに

今回の調査結果を以下にまとめる。

1）放散虫化石は、シルト岩 6 試料に関しては溶解の影響で保存されていなかったが、石灰質コンクリーション 1 試料からは 145 個体が認められた。

2）鑑定の結果、12 属 15 種と属種不明の 2 科の放散虫が発見された。

3）放散虫化石に基づく生層序年代は約 8.4 Ma～5.0 Ma である。

4）現在の南極海に多産する *Antarctissa* 属が北太平洋域から初めて発見された。

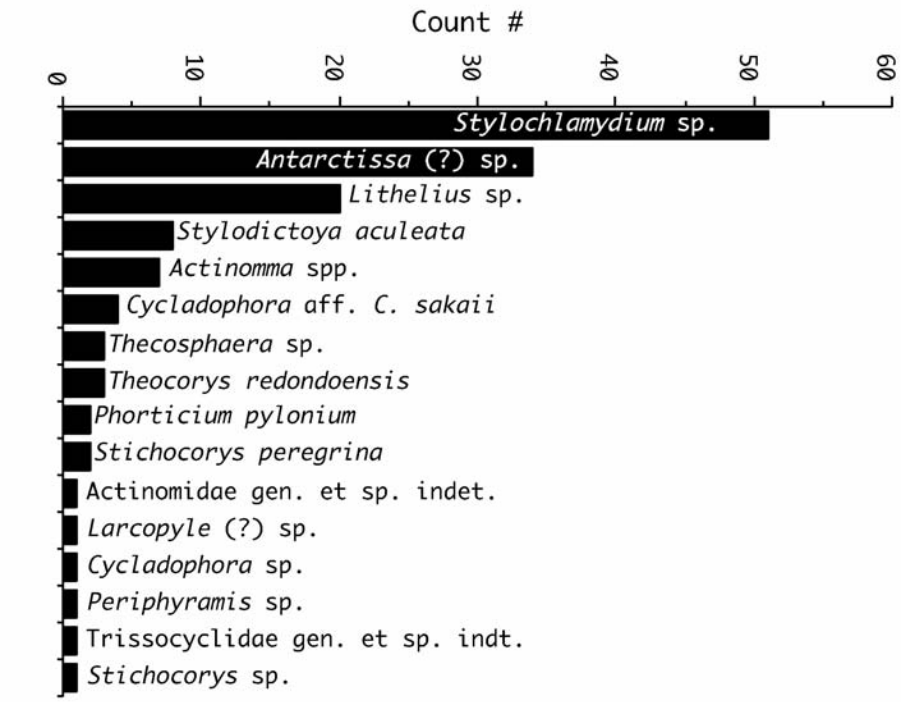
5）堆積環境は、寒冷域における中層以深の海底であったと推定された。

以上の放散虫分析結果は、コンクリーション 1 試料のみから得られたもので、詳細な議論を行うためには十分とは言い難い。しかし、今後、周辺地域から保存良好な放散虫が産出すれば、より詳細な年代と古環境について知ることが期待される。また、これはサッポロカイギュウがどのような海に生息していたのか、その生態を知る上でも重要な情報を提供出来るであろう。

（板木拓也）

表Ⅲ-6-1　石灰質コンクリーション試料から産出した放散虫化石のリストとそれらの産出頻度
（計数された個体数と相対頻度）

Taxa	Plate、 Figure (s)	#	%
Spumellaria			
Actinomma spp. (sp. 1 & sp. 2)	pl. 1、 figs. 1-6	7	4．8
Actinomidae gen. et sp. indet.	pl. 1、 fig. 13	1	0．7
Larcopyle (?) sp.	pl. 1、 fig. 10	1	0．7
Lithelius sp.	pl. 1、 figs. 14、 15	20	13．8
Phorticium pylonium Haeckel	pl. 1、 fig. 16	2	1．4
Stylochlamydium sp.	pl. 2、 figs. 1、 2	51	35．2
Stylodictoya aculeata Jørgensen	pl. 2、 fig. 3	8	5．5
Thecosphaera sp.	pl. 1、 figs. 7-9、 11-12	3	2．1
Unidentified Spumellaria		2	1．4
Nassellaria			
Antarctissa (?) sp.	pl. 2、 figs. 4-7	34	23．4
Cycladophora aff. *C. sakaii* Motoyama	pl. 2、 figs. 8、 9	4	2．8
*Cycladophora*sp.	pl. 2、 fig. 10	1	0．7
Periphyramis sp.	pl. 2、 fig. 14	1	0．7
Trissocyclidae gen. et sp. indet.	pl. 2、 fig. 15	1	0．7
Stichocorys peregrina (Riedel)	pl. 2、 fig. 12	2	1．4
Stichocorys sp.	pl. 2、 fig. 13	1	0．7
Theocorys redondoensis (Campbell & Clark)	pl. 2、 fig. 11	3	2．1
Unidentified Nassellaria		3	2．1
Total		145	100



図Ⅲ-6-1　コンクリーション試料から産出した放散虫化石の群集組成

図版説明

図Ⅲ-6-2　小金湧カイギュウ産出地点付近から産出した放散虫化石（その１）

Plate 1

(Spumellaria)

Figures 1-3.　*Actinomma* sp.　1，Figs 2 と 3 は同一個体.

Figures 4-6.　*Actinomma* sp.　2，Figs 4 と 5 は同一個体.

Figures 7-9 および Figures 11-12.　*Thecosphaera* sp.，Figs 8 と 9 および Figs 11 と 12 はそれぞれ同一個体.

Figure 10.　Actinomidae gen.　et sp.　indet.

Figure 13.　*Larcopyle* (?) sp.

Figures 14,　15.　*Lithelius* sp.

Figure 16.　*Phorticium pylonium* Haeckel

図Ⅲ-6-3　小金湧カイギュウ産出地点付近から産出した放散虫化石（その２）

Plate 2

(Spumellaria)

Figures 1,　2.　*Stylochlamydium* sp.

Figure 3.　*Stylodictoya aculeata* Jørgensen

(Nassellaria)

Figures 4-7.　*Antarctissa* (?) sp.，Figs.　5-7 は同一個体．Fig.　7 は，Figs.　5 および 6 の個体を下から観察したもの.

Figures 8,　9.　*Cycladophora* aff.　*C.　sakaii* Motoyama

Figure 10.　*Cycladophora* sp.

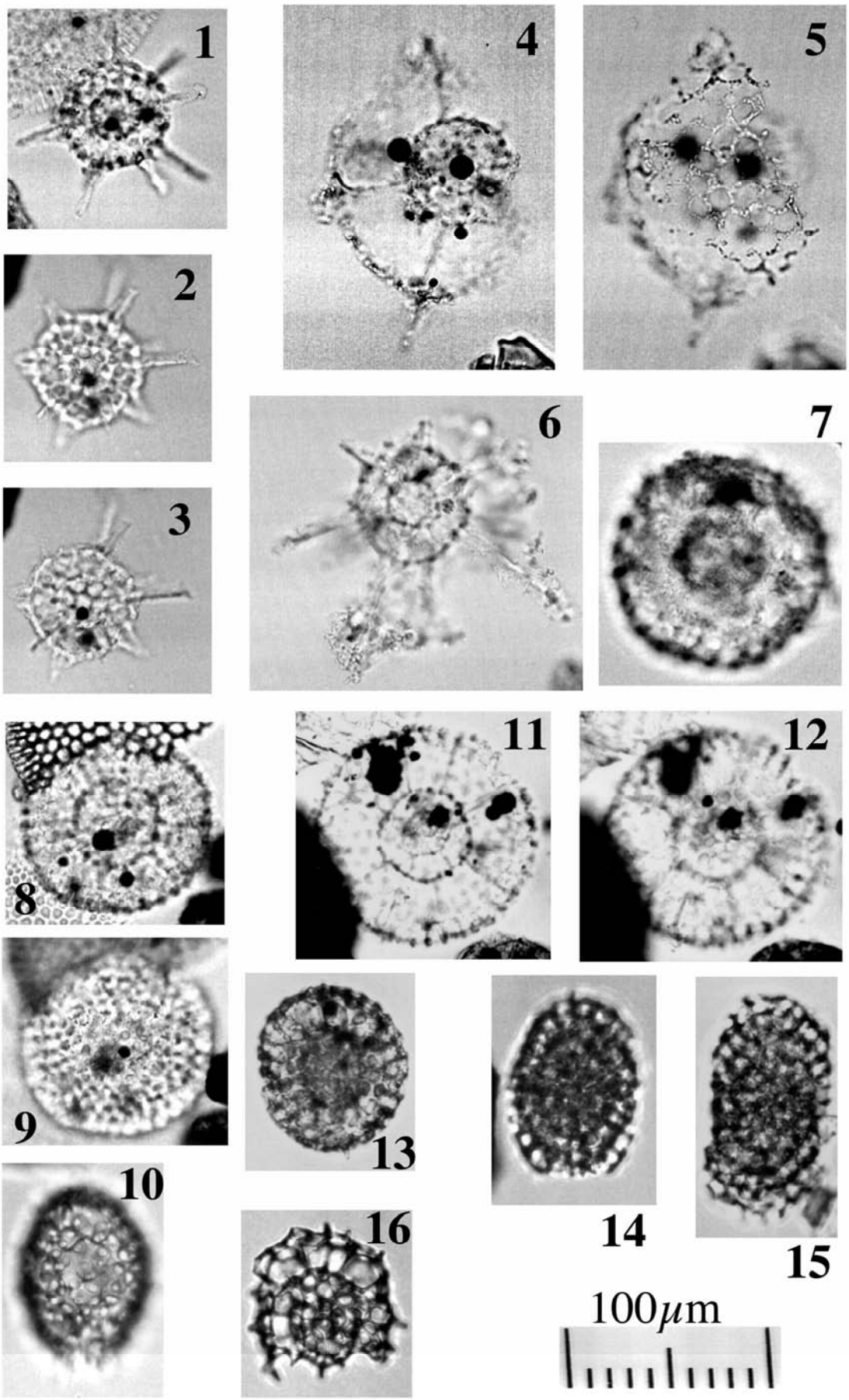
Figure 11.　*Theocorys redondoensis* (Campbell and Clark)

Figure 12.　*Stichocorys peregrina* (Riedel)

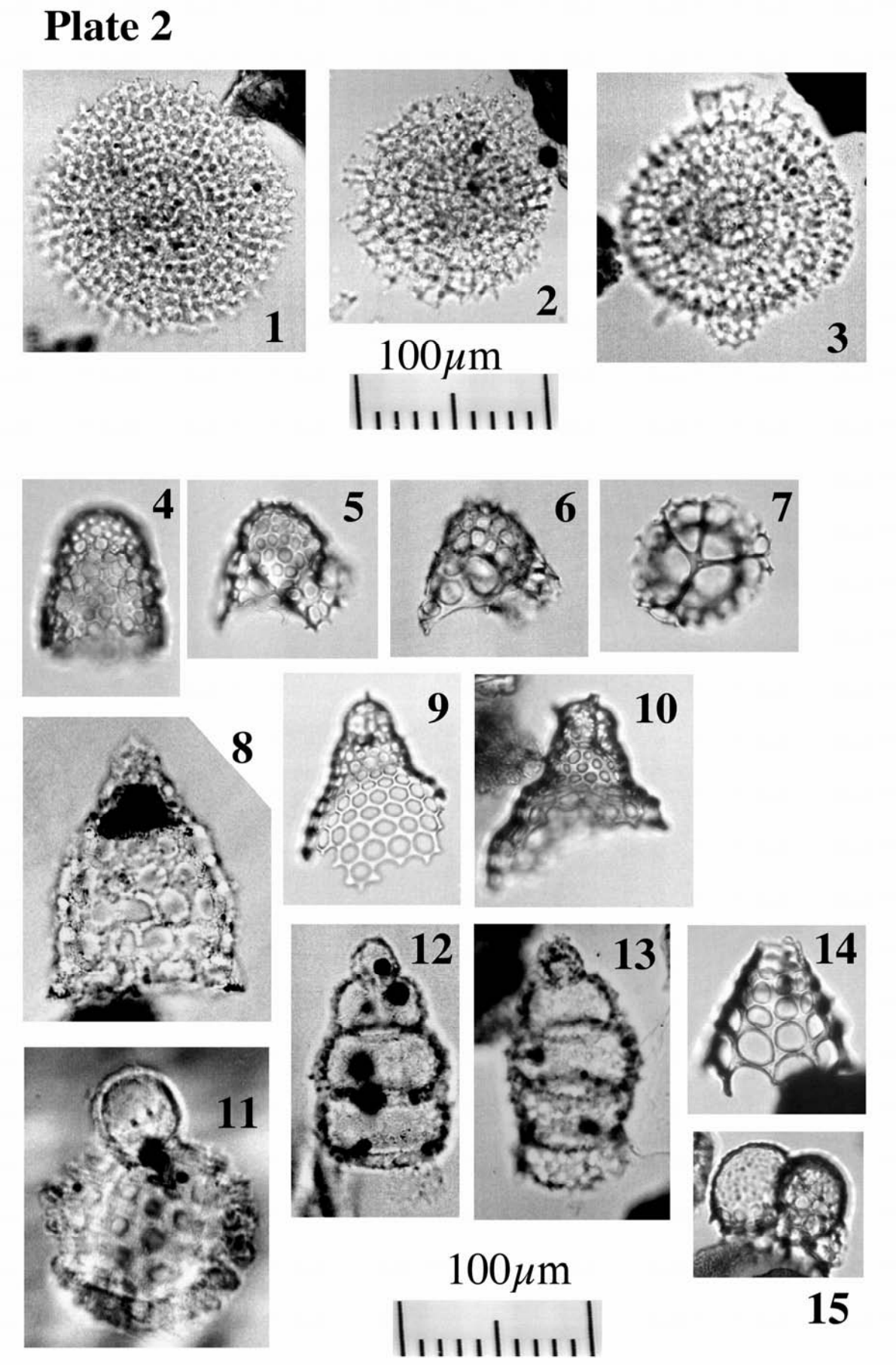
Figure 13.　*Stichocorys* sp.

Figure 14.　*Periphyramis* sp.

Figure 15.　Trissocyclidae gen.　et sp.　indet



図Ⅲ-6-2　小金湯カイギュウ産出地点付近から産出した放散虫化石（その１）



図Ⅲ-6-3　小金湯カイギュウ産出地点付近から産出した放散虫化石（その２）

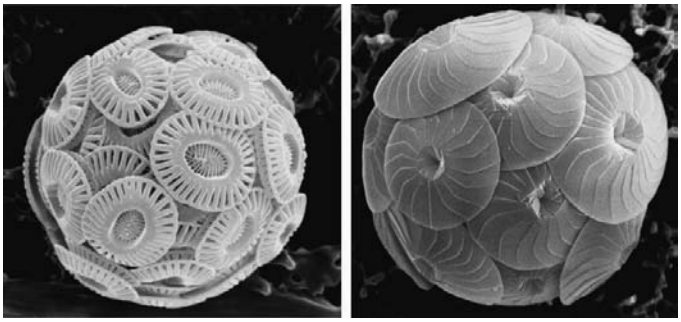
7　石灰質ナノ化石

(1) 石灰質ナノ化石はプランクトンの化石

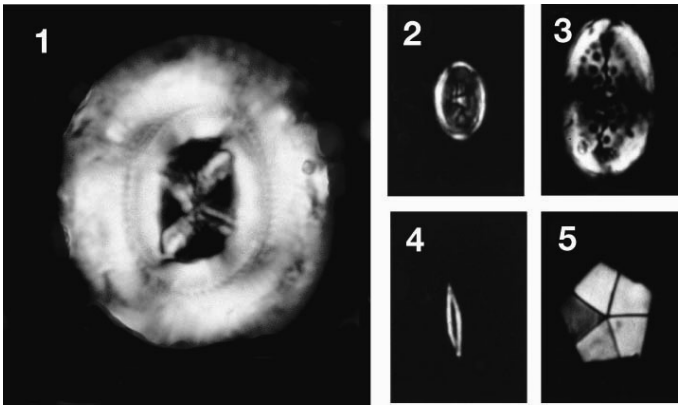
石灰質ナノ化石は、海洋に棲む石灰質ナノプランクトンと呼ばれる微少なプランクトンの化石である(岡田, 1991)。石灰質ナノプランクトンという生物は一般に余り馴染みがないだろうが、北海道周辺の表層海水にも沢山生息しており、夏であれば石狩湾の海水１リットル中に数千から数万個体が含まれている。ただし、その大きさがバクテリアより少し大きい程度（1mm の 50 分の１から 500 分の 1）のため、通常はその存在に気付く事はない。しかし、時々個体密度が海水１リットル当たり数千万個になることがあり、海水が白濁して航空機や人工衛星からも見えることがある。この白濁現象は北大西洋では早春に広範囲で毎年観察されており、日本でも数年前に三河湾で２ヶ月間続いたことがある。

第四紀と呼ばれる最近の 180 万年間に限っていうと、石灰質ナノプランクトンの細胞を取り囲んでいる、球形や楕円体状の鎧（ココスフェア）を構成している鱗状の小盤（ココリス）の化石が石灰質ナノ化石である(図Ⅲ-7-1)。ココスフェアは、ココリスが鱗のように規則正しく並んでできており、上記の白濁現象は、異常に数の多くなった海水表層のココスフェアが太陽光を反射することで起こる。石灰質ナプランクトンが死んだ後ココスフェアがそのまま残ることはまれで、それを構成していたココリスはバラバラになって海底に沈む。ココリスは貝殻と同じ炭酸カルシュウムで作られていて、海底堆積物中で石灰質ナノ化石になっても成分は変化しないことが多い。石灰質ナノ化石となるココリスには、円形や楕円型の円盤が２枚組み合さったプラコリス型と呼ばれるタイプが多いが、多角形や１枚の小盤からなるものも一部に見られる（図Ⅲ-7-2)。

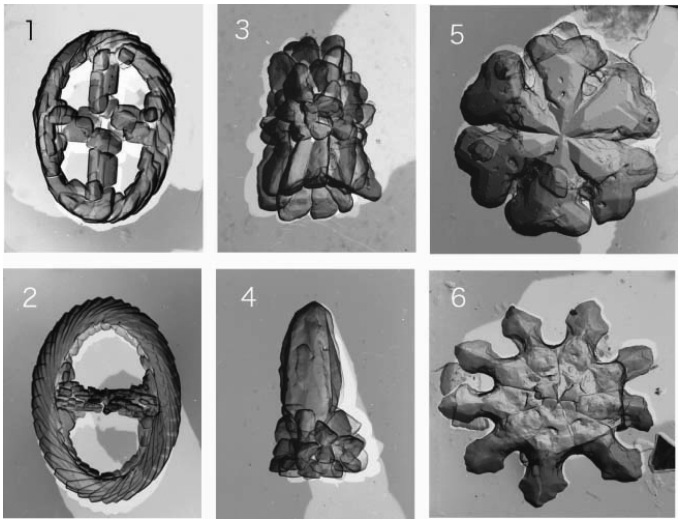
第三紀以前の地質時代には、ヒトデ型や円錐形などココスフェアを形成していたかどうかも分からない石灰質ナノ化石も多く、地球上にこれまで生存した石灰質ナノプランクトンの化石化骨格を総称してナノリスと呼ぶ（図Ⅲ-7-3)。つまり、石灰質ナノプランクトンの外骨格は全てナノリスであり，その一部がココリスであって、更にまたココリスの一部がプラコリスである。現在の海洋には約 200 種の石灰質ナノプランクトンが生息するが、全てが細胞内で分泌したココリスを細胞外に



図Ⅲ-7-1　現生の石灰質ナノプランクトンのココスフェアの走査型電子顕微鏡像。ココスフェアを構成している円形や楕円形の鱗のようなものがココリスである。２つのココスフェアの大きさは，共に 10 μm（マイクロメートル）くらいである。１マイクロメートルは１ mm の千分の１の長さ。



図Ⅲ-7-2　石灰質ナノ化石の光学顕微鏡写真。写真１は約５千万年前の最大のプラコリス型ナノ化石で、大きさは 25 μm くらい。写真２～５はプラコリスではないココリスの例である。



図Ⅲ-7-3　各種のナノリスの透過型電子顕微鏡写真。写真１～２はプラコリスではないココリスの例であり、写真３～６はココリスではないナノリスの例。大きさは全て 7-15μm 程度。

排出してココスフェアを作ると考えられている。プラコリス型のココリスを持つ種の数は必ずしも多くはないのだが、プラコリスは一般的に丈夫な構造のものが多く、石灰質ナノ化石として保存される第四紀のココリスの大部分はプラコリス型である。プラコリス以外のココリスの殆どは構造が脆弱で、細胞の死後は完全に分解したり溶解したりして化石化するものは限られる。

石灰質ナノプランクトンは、生物分類学上は原生生物に属しており、植物ではないのだが、細胞内の葉緑体を使って光合成を行うので植物性プランクトンと呼ばれる。石灰質ナノプランクトンは熱帯から温帯までの温暖な海に多いが、もう一つの代表的植物性プランクトンである珪藻は、温帯から寒帯までの寒冷な海に多く生息する。微少プランクトンの中には有孔虫や放散虫など肉食性のものがあり、これらは動物性プランクトンと呼ばれるが、分類上はやはり原生生物であり、動物ではない。このように微少プランクトンである原生生物は、栄養の取り方の違いで植物性プランクトンと動物性プランクトンに区分されるが、これらを植物プランクトンや動物プランクトンと呼ぶのは間違いである。一般的には植物プランクトンというものは存在せず、正しく動物プランクトンと呼べるのは、クラゲの仲間や甲殻類・軟体動物の幼体などがこれに該当する。

(2) 石灰質ナノ化石と年代決定

石灰質ナノプランクトンの出現は今から２億年前の中生代三畳紀末に遡るが、これまでに出現した種類が多く、種としての存続期間が比較的短い（100 万年から数百万年間）ものが多かった。また、石灰質ナノ化石は極域を除く広い海域の海底堆積物中に大量に含まれており、未処理の試料を高倍率の光学顕微鏡で観察することで容易に種を判別できるため、堆積物の年代決定に広く用いられている。しかし、石灰質ナノ化石は、温暖な海域の細粒堆積物中には多くの種類が保存されているものの、寒冷な海域では炭酸カルシュウムが保存され難いため限られた数の種しか産出しない。実際、北海道の海成層からはシリカでできている珪藻化石が多種多数産出するが、石灰質ナノ化石の産出は特別な例を除いてまれである(Okada et al., 1987)。

これらの事情を勘案して、今回の大型動物化石調査では、石灰質ナノ化石の調査は最も可能性の高そうな細粒堆積物 6 点に限って実施したところ、産出する化石の数は少ないものの、6 試料のうち３試料（Sp001・Sp.002；図Ⅲ-5-2、Sp-4；図Ⅲ-5-3）から石灰質ナノ化石が見つかった。しかし、観察された群集は予測通り多様性に乏しく、後期中新世から前期鮮新世にかけての群集であることは間違いないが詳細な年代判定はできない。

石灰質ナノ化石の産出状況を表Ⅲ-7-1 に、産出した化石の写真を図Ⅲ-7-4 に示す。産出した石灰質ナノ化石は、溶解の影響が認められるものの保存状態はそれほど悪くない。試料 Sp002 からは産出固体が多く全部で 10 種を同定できた。試料 Sp001 からも Sp002 と共通する種が 6 種見つかった。試料 Sp-4 は殆ど無化石といってもよい試料で、溶解に強いプラコリスの大型種である *Reticulofenestra gelida* が 1 個体だけ見つかった。

試料 Sp002 から産出した群集は *Reticulofenestra pseudoumbilica* と *Reticulofenestar antarctica* を産出することから 3.75Ma（今から 375 万年前）よりは古い年代の堆積物である(Okada, 2000)。また、普遍的な種である *Cyclicargolithus floridanus* を全く産出しないことから 11.6Ma より新しい年代であることも間違いないであろう。これに加えて、*Discoaster brouweri*（1.95Ma に絶滅）と *Sphenolithus abies*（3.65Ma に絶滅）が共産することからも、後期中新世から前期鮮新世の年代であることは確実であるが、石狩市の厚田層の一部層準で産出が確認されている *Discoster quinqueramus* は見つからなかった。*D. quinqueramus* は中新世後期の CN9 化石帯(8.2-5.6Ma)の指標種である(Okada and Bukry, 1980)。

これまで得られている道内での石灰質ナノ化石産出情報によれば、小金湯のカイギュウ化石産出層準に含まれる群集は、石狩市の望来層の群集と極めてよく似ている。ちなみに、石狩湾東部の厚田―望来セクションでの調査では、厚田層は *D. quinqueramus* を含むことから後期中新世の CN9 化石帯に、望来層は *D. quinqueramus* を含まないで *R. pseudoumbilica* を含むことから化石帯への対比としては CN11b-9 と考えられる（岡田，未公開データ）。望来層下部層準から産出する石灰質ナノ化石はかなり少ないので、下位の厚田層の一部層準から産出する *D. quinqueramus* が見つからないことは、望来層下部の年代判定の材料にはならないと考えている。小金湯のカイギュウ化石産出層準からも *D. quinqueramus* は見つかっていないが、産出

する個体が余り多くないことから望来層下部と同じように考えてもよいであろう。

（3）当時の古環境の推測

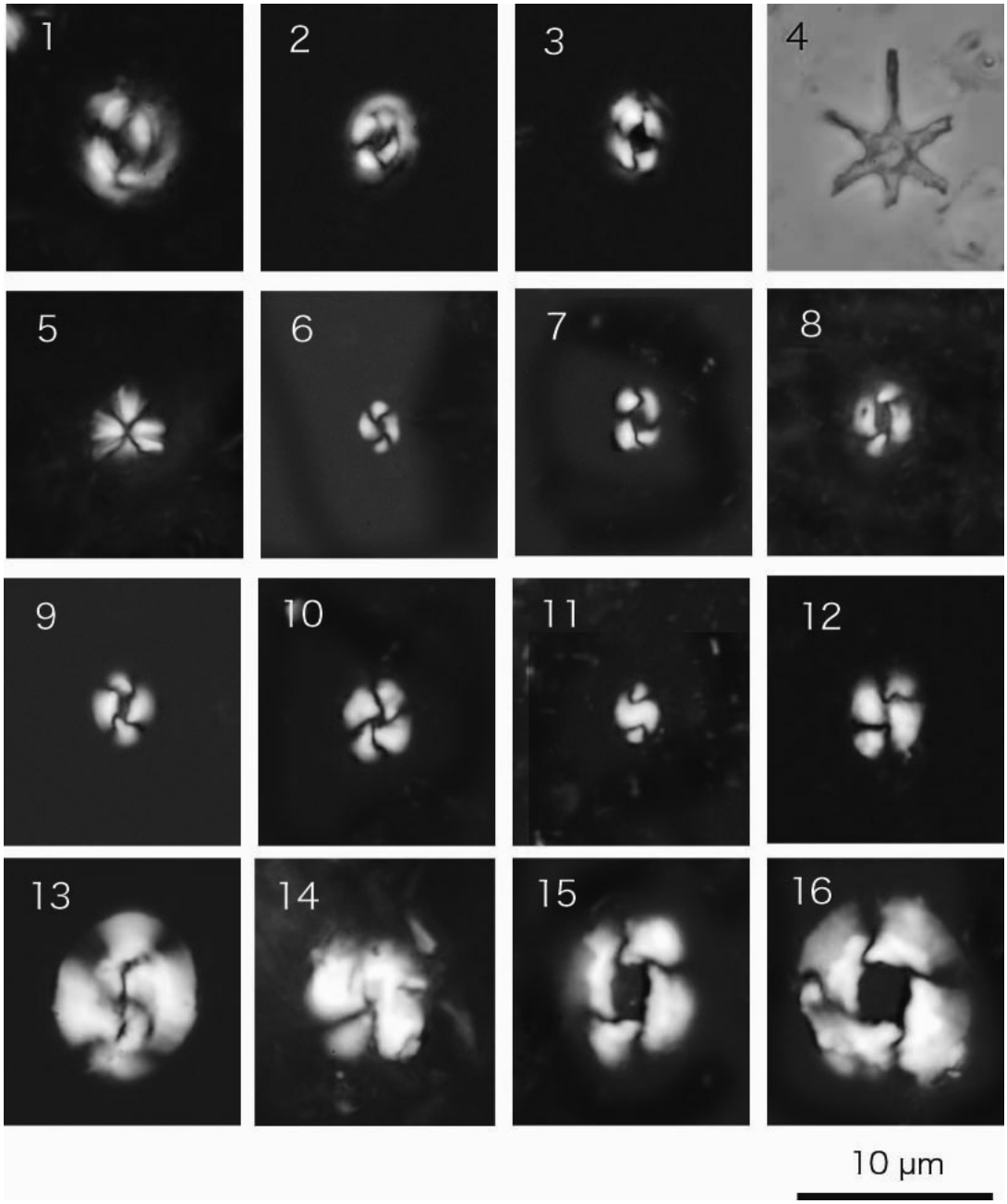
最後にカイギュウの生きていた当時の環境について考えて見よう。先にも述べたように、北海道の海成層から石灰質ナノ化石が見つかることは一般的にまれであり、これが産出した事実だけからも、当時の海は比較的温暖な海水が入り込んでいたことが分かる。特に、数は少ないものの、*Discoaster* 属と *Spehnolith* 属の化石が産出することから、現在の対馬暖流のような黒潮起源の海流の影響が推測できる。現在の北海道周辺のオホーツク海や太平洋では、生息する石灰質ナノプランクトンの数は 2～3 種に限られており、この中で石灰質ナノ化石として保存されるのは大型の 1 種だけである。試料 Sp002 から 10 種もの石灰質ナノ化石が産出したことは、当時の海洋環境が現在のオホーツク海や太平洋沿岸域のような寒流の卓越する環境ではなく、現在の日本海沿岸の環境に近いか、それよりも更に温暖であった可能性を示している。

（岡田尚武）

表Ⅲ-7-1　カイギュウ化石産出地点から見つかった石灰質ナノ化石の産出状況

試料番号 産出頻度 – 保存状態 溶解／再結晶のレベル	Sp.001 極めてまれ	Sp.002 まれ – やや悪い 1/0	Sp-4 痕跡程度
Coccolithus pelagicus	-	+	-
Discoaster brouweri	-	+	-
Reticulofenestra antarctica	+	+	-
Reticulofenestra gelida	-	-	+
Reticulofenestra haqii	+	+	-
Reticulofenestra minuta	+	+	-
Reticulofenestra minutula	-	+	-
Reticulofenestra productus	+	+	-
Reticulofenestra pseudoumbilica	+	+	-
Reticulofenestra sp. (奇形)	+	+	-
Sphenolithus abies	-	+	-
化石帯の判定 (CN-　)	/	11b　- 5b?	/

溶解／再結晶レベル：　0:認められない，　1:弱い



図Ⅲ-7-4　小金湯カイギュウ化石産出地点から産出した石灰質ナノ化石（口絵 12）

倍率は全て同じでプレート右下に 10 μm のスケールバーが示してある。写真 14 は試料 SP-4 から産出したが、それ以外は全て試料 Sp002 から産出した石灰質ナノ化石である。写真 4 は位相差顕微鏡像であるが、それ以外は全てクロスニコルでの偏光顕微鏡像である。

1-3.　*Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller
4.　*Discoaster brouweri* Tan
5.　*Sphenolithus abies* Deflandre
6.　*Reticulofenestra minuta* Roth
7-8.　*Reticulofenestra minutura* (Gartner) Haq and Berggren
9-10.　*Reticulofenestra haqii* Backman
11-12.　*Reticulofenestra productella* (Bukry) Gallagher
13.　*Reticulofenestra antarctica* (Haq) Driever
14.　*Reticulofenestra gelida* (Gaitzenauer) Backman
15-16.　*Reticulofenestra pseudoumbilica* (Gartner) Gartner

8　珪藻化石

(1) はじめに

珪藻は褐色植物に属する単細胞の藻類で、湖沼や海などで浮遊、または岩や海草などに付着しながら光合成を行い生息している。大きさは 0.01～0.1mm 程度で、死後は湖沼や海の底に沈積し、泥や砂に埋もれた後、長い年月を経て化石になる。恐竜や貝などの化石は目視可能であるが、珪藻は小さいために顕微鏡で鑑定しなければならず、微化石と呼ばれる。1960 年代後半以降、世界の海底から数多くのボーリングコアが採取され、これらを用いた珪藻化石の研究がアメリカや日本などの研究者により行われ、ある特定の種が一定の期間のみに産することが明らかにされた。このため、同種を含む堆積岩がいつ頃できたのかという地質年代を推定することが可能となり、これまで、海生絶滅種の生息期間を用いた珪藻帯区分は、Koizumi（1985), Akiba（1986), 本山・丸山（1998), Yanagisawa and Akiba（1998）などにより報告されている。特に、北海道の新第三紀堆積岩からは珪藻化石が比較的多産する（嵯峨山，2000）ことから、珪藻分析は新第三系の地質年代の解明に極めて有効である（棚井，1982)。

(2) 分析方法

鑑定用のスライドグラス作成手順は以下の通りである。

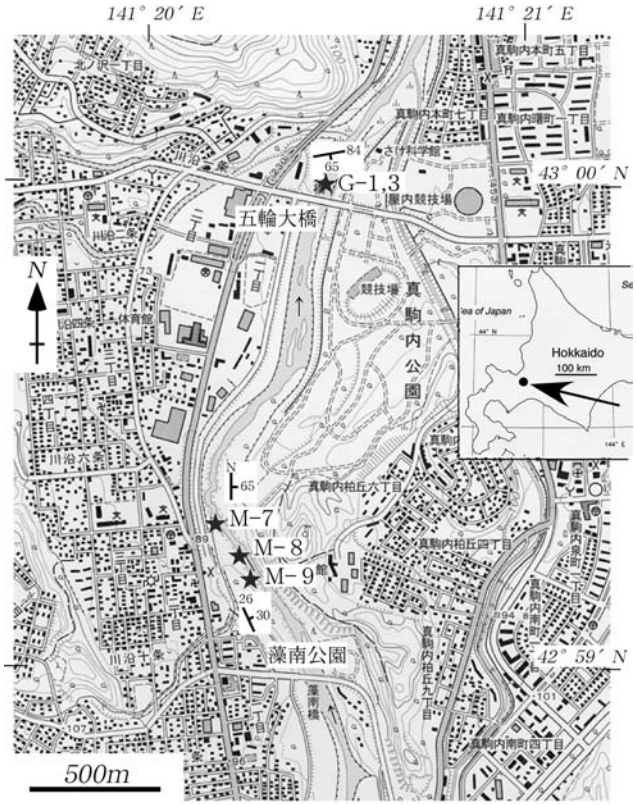
1）約 1ｇの地質試料をハンマーで細かく砕き
2）過酸化水素水（15%濃度）と塩酸（18%濃度）で薬品処理を行い
3）蒸留水で酸を除去した後
4）懸濁液 200cc 中から駒込ピペットにより 0.3cc をカバーグラス（18×18ｍｍ）上に一様にひろげ
5）徐々に乾燥させた後、封入剤（マウントメディア：和光純薬製）を用いてカバーグラスをスライドグラス（76×26ｍｍ）に貼り付ける。

珪藻化石の同定は 1,250 倍（油浸）の生物用光学顕微鏡で行った。算定については、200 個体を基本とし、含有率が低い試料はカバーグラス全域を対象として終了した。なお、珪藻帯は Yanagisawa and Akiba（1998）に基づき判断した。

(3) 分析の結果

2004 年度はサッポロカイギュウの産出層準と、藻南公園に分布する泥岩の地質年代を明らかにするために、2005～2006 年度は豊平川周辺に分布する新第三系とボーリングコアを試料として新第三紀の地史を解明するために、それぞれ珪藻分析を行った。

2004 年度：採取したノジュール（図Ⅲ-5-2；試料名 Nd-1，以下同様）は，含貝化石砂岩の上位の泥岩中に存在し、層序的にカイギュウの産出層準の 3m 直上に相当する。このため、Nd-1 はカイギュウの産出層準とほぼ同じと見なされる。処理の結果、珪藻化石の産出は少なく、算定はカバーグラス全域を対象に行い、最終的に 31 個体を確認した（表Ⅲ-8-1)。多産種は *Thalassionema nitzschioides* で（9 個体）で、全体の 29%を占める。次に、*Thalassionema schraderi* が 7 個体（同 22.6%)、*Coscinodiscus marginatus* が 6 個体（同 19.4%)、*Denticulopsis hustedtii* が 4 個体（同 12.9%）である。産出種の中で、*T. schraderi* の産出期間は 8.4～7.6Ma と極めて短いとされる（Yanagisawa and Akiba，1998)。同種はこの期間前後にも少数で産出するものの今回の結果は群集全体の 20%以上を占めることから，多産を示す 8.4～7.6Ma の期間内に位置すると推定出来る。このため、珪藻帯は *Thalassionema schraderi* 帯（NPD6B；8.5～7.6Ma; Yanagisawa and Akiba, 1998）に相当すると考える。



図Ⅲ-8-1　藻南公園および五輪大橋の地質試料の採取位置
国土地理院発行の 2.5 万分の 1 地形図「石山」（平成 16 年 10 月発行）を使用。

表Ⅲ-8-1　2004～2006 年度の珪藻化石リスト

調査年度		2004			2005			2006	
採取位置	カイギュウ	真駒内公園			五輪大橋		白井川橋	仁井別川	里塚観測
珪藻帯	*T. schrad.*	*Thalassiosira oestrupii*			*Rouxia californica*			*R. calif.*	*N.k–N.k*
種　名 / 地質試料		M-7	M-8	M-9	G-1	G-3	18SP02	N-02-3	S480.9
Actinocyclus ingens Ratto.		1	4		8	7		5	
A. sp.						1			
Actinoptychus senarius (Ehr.) Ehr.		3	6	6	7	2	33	4	
Arachnoidiscus ehrenbergii Bailey					1				
Bacterosira fragilis (Gran) Gran								1	1
Cavitanus jouseanus (Scheshukova) Williams					1				
Cladogramma californicum Ehr.							2		
Cocconeis californica Grun.			1	1					
C. clandestina Schmidt		1		1		2			
C. costata Greg.			1						2
C. pseudomarginata Greg.								1	
C. scutellum Ehr.		2							1
Coscinodiscus astelomphalus Ehr.							1		
Coscinodiscus endoi Kanaya			3					1	
C. marginatus Ehr.	6	5	22	2	11	21	11	54	6
C. oculus-iridis Ehr.					1	1			
C. sp. A		3	7						
C. spp.		1	1					1	
Cosmiodiscus insignis Jousé		1							
Cyclotella sp.								1	
Cymatosira debyi Temp. et Brun		1							
Denticulopsis dimorpha (Schrader) Simonsen		2	3	2					
D. hustedtii (Simonsen et Kanaya) Simonsen s.l.	4	2		1	1	1			
D. hyalina (Schrader) Simonsen					2	2		1	
D. praedimorpha Barron ex Akiba									1
D. simonsenii Yanagisawa et Akiba								1	1
Diploneis smithii (Bréb) Cleve									1
D. sp.								1	
Fragilaria pinnata Ehr.									1
Grammatophora cf. *oceanica* (Ehr.) Grun.			1						1
G. spp.		1	1	3					
Hyalodiscus obsoletus Scheshukova-Poretzkaya					2				2
Ikebea tenuis (Brun) Akiba					5	2		5	
Melosira sol (Ehr.) Kütz.		3	3		3	1			
Neodenticula kamtschatica (Zabelina) Akiba et Yanagisawa		13	8	27	3	1		1	23
N. koizumii Akiba et Yanagisawa									112
Nitzschia miocenica Burckle								1	
N. pliocena (Brun) Mertz					1		3	1	
N. reinholdii Kanaya ex Schrader		1							
N. rolandii Schrader emend. Koizumi					3	2			
N. sp.1		12		1					
N. sp.					1			1	
Odontella aurita (Lyngbye) Agardh		10	2	3			2	16	2
Paralia sulcata (Ehr.) Cleve			1	2					
Probosia barboi (Brun) Jordan et Priddle		4	12	3		12	4		1
P. sp.	2								
Pseudopodosira elegans Scheshukova-Poretzkaya		1		1	23				
Rhabdonema arcuatum var. *robusta* (Grun.) Hust.							1		
Rhaphoneis cf. *ischaboensis* (Grun.) Mertz		1				1			1
Rhizosolenia cf. *hebetata* f. *hiemalis* Gran								2	
R. spp.	1	5	5	4	2	5	4	4	2
Rhoicosphenia curvata (Kütz.) Grun.				2					
Rouxia californica M. Peragallo			1		1	3	58	1	
R. sp.		1							
Stephanopyxis spp.		25	28	5	9	13	6	9	3
Synedra jouseana Scheshukova-Poretzkaya					4	1	3	1	
S. spp.	2						6		
Thalassionema cf. *hirosakiensis* (Kanaya) Schrader					14	37			
T. nitzschioides (Grun.) H. et M. Peragallo	9	60	45	115	59	56	2	68	6
T. nitzschioides var. *parva* Heiden et Kolbe						1			
T. schraderi Akiba	7								
Thalassiosira antiqua (Grun.) Cleve-Euler		8	4	2	19		13	3	5
T. eccentrica (Ehr.) Cleve			2		1	3	2		4
T. gravida Cleve								1	
T. hyalina (Grun.) Gran		1	1						
T. cf. *jacksonii* Koizumi et Barron			1			1			
T. jouseae Akiba									2
T. manifesta Scheshukova-Poretzkaya		2	1			1	1		
T. marujamica Scheshukova-Poretzkaya						4	15	3	
T. nidulus (Temp. et Brun) Jousé			1		1		8		
T. oestrupii (Ostenfeld) Proshkina-Labrenko s.l.		6	4	4					3
T. temperei (Brun) Akiba et Yanagisawa			1			1	1		
T. zabelinae Jousé			1		2	1	1		
T. sp. B		1							
T. spp.		15	21	6	8	3	21	3	7
Thalassiothrix frauenfeldii Grun.								5	
T. longissima Cleve et Grun.		2	6	5	6	8	2	4	12
T. robusta (Shrader) Akiba		6	2	4	1	6			
Total	31	200	200	200	200	200	200	200	200

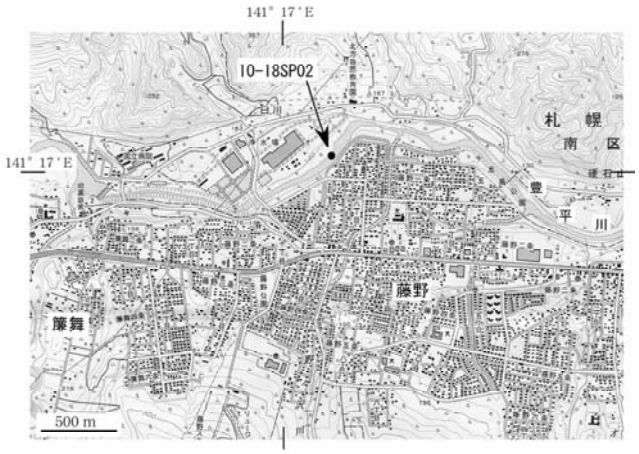
T. schrad.: *Thalasionema schraderi*, *N. k.- N. k.*: *Neodenticuka kamtschatica - Neodenticuka koizumii.*

また、同珪藻帯には *C. marginatus* が数多く随伴するとされ（Akiba, 1986）、今回の結果と調和する。以上から、Nd-1 の地質年代、すなわちサッポロカイギュウ産出層準の地質年代は約 800 万年前と考える。

藻南公園の 3 試料（M7～9 ; 図Ⅲ-8-1）からは、6.4 ～ 2.6-2.7Ma に多産する *Neodenticula kamtschatica* と、初産出が 5.5 Ma である *Thalassiosira oestrupii* s.l.が認められる一方、初産出が 3.5-3.9 Ma で、珪藻帯認定に重要な *Neodenticula koizumii* は産しない。このため、*Neodenticula kamtschatica* 帯（NPD7B ; 6.4～3.5-3.9Ma）の *Thalassiosira oestrupii* 亜帯（NPD7Bb ; 5.5～3.5-3.9Ma）に相当すると判断される。なお、*Denticulopsis dimorpha* などのより古い絶滅種がいくらか産するものの、これらは再堆積によるものと考える。

2005 年度 : 豊平川上流域に分布する新第三系から採取した 37 試料と、五輪大橋に分布する泥岩について珪藻分析を行った。

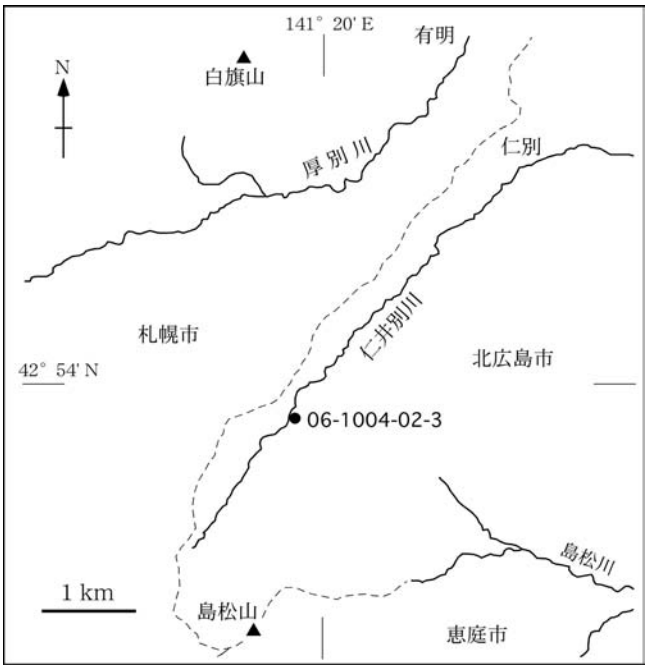
37 試料の多くは無産出であったが、白井川橋付近の試料 10-18SP02（以下、18SP02）から保存良好な珪藻化石が産した。同試料は、白井川橋の下流約 630ｍの左岸域（図Ⅲ-8-2）で採取されたノジュールである。優勢種は *Rouxia californica* で全体の 29%を占め、同種が多産する期間は 8.5～6.4 Ma である。一方、8.4～7.6 Ma に多産する *Thalassionema schraderi* が認められないことから、本試料の珪藻帯は *Rouxia californica* 帯（NPD 7 A ; 7.6～6.4Ma）に相当すると推定できる。更に、7.8-7.9～6.8？Ma に産する *Nitzschia pliocena* の存在から、両種の共通産出期間である 7.6～6.8?Ma に限定され、更に *Synedra jouseana* が *Rouxia californica* 帯の下部から産する（Akiba, 1986）ことは、上記の 7.6～6.8?Ma を支持する。以上から、本珪藻帯は *Rouxia californica* 帯の下部（7.6～6.8？Ma）に相当すると考える。



図Ⅲ-8-2　白井川下流の地質試料の採取位置
国土地理院発行の 2.5 万分の 1 地形図「石山」（平成 16 年 10 月発行）を使用。

五輪大橋の下流には、数枚の泥岩を挟在する凝灰角礫岩が露出し、分析用の試料（泥岩）は、左岸（G-1）と右岸（G-3）から採取した（図Ⅲ-8-1）。これらの試料からは *T. nitzschioides* や *C. marginatus*, *Thalassionema* cf. *hirosakiensis* が多産し、*N. kamtschatica* や *R. californica* が少数認められた（表Ⅲ-8-1）。*Rouxia californica* が比較的多産するのは 8.5-6.4 Ma で、これより若い時代では若干産出する。今回の結果では、*Rouxia californica* は少数であるものの、試料 G-1 における *Cavitanus jouseanus* や *Nitzschia pliocena*、G-3 における *Thalassiosira marujamica*、両試料からの *Synedra jouseana* の産出により、珪藻帯は *Rouxia californica* 帯（NPD 7 A ; 7.6～6.4Ma）の下部（7.6～6.8？Ma）に相当すると判断される。

2006 年度 : 北広島市を流れる仁井別川流域や豊平区の精進河畔公園に分布する新第三系と、掘削深度 500m の里塚地震観測井のボーリングコアについて分析を行った。結果は、仁井別川流域の試料 06-1004-02-3（以下、N-02-3）と、里塚地震観測井（第 4 図）の深度 480.9m の試料（以下、S480.9）から算定可能な珪藻が産した。N-02-3 は川の左岸域の露頭（図Ⅲ-8-3）からの試料で、産出した優勢種は、全体の 34%を占める *T.*



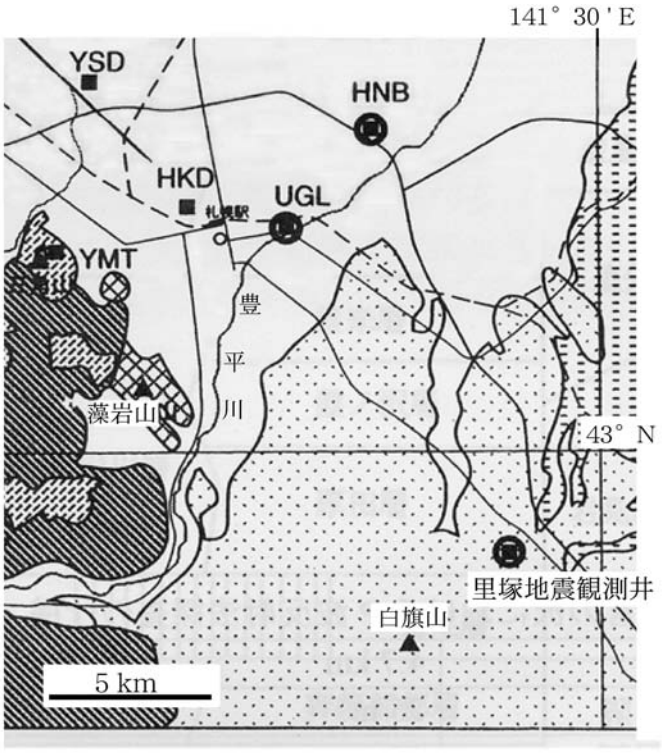
図Ⅲ-8-3　仁井別川流域の地質試料の採取位置
国土地理院発行の 5 万分の 1 地形図「石山」（昭和 57 年 5 月発行）を使用。

nitzschioides や同 27%の *C. marginatus*、同 8%の *Odontella aurita* などで、その他、珪藻帯区分に有用な *N. pliocena* や *R. californica, S. jouseana* が、それぞれ 1 個体を産出する。この様な *C. marginatus* の多産は、*Thalassionema schraderi* 帯の上部から *Rouxia californica* 帯の下部に存在することが知られている（Akiba, 1986）。一方、*T. schraderi* は無産出であることから、本珪藻帯は 2005 年度の G-1 や G-3, 18SP02 と同様に *Rouxia californica* 帯の下部（7.6～6.8？Ma）に相当すると考える。

S480.9 では, *Neodenticula koizumii* が全体の 56%を占め、次には *N. kamtschatica* が同 11.5%と続く。両種が産出することから、珪藻帯は *Neodenticula kamtschatica - Neodenticula koizumii* 帯（NPD8；3.5-3.9～2.6-2.7Ma）と判断され、他の産出種とも矛盾しない。

（4）サッポロカイギュウおよび周辺新第三系の地質年代

サッポロカイギュウ産出層準の 3m 直上から採取した Nd-1 の珪藻帯は *Thalassionema schraderi* 帯（NPD6B；8.5～7.6Ma）で、8Ma 前後の地質年代を示し、同産出層準における FT 年代測定結果（8.2±0.3Ma）と調和する。



図Ⅲ-8-4　里塚観測井の位置（図Ⅱ-2-18・20 の **STD**）笹谷・吉田（2003）の図の一部を引用し加筆。

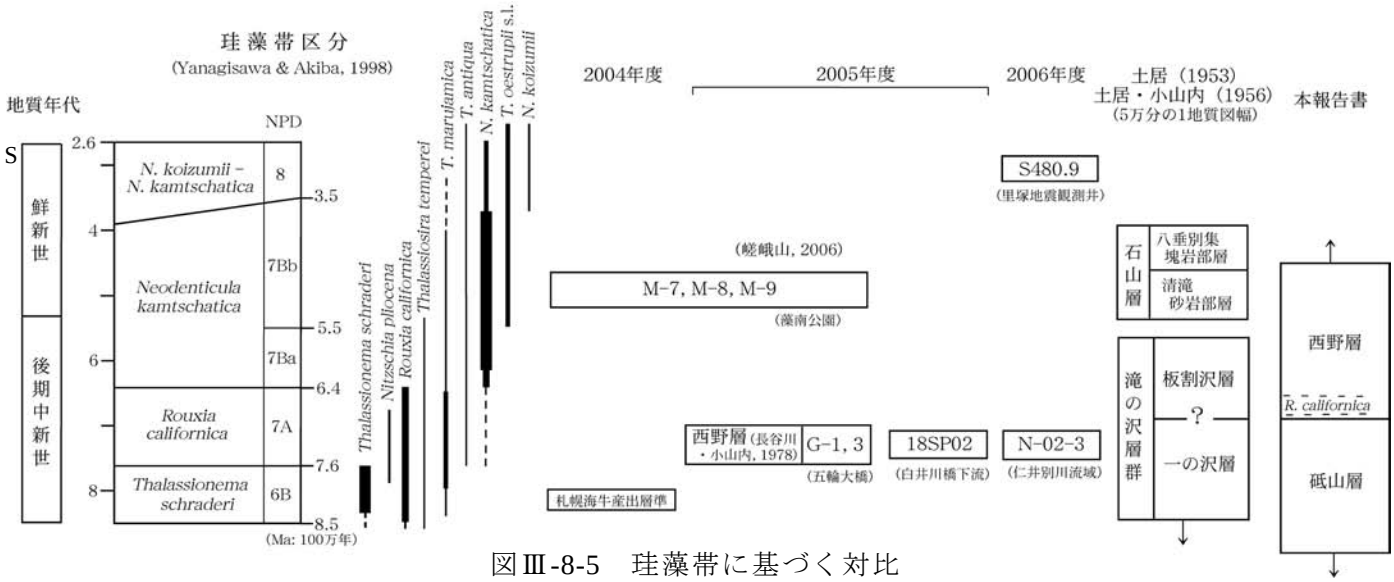
3 年間の珪藻分析結果を古い年代順に整理すると、以下の通りである。

最も古いのは約 8Ma の Nd-1 で、その上位は仁井別川流域の N-02-3 と考える。理由は、*C. marginatus* が全体の 1/4 以上を占めることから、同じく同種の多産を推定させる Nd-1 の直上に位置すると判断できる。更に上位は *Rouxia californica* 帯下部を示す五輪大橋の G-1 と G-3, 白井川橋の 18SP02 で、その上は *Thalassiosira oestrupii* 帯の藻南公園の M-7～9、最上位は *Neodenticula kamtschatica - Neodenticula koizumii* 帯を示す里塚観測井の S480.9 である（図Ⅲ-8-5）。この内の *Neodenticula kamtschatica - Neodenticula koizumii* 帯は、江差地域の館層（秋葉, 1977MS；小泉, 1979；Sagayama, 1998）や天北地域の勇知層（Ujiie et al. 1977；嵯峨山, 2003）などで知られているものの、札幌周辺では今回が初めてで、地下に埋積する堆積物が地表に分布する地層とどの様に対比されるかを検討することは、今後の珪藻分析にとって大きな意義があると考える。

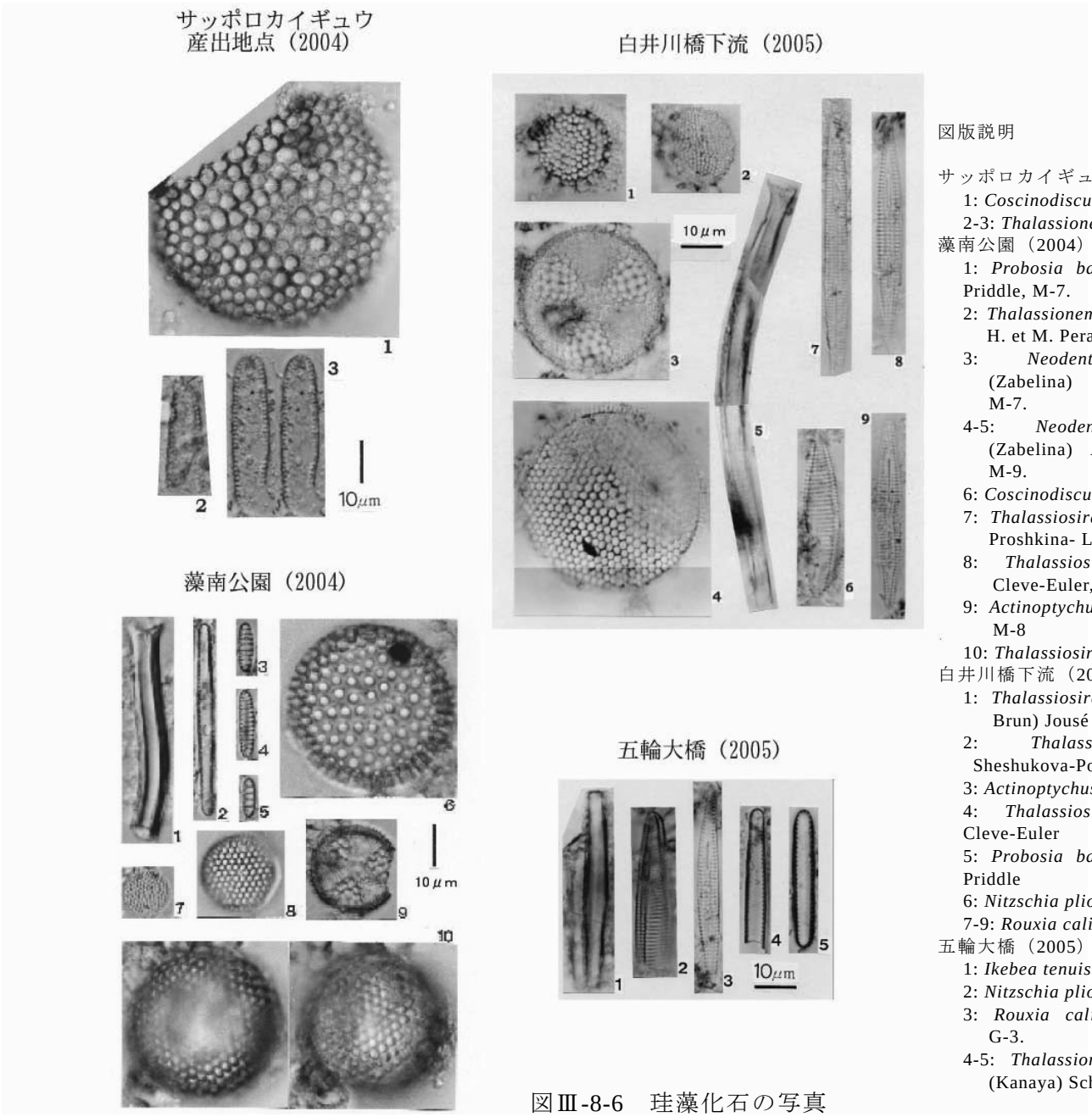
なお、長谷川・小山内（1978）が西野築山の西野層基底部から採取した試料の珪藻リストを検討すると、珪藻帯は *Rouxia californica* 帯（7A；7.4～6.0Ma; Akiba, 1986）の下部と考える（嵯峨山, 2006）。

3 年間で分析した試料の位置を、5 万分の 1 地質図幅「「定山渓」」（土居, 1953）および同「石山」（土居・小山内, 1956）で示された地層の分布域と比較・検討すると、滝の沢層群（一の沢層および板割沢層）と石山層の大まかな地質時代は図Ⅲ-8-5 に示した様になる。

（嵯峨山 積）



図Ⅲ-8-5　珪藻帯に基づく対比



図Ⅲ-8-6　珪藻化石の写真

図版説明

サッポロカイギュウ産出地点（2004）
1: *Coscinodiscus marginatus* Ehr.,
2-3: *Thalassionema schraderi* Akiba.

藻南公園（2004）
1: *Probosia barboi* (Brun) Jordan et Priddle, M-7.
2: *Thalassionema nitzschioides* (Grun.) H. et M. Peragallo, M-7.
3: *Neodenticula kamtschatica* (Zabelina) Akiba et Yanagisawa, M-7.
4-5: *Neodenticula kamtschatica* (Zabelina) Akiba et Yanagisawa, M-9.
6: *Coscinodiscus marginatus* Ehr., M-7.
7: *Thalassiosira oestrupii* (Ostenferd) Proshkina- Labrenko s.l., M-7.
8: *Thalassiosira antiqua* (Grun.) Cleve-Euler, M-8.
9: *Actinoptychus senarius* (Ehr.) Ehr., M-8
10: *Thalassiosira zabelinae* Jousé, M-8.

白井川橋下流（2005）
1: *Thalassiosira nidulus* (Tempère et Brun) Jousé
2: *Thalassiosira marujamica* Sheshukova-Poretzkaya
3: *Actinoptychus senarius* (Ehr.) Ehr.
4: *Thalassiosira antiqua* (Grun.) Cleve-Euler
5: *Probosia barboi* (Brun) Jordan et Priddle
6: *Nitzschia pliocena* (Brun) Mertz
7-9: *Rouxia californica* M. Perahallo.

五輪大橋（2005）
1: *Ikebea tenuis* (Brun) Akiba, G-1
2: *Nitzschia pliocena* (Brun) Mertz, G-1
3: *Rouxia californica* M. Perahallo, G-3.
4-5: *Thalassionema* cf. *hirosakiensis* (Kanaya) Schrader, G-3.

９　花粉・胞子化石

（1）はじめに

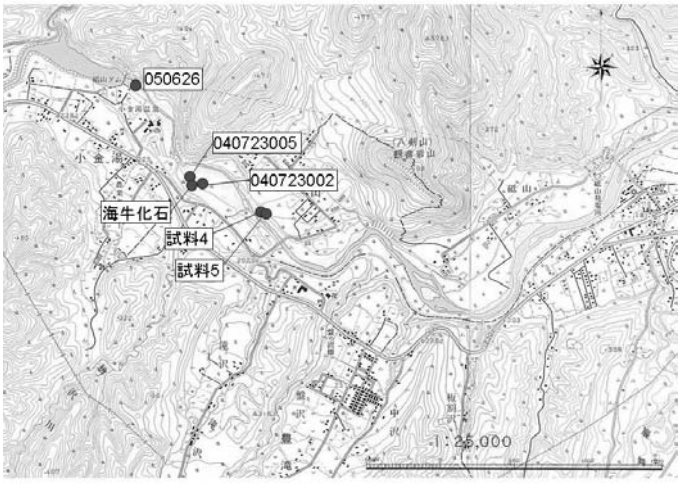
花粉は花の雄しべに作られる大きさ 80 ミクロン（0.08 ミリ）以下の生殖細胞である。胞子もシダやコケの生殖細胞である。植物が生産し、空中に放出する花粉や胞子の数は膨大なもので、その大半は地上や水中に落下して堆積する。花粉・胞子の膜は空気に触れると酸化分解するが、水中ではその特徴を保ったまま化石として長く保存される。そのため湿原や湖、海などの堆積物には、たくさんの花粉や胞子が化石として含まれているのである。それらの大きさや形や膜の構造は科や属の単位で異なるので、その特徴からそれぞれの母植物の種類を決めることができる。

豊平川の河床に露出する海牛化石産出層を含めた岩石は、貝化石や巣穴化石などの存在から海底に堆積した細粒岩である。この岩石の中には近くの陸域から海底に運ばれて堆積した花粉や胞子の化石が含まれる可能性が高い。本研究では、花粉や胞子の化石を岩石から抽出して、サッポロカイギュウが棲息していた頃の森林と当時の気候の復元を試みた。本地域における第三紀の花粉化石の研究はこれまでになく、本研究が最初である。

（2）試料と分析方法

分析した試料はサッポロカイギユウ化石産出層準とその上位の 2 試料（040723005，050626）、下位の 3 試料（040723002，4，5）の計 6 点である(図Ⅲ-9-1)。

試料はよく粉砕して、フッ化水素によりガラス質を、アセトリシス液（無水酢酸 9：硫酸 1 の混液）により有機質を除去し、塩化亜鉛の飽和溶液により比重分離を行なって濃集した後、プレパラートに封入した。花粉・胞子化石は 400 倍の光学顕微鏡により､各試料について 250～300 個を同定し、花粉・胞子総数を基数として産出率を計算した。

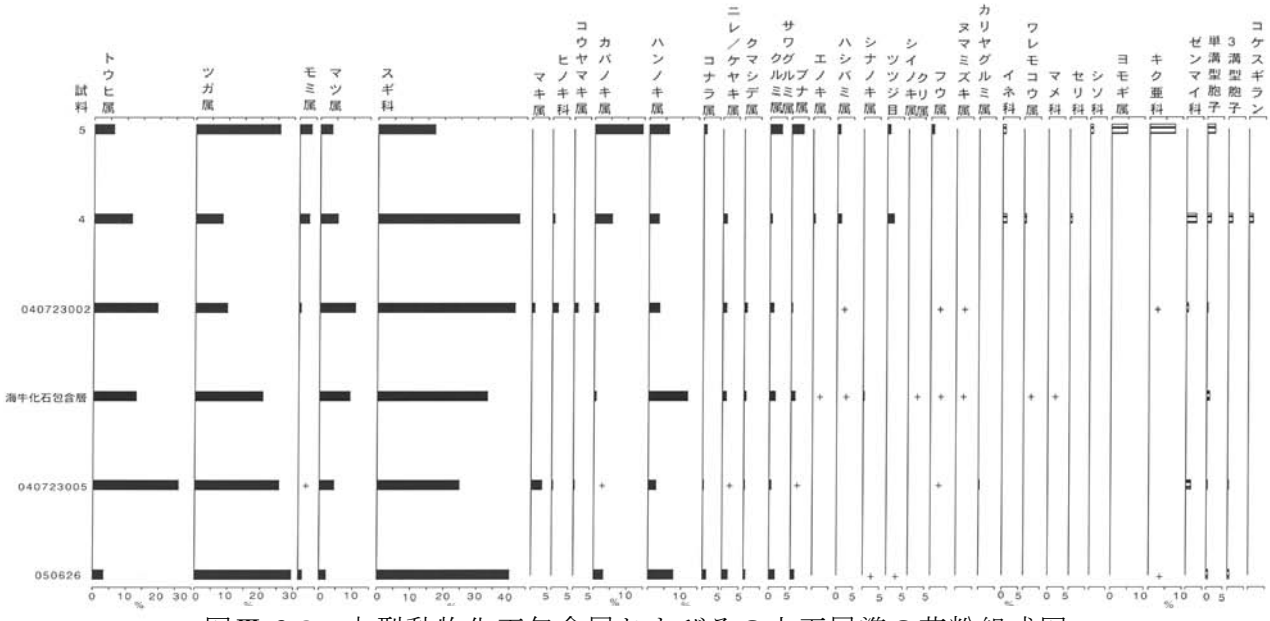


図Ⅲ-9-1　花粉試料採取位置（国土地理院発行 2 万 5 千分の 1「定山渓」,「石山」を使用）

（3）分析結果

検出された花粉と胞子の母植物は、針葉樹 2 科 6 属､広葉樹 16 属 1 目､草本類は 4 科 1 亜科 2 属、シダ類は 1 科 1 種 2 形態分類単位であった。

6 試料を通して温帯針葉樹のスギ科を 25～45％と最も高率に含むことが特徴的である。次いでツガ属、トウヒ属などの亜高山帯針葉樹が多く含ま



図Ⅲ-9-2　大型動物化石包含層およびその上下層準の花粉組成図

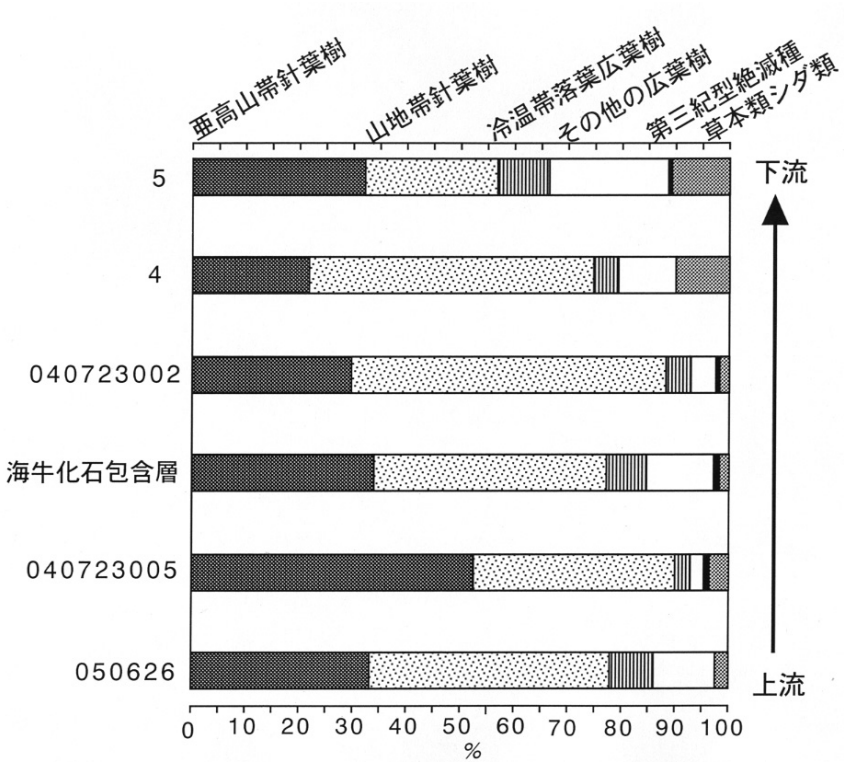
れた。ほかに、低率のマツ属、モミ属、マキ属、コウヤマキ属、ヒノキ科などの山地帯針葉樹が検出された。広葉樹では比較的高率のハンノキ属、カバノキ属のほか、低率の冷温帯落葉広葉樹のコナラ属、ニレ属/ケヤキ属、クマシデ属、クルミ属/サワグルミ属、ブナ属、エノキ属などが産出した。また第三紀絶滅種のフウ属、ヌマミズキ属、カリヤグルミ属を僅かに含んでいた。草本類、シダ類については、試料 5 でヨモギ属、キク亜科が 10%以下で検出されたほかは全般に少なかった。なお、試料 4 で周北極要素とされるコケスギランの胞子が検出されたことが注目される。分析結果は花粉組成図に示した(図Ⅲ-9-2)。また、検出された花粉・胞子を亜高山帯針葉樹、山地帯針葉樹、冷温帯落葉広葉樹、その他の広葉樹（ハンノキ属、カバノキ属、ツツジ目）、第三紀型絶滅種、草本類・シダ類の 6 群に区分して、上流から下流への変化を見た（図Ⅲ-9-3)。傾向として、上流から下流に向けて亜高山帯針葉樹が減少して山地帯針葉樹が増加する。また、草本類とシダ類が下流でやや増加する傾向が認められた。

(4) 古植生・古気候

北海道の中新世植物群は、Tanai (1961 ; 1967)、棚井 (1963)、棚井ほか (1992) の大型植物化石の研究によると以下の通りである。植物群の構成は前期、中期、後期で異なる。前期の阿仁合型植物群は優勢なヤナギ属、ハンノキ属、カバノキ属のほか、クルミ属、サワグルミ属、ニレ属、ケヤキ属、カツラ属、シナノキ属、トチノキ属ほか多種の温帯性落葉広葉樹を主とし、それらとメタセコイヤ、イヌスギなどのスギ科やトウヒ属、モミ属、マツ科などの山地～亜高山帯に生育したと考えられる針葉樹を混交したものである。メタセコイヤとイヌスギは現在の日本には分布しない第三紀型の温帯性針葉樹である。これらは現在の分布域(中国東南部）からみて温暖・湿潤な気候に生育する針葉樹である。各構成種の近似現生種の生態条件や現在の群落組成の知識から考えると、阿仁合型植物群は現在の東北日本に分布する冷温帯広葉樹林帯の低地から山地斜面の森林組成に類似する。

中期の台島型植物群は、上記した多種の温帯性落葉広葉樹を主とし、フウやカリヤグルミ、コンプトニアなどの第三紀型絶滅種を含む。針葉樹としてはスギ科（メタセコイヤ、イヌスギ)、イヌカラマツ、シマモミなどの南方系樹種が多い。この時代は前期に比して温暖になったと推定された。

後期には三徳型植物群が栄えた。北海道で報告されているこの時代の頻海層の植物群は、上記の温帯～冷温帯広葉樹を主とし，スギ科（メタセコイヤ、イヌスギ)、山地性のマツ属、モミ属と亜高山性針葉樹のトウヒ属、ツガ属などを含む。即ち、現在の本州北部・冷温帯広葉樹林帯の山地斜面の森林組成に近似し、さらにそれより上の亜高山帯



図Ⅲ-9-3　上流から下流への花粉組成変化

の要素をかなり含んでいる。三徳型植物群は前期中新世の阿仁合型植物群に類似し、中期に比べ気温がかなり低下したことを示している。また、中期に栄えた南方系植物の遺存種が僅かに残存することも特徴的である。

ところで、後期中新世の花粉化石群が北海道北部美深町に分布する陸源性の堆積物・川西層から明らかにされている（Igarashi and Oka，1993)。花粉組成は全般に針葉樹、中でもスギ科が最も高率であり, ついでマツ属、トウヒ属、ツガ属が多い。広葉樹はハンノキ属が極めて高率である。ほかにクルミ/サワグルミ属が多く産出するのみで、他の樹種は僅かである。なお、カリヤグルミ、フウが僅かに混交する。川西層の樹木花粉の組成と産出傾向は本化石花粉群の特徴と一致している。

(5) 結論

以上のような北海道における第三紀中新世植物群と照らし合わせて、本化石花粉群は冷温帯広葉樹の少ない点を除けば、後期の三徳型植物群に対比される。北海道北部からも類似の化石花粉群が得られていることから見て、北海道の沿岸域に広く類似の植生が分布したと推定される。すなわち、低地から山地帯にかけてスギ科を主とし、モミ属やマツ属、ハンノキ属、カバノキ属、多種の冷温帯落葉広葉樹、さらに中期の遺存種であるフウ属、カリヤグルミ属、ヌマミズキ属を僅かに交えた冷温帯林が発達した。現在の本州北部・冷温帯広葉樹林帯の山地斜面の森林組成に近似していた。他方、山岳の亜高山帯にはトウヒ属やツガ属、高山帯にはコケスギランが分布したであろう。気候は中期の温暖気候から寒冷気候へと変化したと推定される。スギ科が優勢であったことから見て、当時は湿潤(多雨)気候であった。広葉樹の中で最も高い頻度で産出したハンノキ属は、湿潤な環境のもとで湿原に生育したと考えられる。

本化石群が三徳型植物群に比べて広葉樹の少ない点については、海進などで山地が直接海に接しており、低地の広葉樹分布域が狭まった地形であった可能性がある。また、海底堆積物では沖合いほど草本類が減少する傾向があるといわれる（Uchiyama， 1978）。この観点にたつと、試料 4 と 5 は草本類・シダ類の割合が下位の 4 試料より高く、かつ陸源性の炭質物が濃集しており、堆積場が陸に近かった可能性がある。

（五十嵐八枝子）

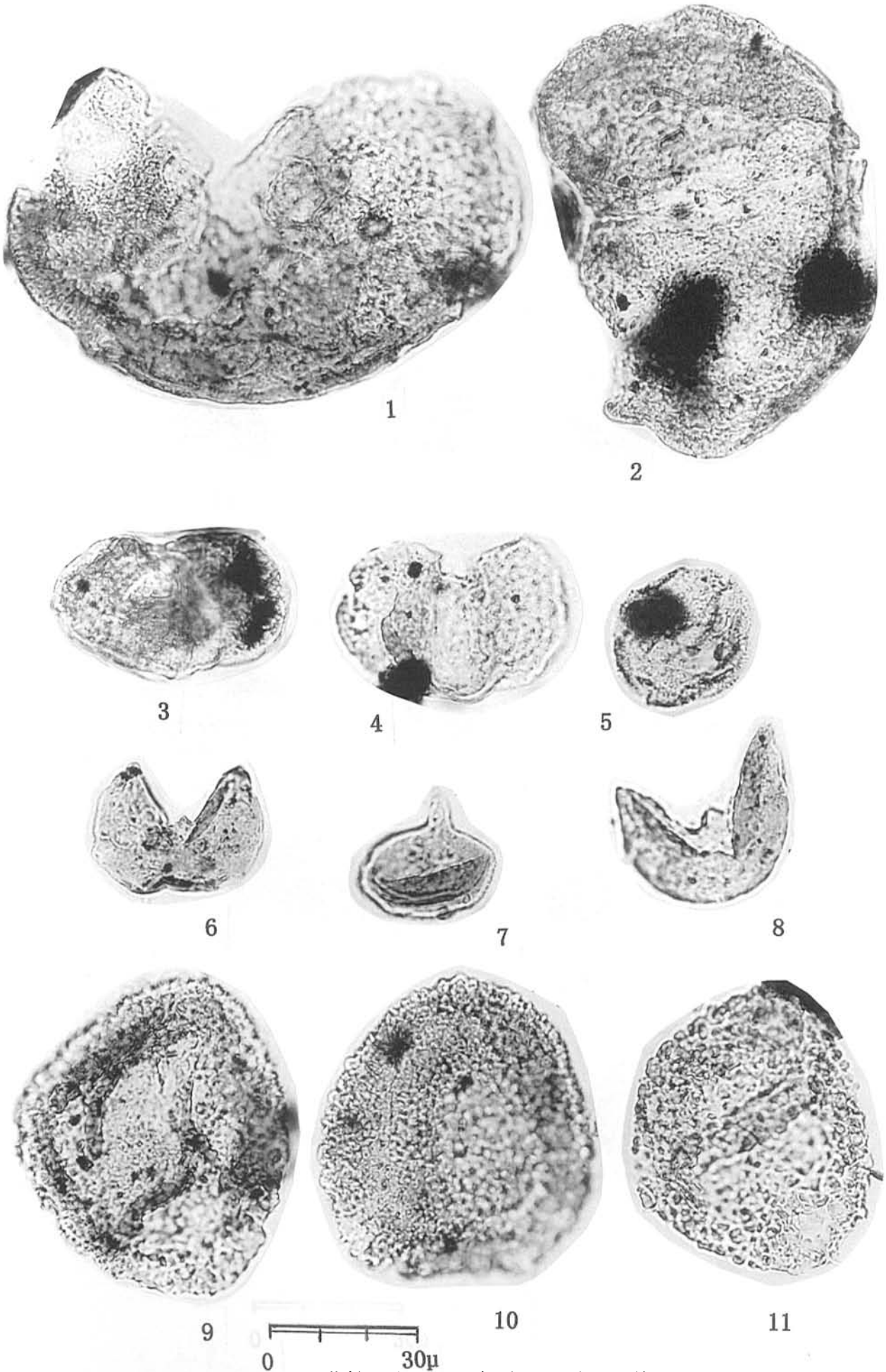
図版説明

図Ⅲ-9-4　化石花粉・胞子の写真（その１）

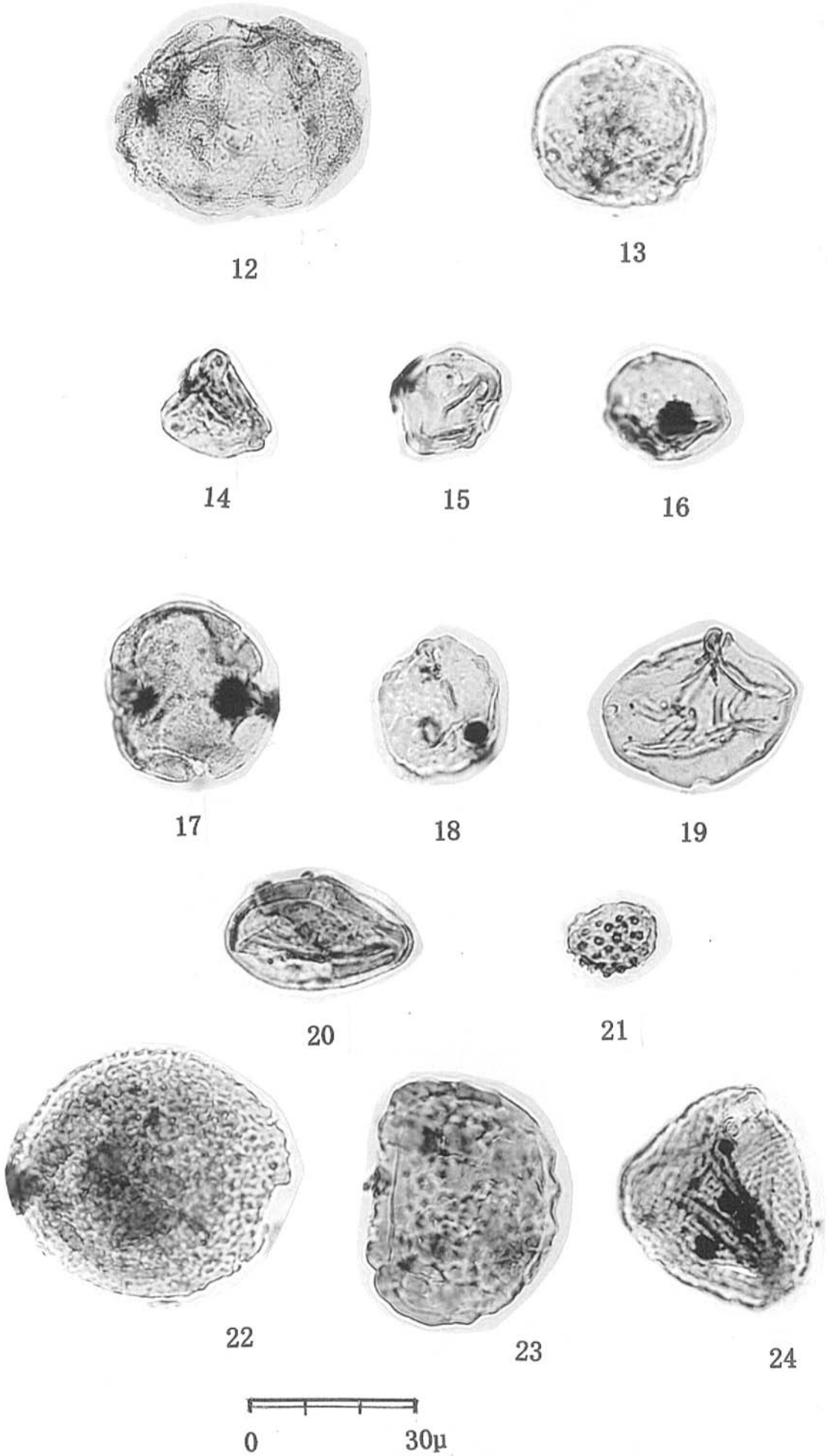
1. トウヒ属　*Picea*
2. トウヒ属　*Picea*
3. マツ属　*Pinus*
4. マキ属　*Podocarpus*
5. ヒノキ科・イチイ科　*Cupressaceae/Taxaceae*
6. スギ科　Taxodiaceae
7. スギ科　Taxodiaceae
8. スギ科　Taxodiaceae
9. ツガ属　*Tsuga*
10. ツガ属　*Tsuga*
11. コウヤマキ属　*Sciadopytis*

図Ⅲ-9-5　化石花粉・胞子の写真（その２）

12. フウ属　*Liquidamber*
13. カリヤグルミ属　*Carya*
14. カバノキ属　*Betula*
15. ハンノキ属　*Alnus*
16. クマシデ属　*Carpinus*
17. シナノキ属　*Tilia*
18. ニレ属・ケヤキ属　*Ulmus/Zelkova*
19. クルミ属・サワグルミ属　*Juglans/Pterocarya*
20. ワレモコウ属　*Sanguisorba*
21. キク亜科　Carduoideae
22. ゼンマイ科　Osmundaceae
23. 単溝型シダ胞子　Monolete type
24. 三溝型シダ胞子　Trilete type



図Ⅲ-9-4　化石花粉・胞子の写真（その１）、口絵 13



図Ⅲ-9-5　化石花粉・胞子の写真（その２）、口絵 13