

ロシア・サハリン州南部ナイバ川（内淵川）流域に分布する白亜系上部の化石層序と古地磁気層序

Integrated biostratigraphy and magnetostratigraphy of the upper Cretaceous System along the River Naiba in southern Sakhalin, Russia

Abstract

小玉一人* 前田晴良**
重田康成*** 加瀬友喜***
竹内 徹****

Kazuto Kodama*, Haruyoshi Maeda**
Yasunari Shigeta***, Tomoki Kase***
and Tohru Takeuchi****

2001年10月2日受付.
2002年3月29日受理.

- * 高知大学海洋コア研究センター
Marine Core Research Center, Kochi University, Kochi 780-8072, Japan
- ** 京都大学大学院理学研究科地質学鉱物学教室
Department of Geology & Mineralogy, Graduate School of Science, Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan
- *** 国立科学博物館地学研究部
Department of Geology & Palaeontology, National Science Museum, Tokyo 169-0073, Japan
- **** 安城学園高等学校
Anjo Gakuen High School, Anjo 446-0036, Japan

The Cretaceous clastic sequences in the Naiba area of South Sakhalin, Russian Far East, have been investigated in terms of macrofossil stratigraphy and magnetostratigraphy in conjunction with detailed field mapping since 1990. This paper provides an overview of the lithostratigraphy and magneto-biostratigraphy of the Upper Cretaceous portions that are well-exposed along the River Naiba and its tributaries. The Cretaceous strata in Naiba are subdivided lithologically into the Ai, Naiba, Bykov, and Krasnoyarka Formations, in which the Krasnoyarka Formation and the upper part of the Bykov Formation yield abundant ammonoids and inoceramids that commonly occur in the "Upper Yezo Group" and the "Hakobuchi Group" in central Hokkaido. A stratigraphic sequence of magnetic polarity reversals consisting of 15 magnetozones can be established from the upper Bykov and the entire Krasnoyarka Formations. Although cosmopolitan marker species are few, a continuous biostratigraphic section ranging from *Jimboiceras mihoense* Zone (Coniacian) to *Pachydiscus subcompressus* Zone (Maastrichtian) via zones of *Canadoceras* spp. (Campanian), all of which characterize the North Pacific Realm, is typically observable in the Naiba area. The biostratigraphic age assignments using these ammonoids and other molluscs lead to the correlation of the geomagnetic polarity sequence with polarity chrons from C34n, the Cretaceous long normal interval, through C30n in the upper Maastrichtian.

Key words: Upper Cretaceous, magnetostratigraphy, macrofossil biostratigraphy, Campanian, Maastrichtian, ammonoids, inoceramids, Naiba, Sakhalin, Russia, North Pacific

はじめに

ロシア・サハリン州南部の脊梁山地に源を発しオホーツク海にそそぐナイバ川（＝旧名称：内淵川）流域には、白亜系が広く分布している（Figs. 1, 2）。この地域の白亜系は、北海道の蝦夷層群とひとつづきの前弧海盆で堆積したと考えられる沖合泥岩相を主体とし（岡田, 1979; Okada, 1983）、アルビアン階からマストリヒチアン階まで、大きな欠損もなくほぼ連続して露出していることで知られている。このため、極東地域における白亜系上部の模式層序のひとつとして古くから注目を集め（Lopatin, 1870; Jimbo, 1908; 清水, 1929; 河田, 1929 ほか）、Matsumoto (1942, 1943), Vereshchagin (1961, 1970, 1977), Vereshchagin and Salnikov (1968), Salnikov and Tikhomolov (1987) らの詳細な調査によって層序がほぼ確立された。また、本地域から豊富に産するアンモノイド・イノセラムスなど海生動物化石の古生物学的研究

も数多い（Nagao and Matsumoto, 1939, 1940; Matsumoto, 1942, 1954; Vereshchagin et al., 1965; Pergament, 1971, 1974; Zakharov et al., 1981, 1984; Mirolyubov, 1987; Zonova, 1987; Zonova et al., 1993; Yazykova, 1994; Alabushev and Wiedmann, 1997 ほか多数）。

一方、近年の層序対比や放射年代測定法の進歩に伴い、化石層序学、古地磁気層序学、同位体層序学、堆積学、古生態学など多角的な視点から世界各地の白亜系層序を見直す機運が高まっている（例えば Hasegawa, 1995; Hicks et al., 1999）。太平洋北西縁に位置する北海道およびサハリンの白亜系についても、さまざまな視点から細かく観察すれば、西欧標準地域とは異なった地史や古環境に関する重要な情報が得られることが期待できる。

そこで筆者等は、ロシア科学アカデミー極東支部海洋地質学地球物理学研究所（Institute of Marine Geology and Geophysics）の協力のもとで、新たに古地磁気層序学的手法

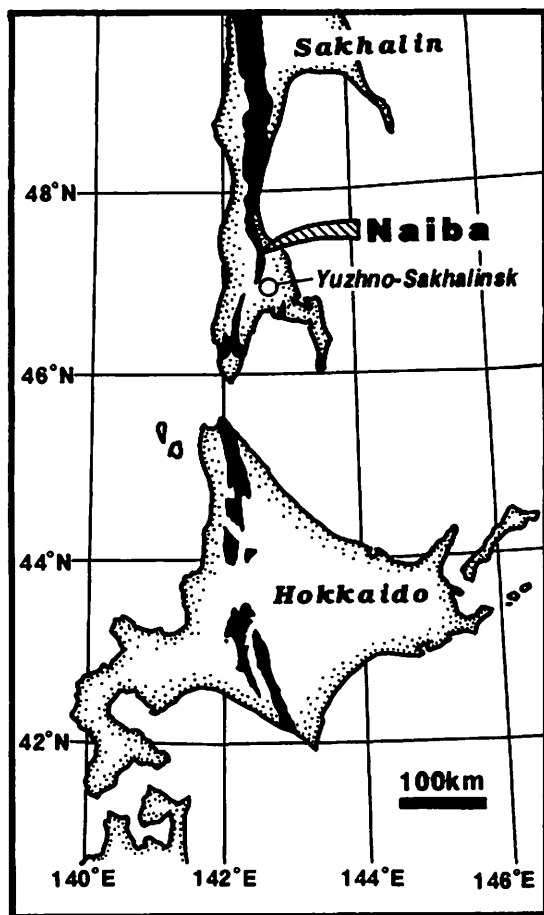


Fig. 1. Index map showing location of the Naiba area and distribution of the Cretaceous Yezo Group (black areas) in Hokkaido and South Sakhalin.

を用いてサハリンの白亜系の層序を再検討し、あわせて化石群の産状や堆積相を詳しく観察する目的で、1990年と1996年の2回、延べ約3ヶ月間にわたって、ナイバ川流域の地質調査を行った。実際には、事前の予想よりもナイバ川本流の白亜系下部の露出が思わしくなかったため、調査の主眼は上部白亜系においた。時間的制約その他の理由のため、やり残した課題も少なくないが、日本の研究チームとして戦後初めて足を踏み入れたナイバ地域の調査を通して明らかになった点を以下に報告する。

なお地名については、読者の便宜を計るため、現在のロシア名に加え、戦前・戦中の数多くの論文の中に記されている旧日本領時代の名称も併記する。

地質概要

ナイバ地域は、サハリンの州都ユジノサハリンスク（＝豊原）の約50km北方に位置し、ナイバ川中流の炭鉱町ブイコフ（＝内淵）を中心に戦前から開拓された地域である（Fig. 1）。ニホンリュウ（*Nipponosaurus sachalinensis* Nagao, 1936）の産出で知られるシネゴルスク（＝川上炭坑）は、この地域の約18km南にある。

本調査地域内には、川幅50～100mに達するナイバ川、お

Table 1. Stratigraphic divisions of the Cretaceous Yezo Group in the Naiba area, with comparison of the previous studies.

Note that some Matsumoto's units (i.e., Mh0 to Mh7) are biostratigraphical zones and others are lithostratigraphical units.

Matsumoto (1942, 1943, 1954)		Vereshchagin & Sainikov (1968) Poyarkova (1987)		This paper	
Ryugase Group	Rfy	Krasnoyarka F.	VII	Krasnoyarka F.	K6
	Rey		VI		K5
	Rdy		V		K4
	Rcy		IV		K3
	Rby		III		K2
	Ray		II		K1
	Ry-Mh		I		
Miho Group	Mh7	Bykov Formation	X	Bykov Formation	B3
	Mh6		IX		
	Mh5		VIII		
	Mh4		VII		
	Mh3		VI		B2
	Mh2		V		
	Mh1		IV		B1
	Mh0		III		
			II		
			I		
Kawakita G.	Kz	Naiba F.	V	Naiba F.	N3
	Ky		IV		N2
	Kx		III		N1
	Kw		II		
Lower Ammonite G.	Kv	Ai F.	II	Ai F.	A2
			I		A1

よびその支流であるクラスノヤルカ川（＝美保川）、ナゴルナヤ川（＝三炭川）、セイム川（＝第三支流）が大きく蛇行しながら流れ、おもにそれらの川筋に沿って白亜系、古第三系および新第三系が露出している。調査地域の地質図および断面図を Fig. 2 に示す。

白亜系は、おおよそ南北方向の走向で西傾斜を示して広く分布する。調査地域の東部では断層で新第三系に接し、西部では古第三系の挟炭層に緩い傾斜不整合で覆われる。これら挟炭層の上位を海成の漸新統が、さらにその上位を中新統が覆っている。白亜系の分布域は一般に侵食されやすいため、なだらかな地形を作っている。ただし、急峻な崖をつくる砂岩ユニットが2層はさまれており、これらは地形的によく追跡できる。

地質構造は単純で、地層はおもに西に傾斜する同斜構造で分布し、東から西に向かって傾斜が次第に緩くなる傾向が認められる。また途中で走向が緩やかにうねり、半ドーム・半

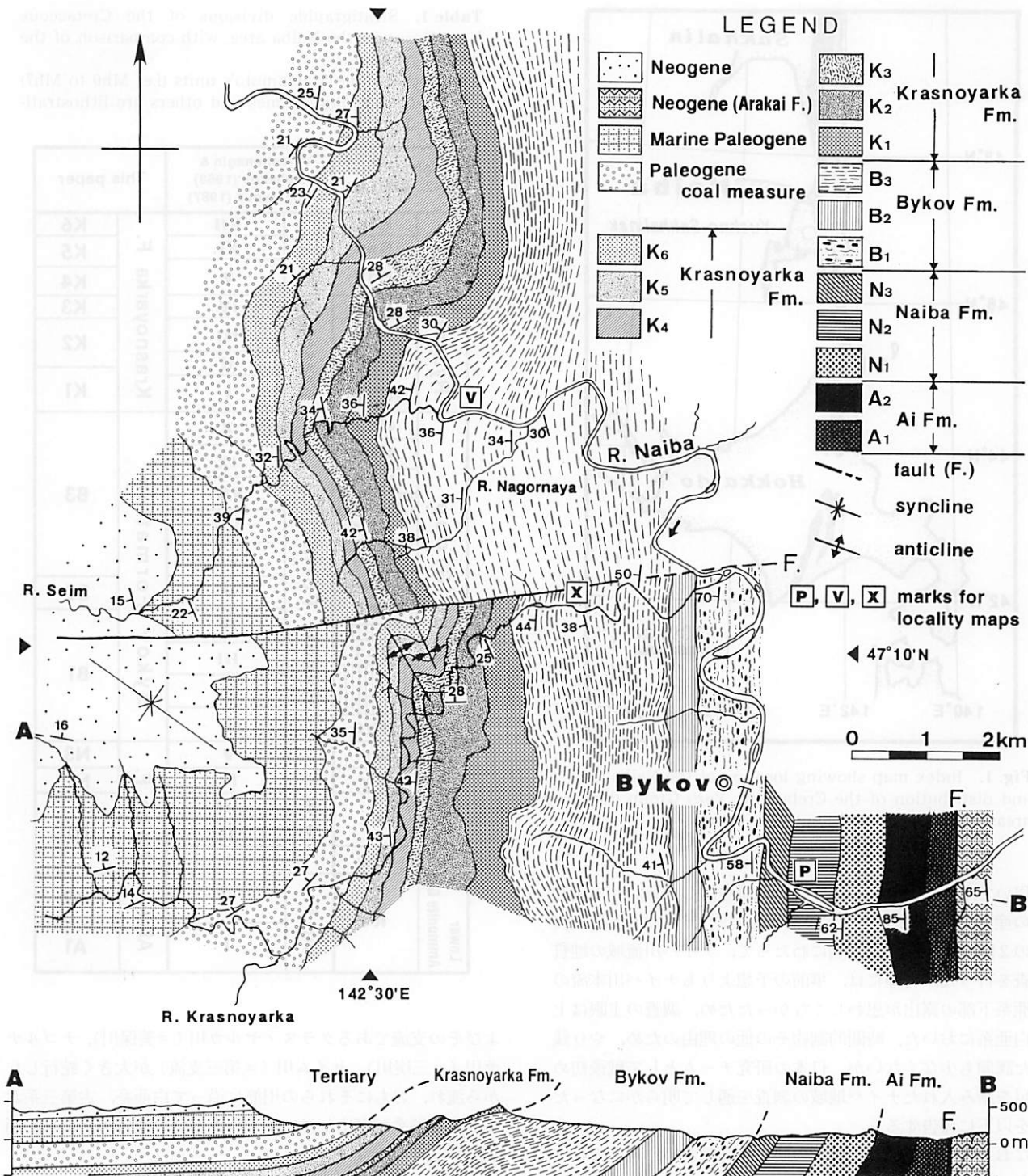


Fig. 2. Geological map of the Naiba area.

The Cretaceous System is typically exposed along the River Naiba and its tributaries in Sakhalin, Far East Russia.

ベーズン構造を数カ所で作っている。東西性の大きな断層が調査地域中央部に見られるほか、図示できないスケールの小断層や小褶曲によって分布がくり返すところがある（ナゴルナヤ川～セイム川最下流域など）。しかし、堆積物は全般に新鮮で、剪断などの強い変形は受けていない。

層 序

ナイバ地域の白亜系について、Matsumoto (1942) は岩相と化石帯とを組み合わせた層序区分を提唱した (Table 1)。しかし、この中では累層は定義されなかった。一方、Vereshchagin and Salnikov (1968) は、岩相のみに基づく

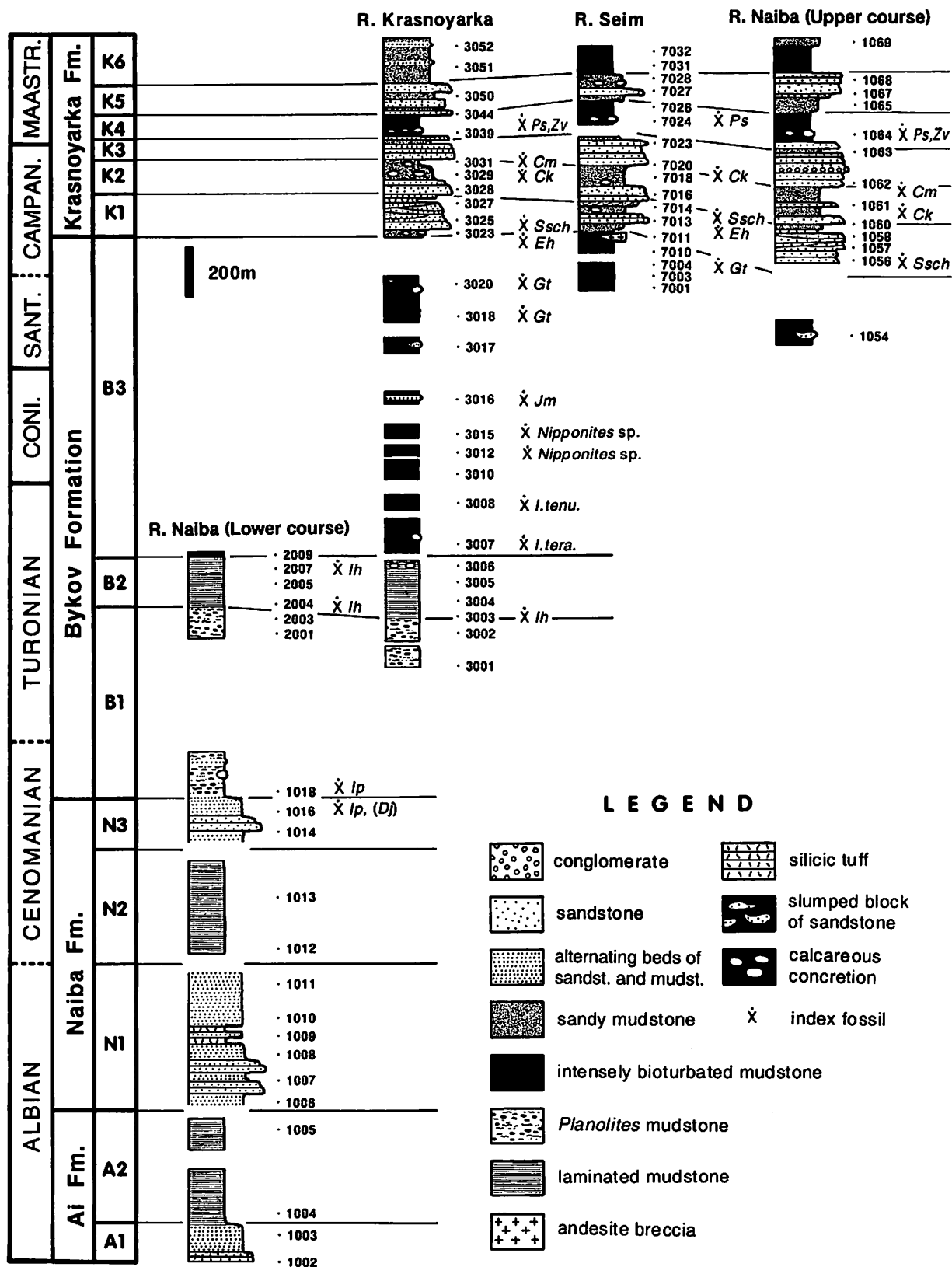


Fig. 3. Columnar sections of the Cretaceous Yezo Group in the Naiba area.

The upper part is well exposed and is much more fossiliferous. Four digits with a dot (e.g., 1002) indicate a locality number (Loc. NB-1002) and the stratigraphic level.

Dj: *Desmoceras* (*Pseudouhligella*) *japonicum*, *Ip*: *Inoceramus pennatulus*, *Ih*: *I. hobetsensis*, *I. tera.*: *I. teraokai*, *I. tenu.*: *I. tenuistriatus*, *Jm*: *Jimboiceras mihoense*, *Ia*: *I. amakusensis*, *Gt*: *Gaudryceras tenuiliratum*, *Eh*: *Eupachydiscus haradai*, *Ssch*: *Sphenoceramus schmidtii*, *Ck*: *Canadoceras kossmati*, *Cm*: *C. multicostatum*, *Ps*: *Pachydiscus subcompressus*, *Zv*: *Zelandites varuna*.

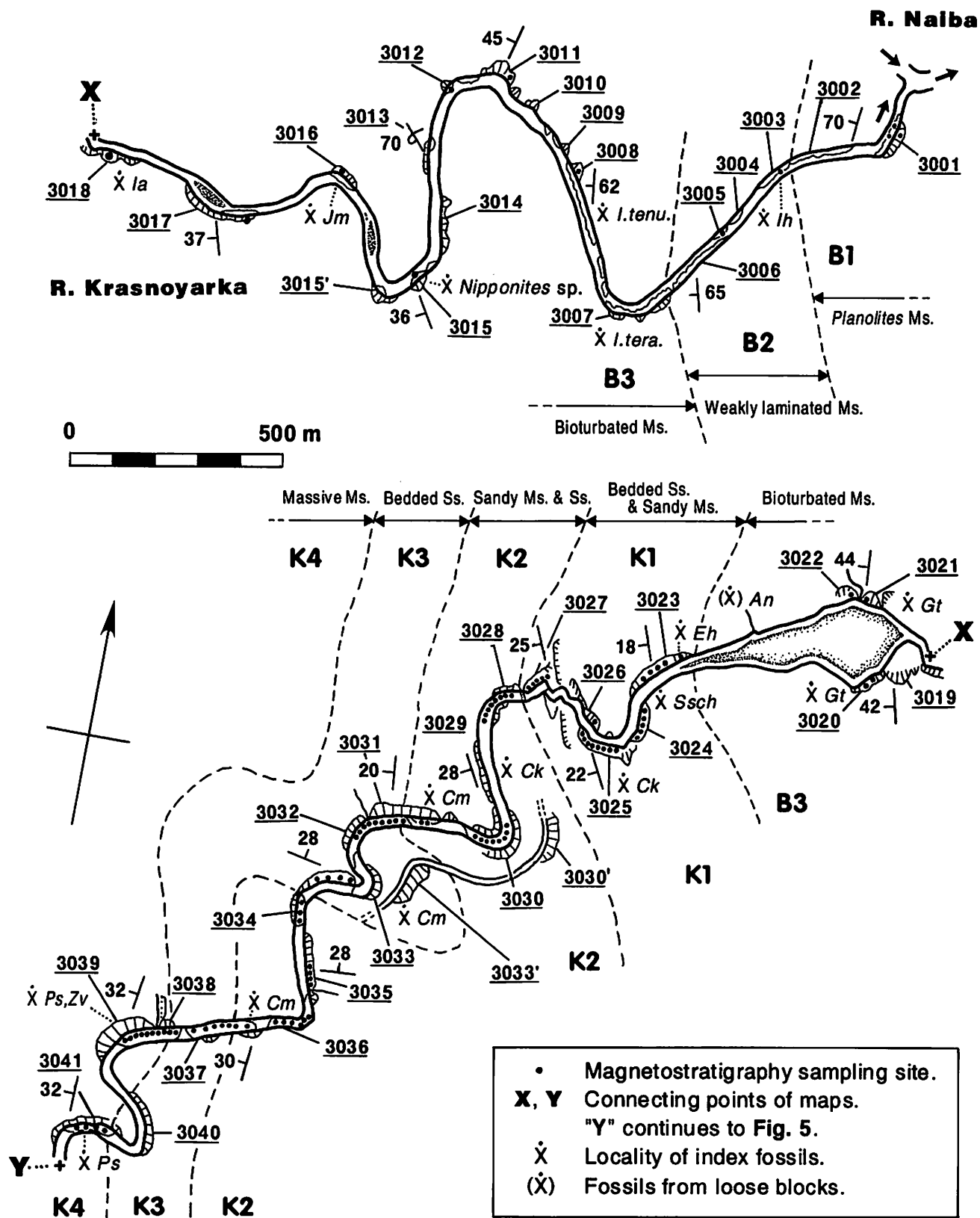


Fig. 4. Locality map along the R. Krasnoyarka (part 1).
An : *Menuites naumanni* [previously assigned to the genus *Anapachydiscus*]. Other abbreviations are the same as in Fig. 3.

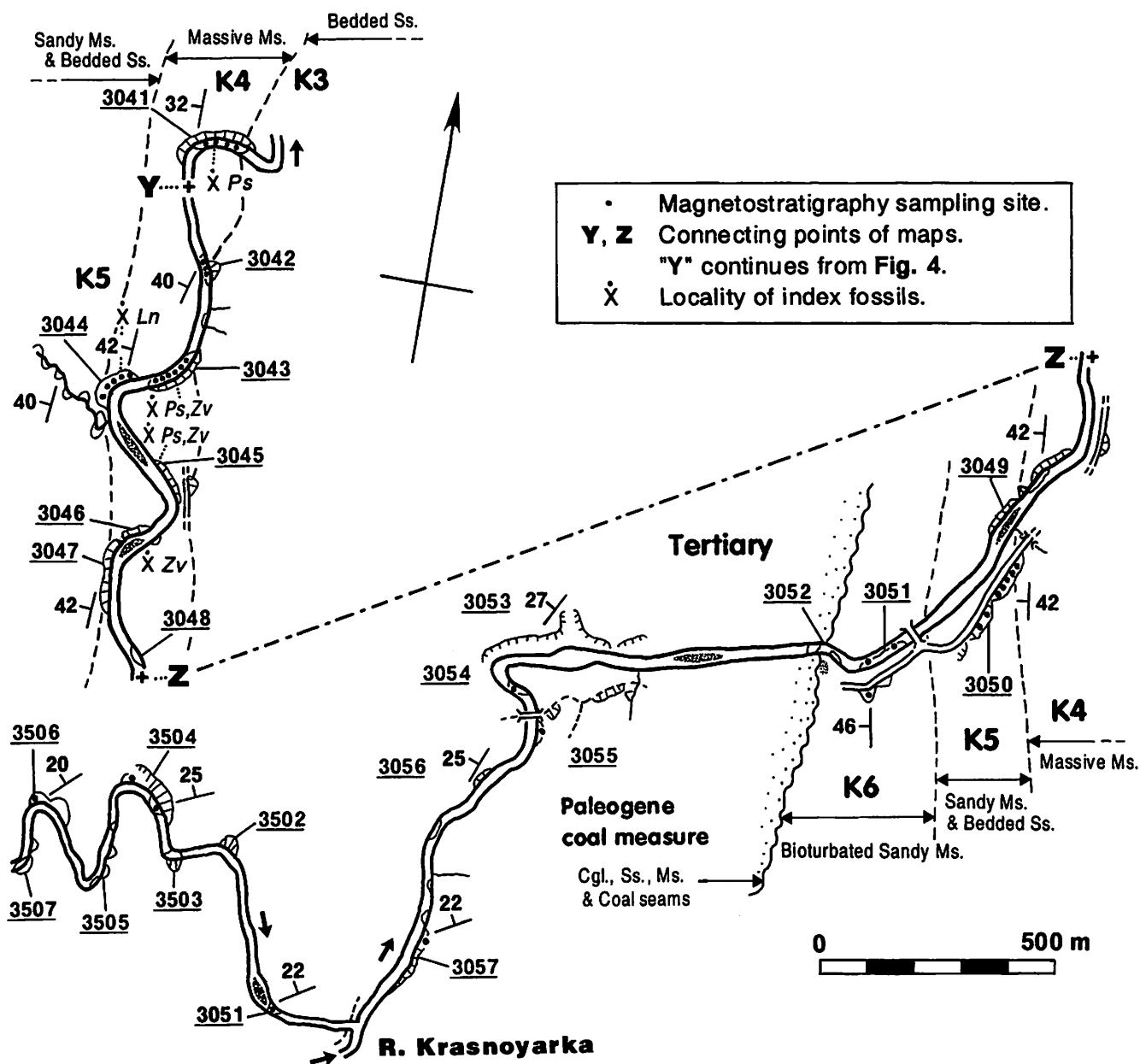


Fig. 5. Locality map along the R. Krasnoyarka (part 2).

Ln: *Linuparus* sp. Other abbreviations are the same as in Figs. 3, 4.

累層区分を提唱した。これは国際地層命名規約の要件を満たしている。さらに Poyarkova (1987) などの研究によって、後者の区分に基づく“bed by bed”の精度の岩相データが公表されたため、現在ではロシアの層序区分が国際的に用いられている。したがって本論文では、基本的に Vereshchagin and Salnikov (1968) の累層区分を踏襲し、それを一部修正して用いる。

本地域の白亜系は全層厚 5,000 m 以上に達し、一般的に単調な泥岩を主体とし、最上部では砂岩や砂岩泥岩互層が頻繁にはさまれるようになる。これらは、岩相により下位からアイ層、ナイバ層、ブイコフ層およびクラスノヤルカ層の 4 層に分けられる。特に最上部のクラスノヤルカ層は安山岩質の火山岩片に富み、砂岩および砂質泥岩を主体とし一部に礫岩

をはさむ粗粒岩相である。これらの累層はすべて整合一連に累重し、外見上、有意な堆積間隙は認められない。また、岩相は全般的に北海道の蝦夷層群と比べて似かよっている。したがって本論文では、本地域に分布する白亜系全体を、蝦夷層群(岡田, 1979; Okada, 1983) の中に含めて扱うことにする。各ルートに沿う柱状図を Fig. 3, 露頭位置図を Figs. 4-7, 層序対照表を Table 1, 産出化石リストを Tables 2, 3 に示す。

1. 白亜系蝦夷層群

(1) Ai Formation [アイ層, АЙСКАЯ СВИТА]

命名: Vereshchagin and Potapova (1966)

模式地: アイ川(相川)流域(=ナイバ地域の約 12 km 北東に位置する)

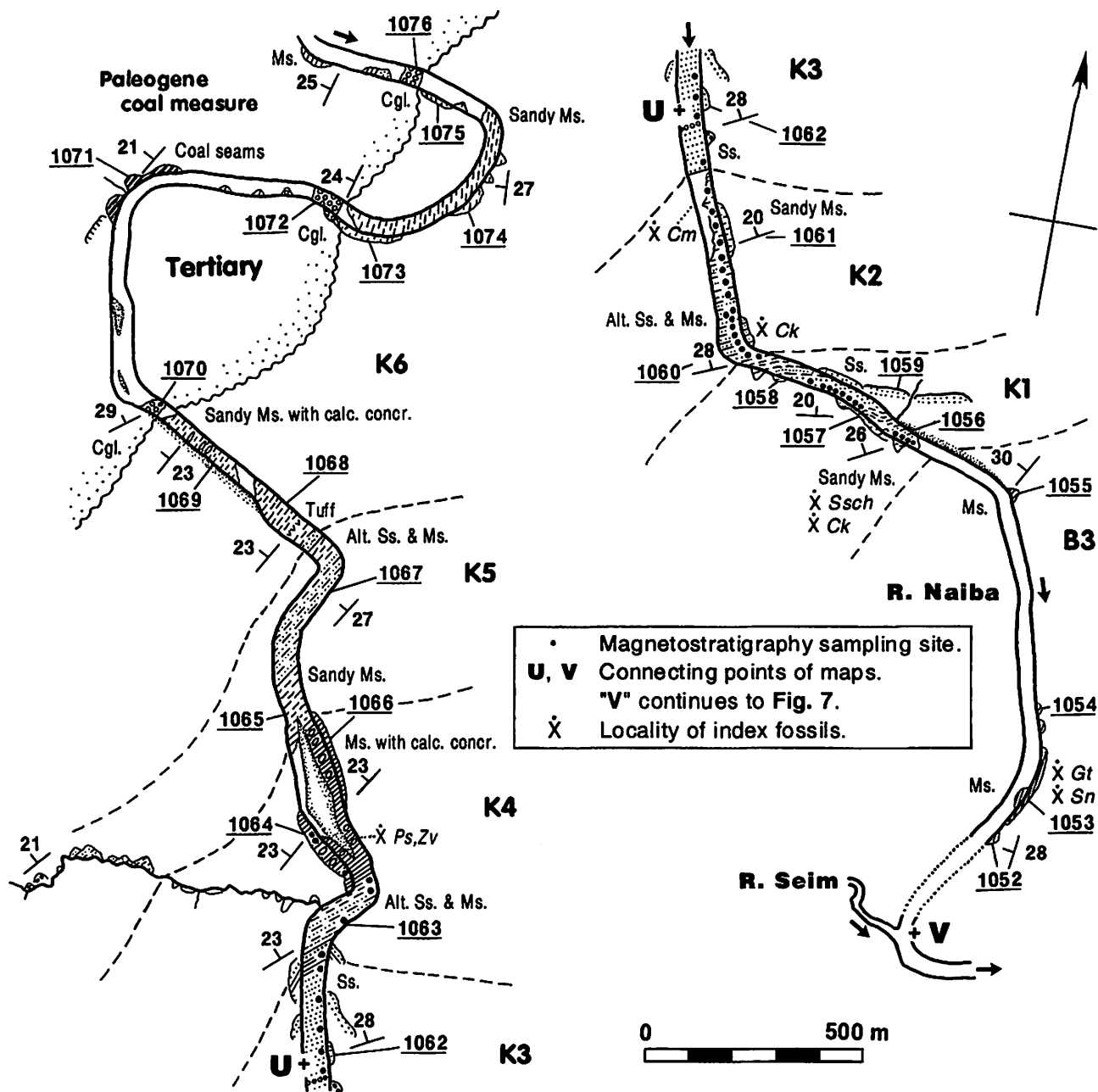


Fig. 6. Route map along the upper course of the R. Naiba.

Sn : *Sphenoceras naumanni*. Other abbreviations are the same as in Figs. 3-5.

層 厚 : 610 m 以上

本地域では、ナイバ川本流の下流沿いに最上部のみが露出する。平行葉理の発達した黒色～暗灰色泥岩を主体とし、タービダイト性の砂岩および砂岩泥岩互層をはさむ累層である。Matsumoto (1942) の下部菊石層群 (Kv), および北海道内の下部蝦夷層群に相当する。ブイコフにある選炭場からの廃液の影響で、現在では露頭条件は必ずしもよくない。Vereshchagin and Salnikov (1968) の区分と同様に、下位から A1, A2 の 2 岩相ユニットに分けられる (Table 1)。

岩相ユニット A1 : 上記泥岩中に、5～30 cm の厚さで成層する平行葉理の発達した灰色細粒砂岩、および厚さ 50 cm 以

上の中粒砂岩を頻繁にはさむ岩相ユニットである。下限は不明だが 150 m 以上の厚さがある。

岩相ユニット A2 : 平行葉理の発達した泥岩のみからなり、砂岩をほとんどはさまない岩相ユニットである。露出が悪く正確な層序境界は確定できないが、厚さは約 460 m と算定される。泥岩中には、生物擾乱の跡はほとんど見られない。稀に厚さ 2～5 cm、幅 10～20 cm の偏平な石灰質ノジュールが含まれているが、木片を除き化石は得られなかった。

(2) Naiba Formation

[ナイバ層, НАЙБИ́НСКАЯ СВИ́ТА]

命 名 : Vereshchagin (1963)

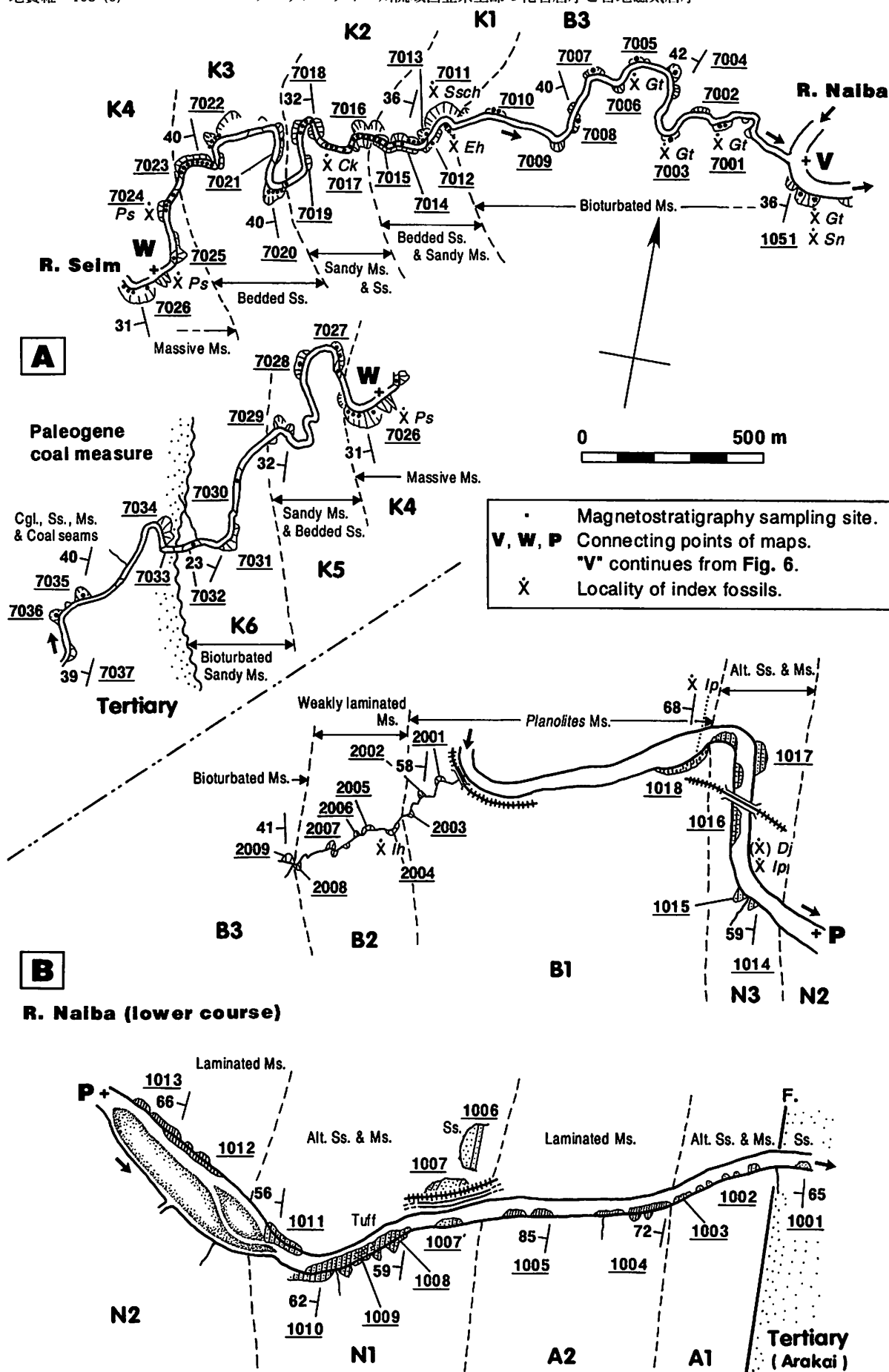


Fig. 7. Route map along the R. Seim (A) and the lower course of the R. Naiba (B).

The strata may be repetitiously exposed along the lowermost course of the R. Seim (A) by several minor foldings and faults below mappable scale. Abbreviations are the same as in Figs. 3-6.

Table 2. Faunal list of the Naiba and Bykov Formations.

Four digits (e.g., 3023) indicate the fossil-locality number (Loc. NB-3023). p : fossils from loose blocks.

Taxa	Naiba F.		Bykov Formation	
	N3	B1	B2	B3
INOCERAMIDS				
<i>Inoceramus pennatulus</i> Pergament	1015	1018		
<i>Inoceramus hobetsensis</i> Nagao and Matsumoto			2004, 2008, 3003 3004, 3005	
<i>Inoceramus teraokai</i> Matsumoto and Noda				3007
<i>Inoceramus tenuistriatus</i> Nagao and Matsumoto				3008
<i>Inoceramus amakusensis</i> Nagao and Matsumoto				3018
<i>Sphenoceramus naumanni</i> (Yokoyama)				1053, 3017, 3018, 3020, 3021, 7001, 7003
OTHER BIVALVES				
<i>Nanonavis sachalinensis</i> (Schmidt)				3012, 3020
<i>Propeamusium</i> sp.				3015, 3020
<i>Myrtea ezoensis</i> (Nagao)				3018
"GASTROPODS"				
<i>Aporrhais</i> sp.				3012, 3020
<i>Capulus cassidarius</i> Yokoyama				3022, 7003
AMMONOIDS				
<i>Desmoceras</i> (<i>Pseudouhligella</i>) <i>japonicum</i> Yabe	1015p			3007
<i>Tragodesmoceroides subcostatus</i> Matsumoto				3012, 3015
<i>Damesites</i> aff. <i>sugata</i> (Forbes)				3018, 7001, 7003
<i>Damesites damesi</i> (Jimbo)				3017, 3018, 3021, 3022, 7001, 7003
<i>Yokoyamaoceras ishikawai</i> (Jimbo)				1051, 1052, 3018, 3021, 3022
<i>Menuites sutneri</i> (Yokoyama)				3022-23p
<i>Menuites naumanni</i> (Yokoyama)				
<i>Hauericeras</i> (<i>Gardeniceras</i>) <i>angustum</i> Yabe				1050, 7001
<i>Mesopuzosia pacifica</i> Matsumoto			3003	3007
<i>Jimboiceras mihoense</i> Matsumoto				3016
<i>Tetragonites glabrus</i> (Jimbo)			2004	3007, 3008, 3010, 3011, 3012, 3014, 3015 3017, 3018, 3019, 3021, 3022 3007, 3012, 3015, 3017, 3018, 3021, 3022 1050, 1053, 3020, 3021, 3022, 7001, 7003, 7007 3010, 3012, 3015 3021, 3022
<i>Gaudryceras denseplicatum</i> (Jimbo)				3007, 3015
<i>Gaudryceras tenuilatum</i> Yabe				3012, 3015
<i>Anagaudryceras limatum</i> (Yabe)				3010
<i>Anagaudryceras yokoyamai</i> (Yabe)				3020
<i>Scalarites mihoensis</i> Wright and Matsumoto				3021, 3022, 7001, 7007
<i>Nipponites</i> sp.				3007, 3021, 3022
<i>Scaphites planus</i> (Yabe)				1052, 3007, 3012, 3018, 3021, 3022
<i>Hyphantoceras venustum</i> (Yabe)				
<i>Polyptychoceras</i> sp.				
<i>Hypophylloceras subramosum</i> (Shimizu)				
<i>Phyllopachyceras ezoense</i> (Yokoyama)				
ECHINOID				
spatangoid gen. indet.				3018

模式地：ナイバ川本流

層 厚：約 1,180 m

調査地域内ではナイバ川本流にのみ分布する。下位のアイ層に整合で重なり、タービダイト性の砂岩、砂岩泥岩互層や平行葉理の発達した暗灰色の泥岩よりなり、白色凝灰岩層をはさむ累層である。一部の泥岩は弱い生物擾乱を受けている。Matsumoto (1942, 1954) の川北層群 (Kw~Kz および Kz-Mh), および北海道内の中部蝦夷層群主部に相当する。下位から N1~N3 の 3 岩相ユニットに分けられる。

岩相ユニット N1：砂岩泥岩の細互層（1 セットの厚さ 2~10 cm）を主体とし、下半に厚さ 100~150 cm の中粒砂岩を頻繁にはさむ。Matsumoto (1942) の Kw~Kx, Vereshchagin and Salnikov (1968) の I~III に相当する。厚さ約 530 m。本ユニットは急峻な崖をつくるため、地形的に南北に広く追跡できる。

砂岩の単層は、一般に最上部に平行葉理が見られるほか、一部にコンポリュート葉理が発達する。また本ユニットの中部には、厚さ 10~60 cm の白色凝灰岩ないし青灰白色の凝灰岩質粗粒砂岩が数多くはさまれる (Loc. NB-1008)。泥岩中には平行葉理が発達するが、一部の層準では弱い生物擾乱が見られる。今回の調査では化石は得られていない。

岩相ユニット N2：暗灰色泥岩を主体とし、砂岩をほとんどはさまない岩相ユニット。Matsumoto (1942) の Ky, Vereshchagin and Salnikov (1968) の IV に相当する。厚さ約 450 m。

泥岩中には平行葉理が見られるが、部分的に弱い生物擾乱を受け、水平方向に掘る生痕 *Planolites* が見られる。生物擾乱を受けた層準には直径 20~40 cm のレンズ状石灰質ノジュールが含まれているが、化石は得られなかった。また本ユニット中部には、厚さ 2~5 cm の白色ガラス質凝灰岩が数

Table 3. Faunal list of the Krasnoyarka Formation.
Indices are the same as in Table 2.

Taxa	Krasnoyarka Formation				
	K1	K2	K3	K4	K5
INOCERAMIDS					
<i>Sphenoceras orientalis</i> (Sokolov)	3023, 7011				
<i>Sphenoceras elegans</i> (Sokolov)	3023, 7011				
<i>Sphenoceras schmidtii</i> (Michael)	1056, 1057, 3023, 3024				
	7011, 7012, 7013, 7014				
<i>Sphenoceras sachalinensis</i> (Sokolov)	1056, 1057, 3023, 7011				
<i>Inoceramus balticus</i> Böhm		3029			
OTHER BIVALVES					
<i>Goniomya</i> sp.					1065
<i>Yoldia</i> sp.				3045	
<i>Nuculana</i> sp.				3045	
"GASTROPODS"					
<i>Gigantocapulus transformis</i> (Dundo)	3023, 7011				
<i>Gigantocapulus giganteus</i> (Schmidt)	1056, 3023, 3024, 7011				
AMMONOIDS					
<i>Desmophyllites diphyllodes</i> (Forbes)		1061, 3029, 3031	3033'		
<i>Eupachydiscus haradai</i> (Jimbo)	3023, 7011				
<i>Urakawites rotalinoides</i> (Yabe)	3023, 7011				
<i>Canadoceras kossmatii</i> Matsumoto	1056, 3023, 3024, 3025	1060, 3028, 3029, 3030			
	3026, 7011	7017			
<i>Canadoceras multicostatum</i> Matsumoto		1061, 3031, 3037	3033'		
<i>Menuites soyaensis</i> (Mat. and Miyauchi)			3033'		
<i>Pseudomenuites</i> sp.		3031			
<i>Pachydiscus flexuosus</i> Matsumoto			3038		
<i>Pachydiscus subcompressus</i> Matsumoto				1064, 1066, 3039, 3041, 3043, 3045	
				7024, 7026	
<i>Gaudryceras striatum</i> (Jimbo)	1056, 1057, 3023, 7011				
<i>Gaudryceras crassicosatum</i> (Jimbo)		1061, 3029, 3030, 3031	3033'		
<i>Gaudryceras</i> sp.				1066	
<i>Anagaudryceras matsumotoi</i> Morozumi				1064, 1066, 3039, 3041, 7026	
<i>Zelandites</i> sp.	1056, 3023				
<i>Zelandites varuna</i> (Forbes)				1064, 3039, 3041, 3043, 3045, 3046	
<i>Tetragonites popetensis</i> Yabe	1056, 1057, 3023, 7011	1060, 1061, 3029, 3031			
	7013	3037			
<i>Tetragonites terminus</i> Shigeta		1061			
<i>Saghalinites teshioensis</i> Matsumoto		1061		3033'	
<i>Pseudophyllites indra</i> (Forbes)		3030		3046	
<i>Ryugasella ryugasensis</i> Wright and Mat.	1057, 3023, 7011				
<i>Schlueterella kawadai</i> Mat. and Miyauchi		1061, 3031			
<i>Baculites chicoensis</i> Trask		3029			
<i>Hypophylloceras subramosum</i> (shimizu)	3023	1061			
<i>Hypophylloceras</i> sp.			3038	7026	
<i>Phyllopachyceras ezoense</i> (Yokoyama)	1056, 1057	1061, 3030, 3031, 3037	3033'		
<i>Phyllopachyceras</i> sp.			3038		
NAUTILOID					
<i>Cymatoceras</i> sp.		3029			
OTHERS					
<i>Linuparus</i> sp.				1066, 3044	
brachiopod gen. indet.					1065

層はさまれている (Loc. NB-1013).

岩相ユニット N3: 砂岩泥岩互層を主体とし、下部に厚さ約 10 m の粗粒砂岩をはさむ。Matsumoto (1942) の Kz ないし Kz-Mh, Vereshchagin and Salnikov (1968) の V にあたる。露出不良のため下限は確定できないが、厚さ約 200 m と算定される。

本岩相ユニットは細粒砂岩 (厚さ 5~10 cm) と泥岩 (5~15 cm) の互層に始まるが、下部に厚さ約 10 m の粗粒砂岩ははさまれる。この砂岩は、各単層の中部に縞状の細粒砂岩の

バンドが見られるほかはほとんど無層理・塊状で、単層の上部には厚さ数 cm の細礫礫岩の薄層がはさまれることがある。

泥岩には弱い平行葉理が見られる一方、弱い生物擾乱を受ける層準が頻繁にはさまれるようになる。特に生物擾乱を受けた部分に、*Inoceramus pennatulus* あるいは *I. ginterensis* タイプの大型イノセラムスが、折り重なるように集まって産する (Loc. NB-1016)。一部は合併である。また、本ユニットから由来したと思われる転石から、*Desmoceras*

(*Pseudouhligella japonicum*) が得られた (Loc. NB-1016). 化石はレンズ状の石灰質ノジュールだけでなく、母岩中にも含まれている。

(3) Bykov Formation

[ブイコフ層, БЫКОВСКАЯ СВИТА]

命 名: Vereshchagin (1961)

模式地: ブイコフ近郊のナイバ川本流〜クラスノヤルカ川下流
層 厚: 約 2,300 m

調査地域では、ナイバ川本流およびクラスノヤルカ川、ナゴルナヤ川、セイム川などに分布している。下位のナイバ層に整合で重なり、上位のクラスノヤルカ層に整合に覆われる。ほぼ泥岩のみからなる厚い累層で、Matsumoto (1942) の美保層群 (Mh0〜Mh7)、および北海道内の中部蝦夷層群上部〜上部蝦夷層群に相当する。泥岩の層相が本累層内部で大きく変化するので、それに基づき、下位から B1〜B3 の 3 岩相ユニットに区分する。

岩相ユニット B1: 下位の N3 ユニットの砂岩泥岩互層の上に重なり、弱い生物擾乱を受けた灰色泥岩や、生痕 *Planolites* を豊富に含む青灰色泥岩 (*Planolites* 泥岩) を主体とする。Matsumoto (1942) の Mh1 帯を含み、Vereshchagin and Salnikov (1968) の I〜IV にあたる。中部は露出が悪いが、厚さ約 750 m と算定される。

Planolites は直径 0.5〜1 cm、長さ 2〜4 cm ほどの管状の生痕で、その内部は暗灰色細粒の堆積物で満たされている。この *Planolites* を特に多く含む部分 (*Planolites* 泥岩) が発達し、垂直的に何回も繰り返して出現するのが本ユニットの大きな特徴である。

最下部からは、*Inoceramus pennatulus* あるいは *I. ginterensis* タイプの大型イノセラムスが、折り重なるように集まって産する (Loc. NB-1018)。

岩相ユニット B2: 平行葉理が発達する縞状の暗灰色〜青灰色泥岩よりなる。下位の B1 ユニットの生物擾乱が少ないのが特徴である。Matsumoto (1942) の Mh2 帯の一部を含み、Vereshchagin and Salnikov (1968) の V に相当する。層厚はナイバ川下流の小支流 (Fig. 7.B) で厚さ約 210 m、クラスノヤルカ川で約 250 m である。

泥岩中には、厚さ 1〜5 mm の暗青灰色のシルト岩の葉層が頻繁にはさまれ、これらが水平方向によく連続する。葉理の発達した泥岩の間に、厚さ数十 cm の *Planolites* 泥岩、厚さ 2〜5 cm の水流リップル葉理をもつ細粒砂岩、および厚さ 1〜2 cm のガラス質凝灰岩が時折はさまれる。さらに泥岩中には、直径 0.5〜1 m に達する大型の石灰質ノジュールが含まれる。これらの中から、大型の *Mesopuzosia* sp. や *Inoceramus hobetsensis* を産する (Loc. NB-3003)。化石は葉理の発達した泥岩からも産出する。

岩相ユニット B3: 著しく生物擾乱を受けた暗灰色塊状泥岩を主体とする。本ユニットに相当する範囲から、Matsumoto (1942) は Mh3〜Mh7 の 5 化石帯を認めた。また Vereshchagin and Salnikov (1968) は、挟在する砂岩の頻度などに基づいて VI〜X までの 5 ユニットの識別した (Table 1)。しかし主体となる泥岩の層相はほとんど同じな

ので、B3 ユニットとして一括して扱う。厚さ約 1,290 m。

クラスノヤルカ川沿いの Locs. NB-3006〜3007 では、平行葉理の見られる泥岩 (B2) から、生物擾乱を強く受けた暗灰色の無層理塊状泥岩 (B3) へ急に切りかわるのが観察できる。それ以後、後者が連続的に堆積する。泥岩中には生痕化石が豊富で、*Planolites* や *Phycosiphon* 型の小型の生痕ばかりでなく、直径 5 cm ほどの水平方向に掘る管状生痕がよく見られる。また一部の層準には、厚さ 5〜20 cm ほどの砂岩層や直径 2 m ほどの異地性の砂岩ブロックが含まれる (Loc. NB-3020)。さらに、本ユニット上部の Loc. NB-3017 で黒雲母粒を含む厚さ 20 cm の白色凝灰岩が 2 層見られるほか、各所に厚さ 1〜5 cm の薄いガラス質凝灰岩がはさまれている。最上部は、クラスノヤルカ層最下部の石灰質ノジュールを多量に含む緑色砂質泥岩に急激に移行する (Loc. NB-7011)。

ところで、セイム川沿いの Loc. NB-7011 では、本ユニット最上部に厚さ最大 2 m の安山岩角礫岩 (礫径 20〜50 cm) および結晶質の極粗粒凝灰質砂岩が局所的にはさまれている (松本, 1940)。安山岩は輝石の斑晶に富み、新鮮である。ただし砂粒や堆積岩岩片を含む部分もあるので、少なくとも一部はハイアロクラスタイト起源か砕屑性のものである可能性が高い。いずれにしても、蝦夷層群としては例外的に安山岩質の岩石が多量に含まれている点は注目に値する。

岩相ユニット B3 全体を通して、泥質岩中には直径 20〜50 cm の石灰質ノジュールが豊富に含まれている。これらのノジュールは、B2 以下の層準中に含まれるものに比べ厚みを増し、球状ないしマッシュルーム型となり (Maeda, 1987)、その中にバミスや植物片とともに化石を多産する。化石は層準によって内容が異なるが、全般にイノセラムスよりアンモノイドの方が多い。また B2 より下位の層準ではほとんど見られなかったイノセラムス以外の二枚貝、巻貝、ウニも産出する。

B3 の最下部からは、*Tetragonites glabrus*, *Gaudryceras denseplicatum*, *Scalarites scalaris* とともに *Inoceramus teraokai* が産出する (Loc. NB-3007)。その上位からは *I. tenuistriatus* (Loc. NB-3008) が産出し、さらに上位からは *Anagaudryceras limatum*, *Damesites* aff. *sugata*, *Nipponites* sp. を多産する (Locs. NB-3012, 3015)。中部は比較的化石に乏しいが、*Jimboiceras mihoense* の産出によって特徴づけられる (Loc. NB-3016)。

上部は化石を多産し、*Gaudryceras tenuiliratum*, *Damesites damesi*, *Polyptychoceras* sp., *Capulus cassidarius* および *Sphenoceramus naumanni* が豊富である (Table 2)。最上部からは *Hauericeras* (*Gardeniceras*) *angustum* が普通に産出する (Loc. NB-7001)。

(4) Krasnoyarka Formation [クラスノヤルカ層,

КРАСНОЯРКОВСКАЯ СВИТА]

命 名: Vereshchagin (1961)

模式地: クラスノヤルカ川中流

層 厚: 800 m 以上

本層は模式地のほか、ナイバ川上流およびセイム川、ナゴルナヤ川などに分布する。火山岩片に富む緑色砂岩および砂

質泥岩を主体とする累層で、本地域の白亜系最上部を占める粗粒岩相である。Matsumoto (1942) の龍ヶ瀬層群 (Ry-Mh, Ray~Rfy), および北海道内の函淵層群に相当する。Vereshchagin and Salnikov (1968) はブイコフ層最上部に整合で重なる緑色砂質泥岩を本層の下底とした。本論文でもこの区分にしたがう。本層は、古第三系の挾炭層に緩い傾斜不整合で覆われる (Locs. NB-1072, 1073)。K1~K6 の6岩相ユニットに分けられる。

岩相ユニット K1: 淘汰の悪い緑色砂質泥岩に始まり、層状粗粒砂岩、斜交成層する細粒~中粒砂岩を経て、生物擾乱を強く受けた砂質泥岩に終る岩相ユニットである。Matsumoto (1942) の Mh-Ry および Ray1~Ray2, Vereshchagin and Salnikov (1968) の I~II 下部に相当する。本ユニットの層厚はクラスノヤルカ川およびナイバ川上流で約 170 m, セイム川沿いで約 130 m である。本ユニットは急峻な崖をつくるため地形的に広く追跡できる。「龍ヶ瀬」の旧名はナイバ川本流左岸にある本ユニットの崖 (Loc. NB-1059; Fig. 6) に由来する。

最下部の緑色砂質泥岩は淘汰が悪く、火山岩片に富み、強い生物擾乱を受ける。その上に重なる緑色層状砂岩は、単層の厚さ 0.4~1 m で、著しく火山岩片に富み、粗粒で淘汰が悪い。本ユニット中部の斜交成層する細粒砂岩は、単層の厚さ 20~50 cm で、層間に緑色泥質砂岩をはさみ、5~10°の角度で層理面に対して斜交する。セイム川沿いではこの斜交角が大きくなり、砂岩層の下半は 5~10°, 上半は 15~20°となる (Loc. NB-7015)。

最上部は生物擾乱を強く受けた厚層理の泥質砂岩からなり、これに厚さ 30 cm の白色ガラス質凝灰岩や、炭化木片に富む粗粒泥岩がはさまれる (クラスノヤルカ川およびナイバ川上流)。一方セイム川沿いでは、斜交成層砂岩の上を後述の岩相ユニット K2 が直接覆っており、最上部が局地的に削剥された可能性がある。

本岩相ユニットには、斜交成層砂岩を除いて、化石が豊富に含まれる。最下部の緑色砂質泥岩中には石灰質ノジュールが豊富で、その中に *Eupachydiscus haradai* が特徴的に含まれている (Loc. NB-3023)。その直上の層状砂岩層からは *Sphenoceras schmidtii* および *Gigantocapulus giganteus* が多産する (Locs. NB-3023, 7011)。前者は密集層を作ることがあるが、よく観察すると破片化した個体が多い。特に砂岩中に含まれる場合は破片化が進んでおり、イノセラムスの殻のプリズム層が分解した針状の小片が堆積物中に散乱している。

岩相ユニット K2: 粗粒砂岩や礫質砂岩に始まり、生物擾乱を受けた泥質砂岩を経て、塊状の粗粒泥岩に終るユニット。Matsumoto (1942) の Ray3~Rby, Vereshchagin and Salnikov (1968) の II 上部~III に相当する。厚さ約 150 m。

最下部の粗粒砂岩は火山岩片の含有量や粒度の変化のため縞状に見える。構成粒子は非常に角張っており、細礫サイズに達する部分もある。本ユニット中部は、生物擾乱を強く受けた暗緑灰色の砂質泥岩~泥質砂岩からなり、厚さ 5~10 cm の中粒砂岩を頻繁にはさむ。この泥質砂岩の中にも火山

岩片が極めて多く含まれ、鏡下では bubble-wall 構造を示す火山ガラス片が多数認められる。上部は生物擾乱を受けた塊状の砂質泥岩からなり、厚さ 1~3 cm のガラス質凝灰岩が数層はさまれる。

泥質岩中には、直径 0.3~1 m のやや偏平な石灰質ノジュールが豊富に含まれ、これらには *Canadoceras* 類アンモノイドの大型成年殻が含まれている。本ユニット中部からは *C. kossmati* (Figs. 8.A, 8.B) が多産し、大型の異常巻アンモノイド *Schlueterella kawadai* や *Cymatoceras* 属オウムガイも見られる (Locs. NB-3029, 3030)。一方、上部は化石の内容が異なり、*C. multicostatum* (Figs. 8.E, 8.F) を特徴的に産する。それに加え、*Desmophyllites diphyloides*, *Tetragonites popetensis*, *Pseudomenuites* sp. などが木片やパミス片と一緒にノジュール中に密集して含まれる (Loc. NB-3031; Maeda and Seilacher, 1996, Fig. 7)。

岩相ユニット K3: 緑灰色の層状砂岩に始まり、砂岩・砂質泥岩の互層に終る粗粒な岩相からなるユニット。Matsumoto (1942) の Rcy, Vereshchagin and Salnikov (1968) の IV に相当する。層厚はクラスノヤルカ川で約 85 m, ナイバ川沿いで約 170 m。

本ユニット下部の層状砂岩は比較的淘汰が良く、単層の厚さ 30~150 cm で成層する。砂岩層の間に泥質岩をほとんどはさまない。ナイバ川では、本ユニット中部に厚さ 10~30 cm の中礫礫岩がはさまれる (Loc. NB-1062)。礫種は流紋岩や緑色火山岩の亜角礫ないし亜円礫が多い。一方、本ユニット上部は淘汰の悪い砂岩と泥質砂岩の互層あるいはそれらが生物擾乱を受けてかき乱されたと考えられる淘汰の悪い砂質泥岩よりなる。本ユニットからは *Canadoceras multicostatum*, *Menuites soyaensis* など、岩相ユニット K2 最上部と同じ内容の化石群を産する (Loc. NB-3033)。

岩相ユニット K4: 暗灰色塊状泥岩を主体とする細粒のユニット。Matsumoto (1942) の Rdy1, Vereshchagin and Salnikov (1968) の V 下部~中部に相当する。層厚はクラスノヤルカ川沿いで約 100 m, ナイバ川上流沿いで約 140 m である。

クラスノヤルカ層中で最も細粒のユニットである。泥岩はやや砂混じりで、生物擾乱を強く受けている。最下部に厚さ数 m の層状砂岩が見られるほか、厚さ 5~20 cm の砂岩層が本ユニット全体にわたってまばらにはさまれる。また、石灰質ノジュールが密集した“nodular bed”が数層準で見られる。

化石はおもに石灰質ノジュールから産する。ただし、上記の“nodular bed”からは稀である。*Pachydiscus subcompressus* (Figs. 8.G, 8.H), *Zelandites varuna* (Figs. 8.I, 8.J), *Anagaudryceras matsumotoi* を特徴的に産する (Locs. NB-1064, 3039)。*P. subcompressus* は、直径 20~80 cm に達する個体が、単独で偏平な石灰質ノジュールに包まれて産する。一方 *Z. varuna* などは、未成年殻のみが流木片とともに球状の石灰質ノジュール中に密集している。

岩相ユニット K5: 砂質泥岩の中に火山岩片に富む緑色粗粒砂岩をはさむ岩相ユニット。Matsumoto (1942) の

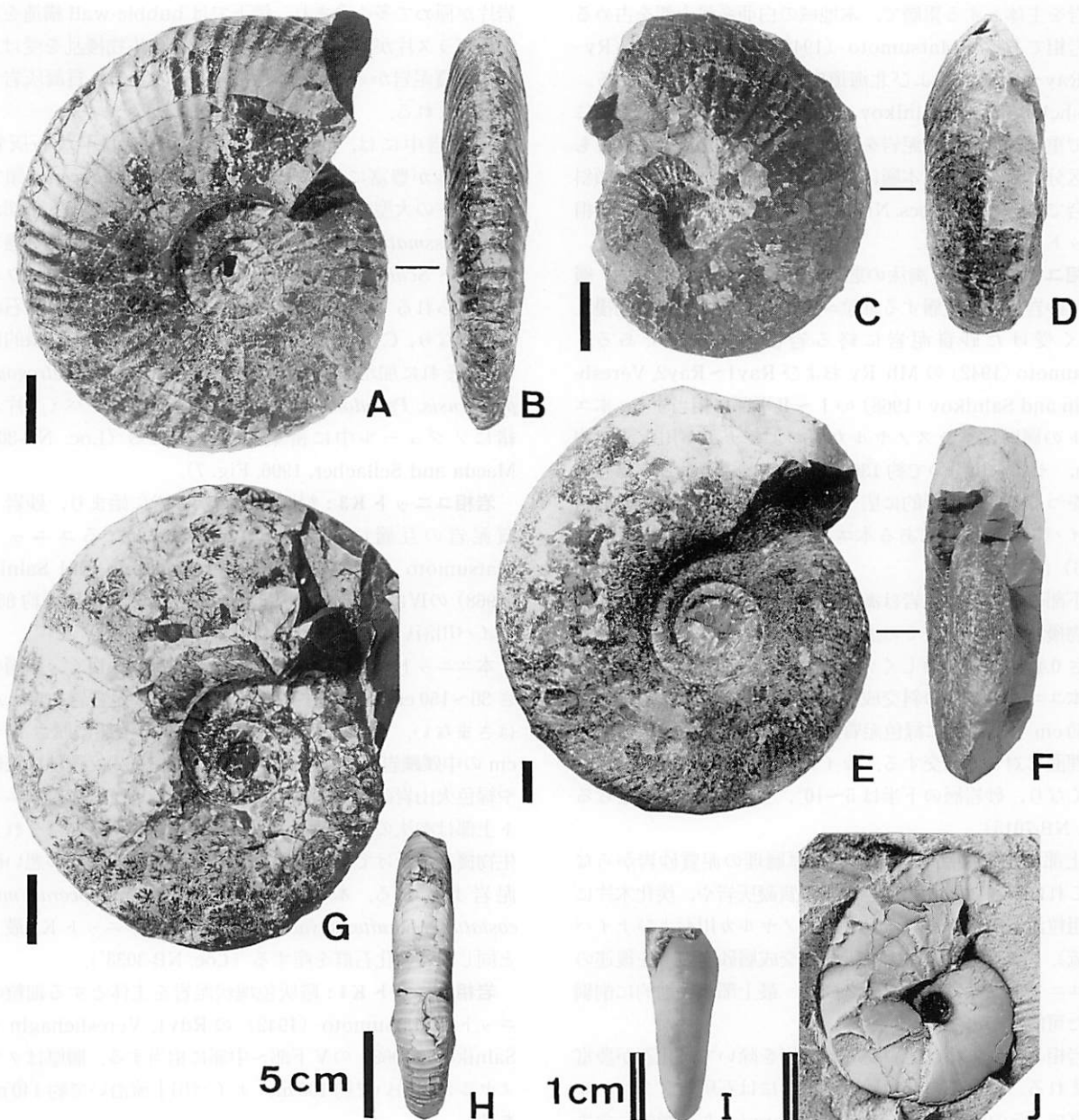


Fig. 8. Zone-indexing ammonoids from the Krasnoyarka Formation.

A, B: *Canadoceras kossmati* Matsumoto [late type: Saito et al., 1998, pl. 1, figs. 6-7], Loc. NB-3029, Unit K2, middle Campanian. C, D: *Menuites soyaensis* (Matsumoto and Miyauchi) [previously assigned to the genus *Pachydiscus*], Loc. NB-3033', Unit K3, Upper Campanian. E, F: *Canadoceras multicostatum* Matsumoto, Loc. NB-3031, Unit K2, Upper Campanian. G: *Pachydiscus subcompressus* Matsumoto, Loc. NB-1064, Unit K4, Maastrichtian. H: Ventral view of a middle-grown shell of *P. subcompressus* Matsumoto, Loc. NB-7024. I, J: *Zelandites varuna* (Forbes), Loc. NB-3045, Unit K4, Maastrichtian. Scale bars show 5 cm long in A-H, and 1 cm long in I, J. All specimens illustrated here are housed in Department of Geology and Mineralogy, Kyoto Univ.

Rdy2~Rey, Vereshchagin and Salnikov (1968) のV上部~Ⅶにほぼ相当する。層厚はセイム川沿いで約 100 m, ナイバ川上流沿いで約 140 m。

ルートによって岩相が異なり、緑色層状砂岩はクラスノヤルカ川沿いおよびナイバ川上流沿いで特によく発達する (Fig. 3)。層状砂岩は淘汰が悪く、単層の厚さは 0.4~1 m で、一部で斜交成層している。砂質泥岩は暗灰色塊状で生物擾乱を受け、球状の石灰質ノジュールが数多く含まれる。

化石は植物片以外は多くないが、最下部の層準中の石灰質ノジュールから関節がつながった状態のハコエビ類 *Linuparus* sp. (Loc. NB-3044)、二枚貝 *Goniomya* sp., 単体サンゴ、小型の腕足類を産する (Loc. NB-1055)。

岩相ユニット K6: 著しく生物擾乱を受けた砂質泥岩~シルト質泥岩を主体とし、ナイバ地域の白亜系最上部を占める岩相ユニット。Matsumoto (1942) の Rfy, Vereshchagin and Salnikov (1968) のⅦにほぼ相当する。古第三系に削剥

されているため上限は不明だが、クラスノヤルカ川沿いで 180 m 以上、セイム川沿いで 120 m 以上の層厚がある。

クラスノヤルカ川沿いでは砂質泥岩が、セイム川やナイバ川上流沿いではシルト質泥岩が発達する (Fig. 3)。砂質泥岩およびシルト質泥岩はいずれも灰色～暗灰色で、直径 1 cm、長さ 2～5 cm の“*Callianassa* burrow”タイプの生痕に富む。厚さ 0.1～1 m の細粒砂岩が時折はさまれるが、周囲の泥質岩との境界は不明瞭である。また、このような砂岩中には、*Cruziana* に似た水平掘削の生痕や、層理面に斜交して掘る直径 3 cm、長さ 30 cm 以上の管状生痕が豊富に含まれている。砂質泥岩およびシルト質泥岩中には、直径 10～30 cm のやや扁平な石灰質ノジュールが普通に見られるが、これらから化石は得られなかった。

2. 化石層序および対比

本地域に分布する白亜系の下半部分は全般に化石の産出が少なく、対比についてはまだ不明な点が多い。また上半についても、国際対比に直接有効な属種の産出は少ない。そこで、Matsumoto (1954, 1959)、利光ほか (1995) 等を参考に、主に北太平洋地域に固有のアンモノイド、イノセラムスの属種を使って時代対比を試みる。Fig. 9 に本地域の白亜系上部から産した大型化石の層序学的分布を示す。白亜系層序の下半については Fig. 3 を参照されたい。

Matsumoto (1942), Zhuravlev (1969), Zonova (1976), Zakharov et al. (1978), Zonova and Turenko (1986), Zonova et al. (1993) 等は、ナイバ地域および北東に隣接するアイ川流域のアイ層とナイバ層からいくつかのアンモノイドとイノセラムスを報告し、アルビアン/セノマニアン階境界の正確な位置については不明な点が多いものの、アイ層およびナイバ層の下半をアルビアン階に対比した。

ナイバ層最上部の岩相ユニット N3 からブイコフ層最下部の B1 基底部にかけては、*Inoceramus pennatulus* や *I. ginterensis* などセノマニアン階中～上部を示す化石が多産する。この部分は Matsumoto (1942) の Kz～Mh0 帯に相当する。したがって、ナイバ層の上半とブイコフ層 B1 ユニットの下部はセノマニアン階に対比できよう。一方、北海道のセノマニアン階最上部からチューロニアン階下部にかけてのみ特徴的に発達する *Planolites* 泥岩が、当地域のおもに岩相ユニット B1 に発達することがわかった。したがって、B1 の主部はセノマニアン階最上部～チューロニアン階下部に対比できる。ただし、最近 Hirano (1995) などによって注目を集めたセノマニアン/チューロニアン階境界 (C/T 境界) を特徴づける黒色頁岩は見い出されていない。

岩相ユニット B2 の Locs. NB-3003～3005 にかけては、大型の *Inoceramus hobetsensis* を多く産する。これは Matsumoto (1942) の Mh2 帯に相当し、チューロニアン階中部を特徴づけると考えられる。岩相ユニット B3 の下部、Loc. NB-3007 付近からは、北海道の蝦夷層群佐久層に多い異常巻アンモノイドとともに *I. teraokai* が得られており、チューロニアン階上部 (Mh3 帯) に相当する。

岩相ユニット B3 の中部下半、Locs. NB-3012～3015 (Mh4 帯相当) からは、*Anagaudryceras limatum* に加え、コニア

シアン階に多い鋸歯状肋を持つタイプの *Nipponites* sp. (Okamoto, 1989) が、また Loc. NB-3016 (Mh5 帯相当) からは *Jimboiceras mihoense* が得られているので、おそらくこの部分はコニアシアン階に対比できよう。ただし、北海道などのコニアシアン階から多産する *I. uwajimensis* は、少数が転石から得られているにすぎない。一方、Loc. NB-3018 からサントニアン階下部を示す大型の *I. amakusensis* が産出するので、コニアシアン/サントニアン階境界は途中の Loc. NB-3017 付近に存在すると思われる。

岩相ユニット B3 上部 (Locs. NB-1050, 1051, 3018～3022, 7001～7007 など) は、*Gaudryceras tenuiliratum*, *Damesites damesi*, *Polyptychoceras* sp., *Sphenoceras naumanni* などを多産することから Matsumoto (1942) の Mh5～Mh6 帯にほぼ相当し、サントニアン階からカンパニアン階下部を占めると考えられる。

カンパニアン階中部に特徴的な *Sphenoceras schmidtii* は、クラスノヤルカ層 K1 ユニットの下部 (Locs. NB-1056, 1057, 3023, 3024, 7013, 7014) から多産するが、上位の K2 ユニットの下部からは産しない。岩相ユニット K2 中部 (Locs. NB-3029, 3030) からは、K1 から引続き *Canadoceras kossmati* (Figs. 8.A, 8.B; Saito et al., 1998) が多産し、さらに *Inoceramus ballicus* や *Schlueterella kawadai* も見られる。

一方、岩相ユニット K2 上部 (Locs. NB-1061, 3031) からは、*Canadoceras multicostatum* (Figs. 8.E, 8.F), *Desmophyllites diphyllodes* および *Pseudomenuites* sp. が産する。さらに、その上位の岩相ユニット K3 からも *C. multicostatum* と *Menuites soyaensis* が得られた (Figs. 8.C, 8.D; Loc. NB-3033)。この化石群は *Metaplacenticerus subtilistriatum* を欠くが、Matsumoto (1984) で記載された遠別地域や宗谷地域の上部カンパニアン階の化石群に内容が酷似している。したがって、岩相ユニット K1～K2 中部にかけてはカンパニアン階中部、K2 上部～K3 はカンパニアン階上部に対比されよう。

岩相ユニット K4 下部 (Locs. NB-1064, 3038, 3039, 3043, 3045, 7024～7026) からは、*Pachydiscus subcompressus* (Figs. 8.G, 8.H), *Zelandites varuna* (Figs. 8.I, 8.J) よりなる化石群が得られる。これらの産出はマストリヒチアン階を特徴づける (Matsumoto, 1954, 1959)。岩相ユニット K5 および K6 から時代決定に有効な化石は得られなかった。一方、これまでのロシア側の研究 (Kalishevitch and Posylny, 1958; Kalishevitch et al., 1981; Salnikov and Tikhomolov, 1987) は、ナイバ地域の白亜系最上部の時代がダニアン期まで及ぶ可能性、すなわち白亜紀/第三紀境界 (K/T 境界) の存在について言及しているが、この妥当性については今後の分析、特に微化石層序学的研究に期待したい。

いずれにしても、少なくともサントニアン階上部からカンパニアン階を経て、マストリヒチアン階までほぼ連続して化石層序が観察できるルートとしては、これまでのところ北太平洋地域ではナイバ地域が最も条件がよいと思われる。そこで、こうした地域性の強い化石属種に基づいた化石層序をヨーロッパの模式層序と国際対比するため、ブイコフ層上半

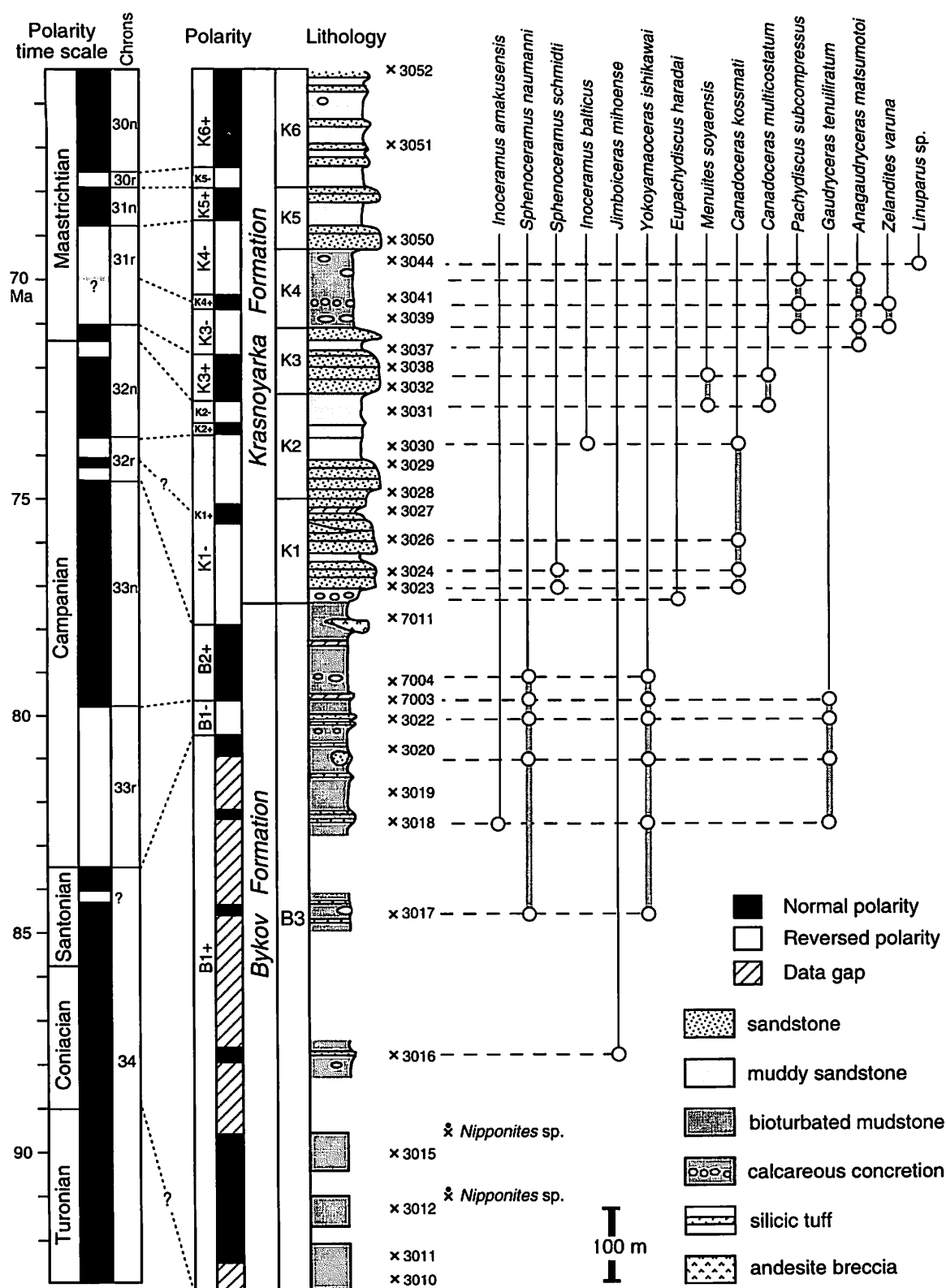


Fig. 9. Standard columnar section and magnetostratigraphy of the Cretaceous Yezo Group (upper part) in the Naiba area showing occurrence ranges of selected macrofossils.

Open circle : occurrence of the taxon ; horizontal broken line : stratigraphic level ; vertical thick grey line : occurrence range of the taxon. Four digits (e.g., 3022) with x indicate a fossil locality number (Loc. NB-3022) and the stratigraphic level. Dotted lines indicate correlation of the magnetozones to the geomagnetic polarity time scale, which is based principally on Gradstein et al. (1995) but modified in part, including two additional subchrons ; the one of normal polarity is hypothesized in the midst of polarity chron C31r and the other one of reversed polarity, located just below polarity chron C33r, which was proposed by Verosub et al. (1989) and Leahy and Lerbekmo (1995).

とクラスノヤルカ層を対象に古地磁気層序学的研究を行った。

3. 古地磁気層序

古地磁気測定用試料は、1990年と1996年の2回の調査合わせて、岩相ユニットB1上部から上位の184の層準(=サイト)から採取した。初回の調査では、概要を把握するため、クラスノヤルカ川、セイム川、ナイバ川の3ルートすべてから採取し、2回目の調査では初回の結果をもとに、クラスノヤルカ川沿いのK3, K4ユニットに的を絞って行った。解析方法や個別消磁例を含む古地磁気層序の詳細は、Kodama et al. (2000)ですでに議論されているので、以下ではその概要を述べるにとどめる。ただし、その後のサハリン他地域の白亜系の研究(例えばShigeta et al., 1999)や岩相層序および化石層序の再検討によって、Kodama et al. (2000)に修正を要する可能性があるかと判断される部分については、本論で新たに議論をつけ加えた。

上記3ルートの結果の詳細についてはKodama et al. (2000, Fig. 2)に示しているので参照されたい。本論では代表的な大型化石産出層準とともにまとめたものをFig. 9に示す。まず最下位の逆磁極層は、クラスノヤルカ川ルートのLoc. NB-3022, およびセイム川ルートのLoc. NB-7001付近に認められる(B1-帯)。間隔があくものの、それ以下の層準がすべて正磁極であることから、このB1-帯が逆磁極クロンC33r, 下位の厚い正磁極層(B1+帯)が白亜紀磁気静穏期スーパークロンC34nの後期に対応するであろう。クラスノヤルカ川ルートでは、Loc. NB-3022直上からNB-3023の下位約10mまで露頭が欠落するが、これに相当すると思われる層準はセイム川ルートのLoc. NB-7003からNB-7011の間に現れる。この層準はすべて正磁極で(B2+帯), クロンC33rに引き続くC33nに対比されよう。

クラスノヤルカ川ルートでは、クラスノヤルカ層K1ユニット最下部のLoc. NB-3023から同K2ユニット中部のNB-3030まで連続して逆磁極層が続く。これに相当する層は、セイム川ルートのLocs. NB-7011~7018, およびナイバ川ルートのLocs. NB-1056, 1057の上位に認められる。ただし、セイム川ルートやナイバ川ルートでは、K1-帯相当層の一部に正磁極層が存在する(K1+帯)。逆磁極層(K1-帯)の下部は*S. schmidtii*の産出で特徴づけられる。クラスノヤルカ川ルートでは、このK1-帯から上位の層準で磁極の逆転が頻繁に繰り返される。すなわち、Loc. NB-3030直上の正磁極層(K2+帯)から始まって、最上位の正磁極層(K6+帯)で終わる。他の2ルートでは連続的な古地磁気層序は得られていないが、特徴的な化石産出層を利用することによって部分的な対比も可能である。

Gradstein et al. (1995)の地磁気逆転タイムスケールをもとにして、これらの正・逆磁極帯にクロン対比を試みた結果をFig. 9に示す。最下位のB1+帯を白亜紀地磁気静穏期C34nに、最上位のK6+帯をクロンC30nに対比させたのはKodama et al. (2000)と同様だが、中間のクロン対比に関しては若干の修正を加えたので、以下それらを中心に解説する。

まず、先述のように、K1-逆磁極帯の中に存在する可能性のある正磁極帯(K1+帯)を、クロンC32r中の正磁極サブクロンC32r.1nに対比した。これに伴い、K2+帯からK3+帯をC32nに対比した。次に、*Z. varuna*帯を含むK3-~K4-帯をまとめて単一クロンC31rに対比した。この結果、Fig. 9に示すように、K4+帯をクロンC31r中の未知サブクロンと解釈した。ただし、サハリン南端のクリリオン半島に分布する白亜系の調査結果(Shigeta et al., 1999)によると、*Z. varuna*帯直下の*Canadoceras multicoelatum*帯に相当する部分の層厚はナイバ地域の方が50%以上薄い。したがってナイバ地域では、C32n上部からC31r下部に相当する地層が欠落している可能性がある。したがって現段階では、K2+帯からK3+帯のクロン対比にはかなりあいまいな点が残されていることを付記しておく。これらの課題は、別途進行中の北海道上部蝦夷層群の古地磁気層序の完成を待って解決したい。

Fig. 9に示したクロン対比に従うと、カンパニアン/マストリヒアン階境界(C/M境界)はクラスノヤルカ川ルートのLoc. NB-3032の直下、すなわちK3+正磁極帯の基底部分におかれる。この層準は大型化石層序から求められたC/M境界より数10mほど下位に位置する。一方、最上位のK6+正磁極帯をクロン30nに対比すると、クロンC29rの半ばに存在する白亜紀/第三紀境界(K/T境界)はさらに上位に位置する。前節でのべたように、ロシア側研究者はナイバ地域の白亜系最上部の年代がダニアン期まで及ぶ可能性を指摘しているが(例えばSalnikov and Tikhomolov, 1987)、古地磁気層序からみると少なくとも本調査範囲にはK/T境界は存在しないようである。一方、下位のサントニアン/カンパニアン階境界(S/C境界)はクラスノヤルカ川ルートのLoc. NB-3020と3022の間に位置すると思われる。

Fig. 9では、*S. schmidtii*帯を逆磁極クロンC32rの基底近く、すなわちカンパニアン階の中ないし上部に対比したが、これよりかなり下位のS/C境界付近に対比する考えもある(例えばVerosub et al., 1989)。これらは、カリフォルニアGreat Valley Sequence中の研究によるものであるが、ナイバ地域ほど連続した古地磁気層序ではなく、*S. schmidtii*を産する層準の一部に逆磁極を示すものもあるなど曖昧な点も多い。一方で、クロンC33rの直前に短い逆磁極期(サブクロン、ないしエクスカッション)の存在する可能性が、北米Great Valley Sequence (Verosub et al., 1989), Western Interiorの上部白亜系(Leahy and Lerbekmo, 1995), ODP Site 700B (Hailwood and Clement, 1991)などから指摘されている。ただし、海上磁気異常では確認されていない(Cande and Kent, 1992)。このサブクロンをナイバ地域のB1-帯に対比させると、*S. schmidtii*帯を含むK1-帯がC33rに対比されるかもしれない。

一方、全平均偏角は約20°の東偏を示し(Kodama et al., 2000)、北海道の蝦夷層群やサハリンの第三系(Takeuchi et al., 1999)と共通する。このことは、南サハリンから中部北海道まで南北500km以上にわたる地域が全体として時計回りの回転運動を経たことを意味する。くわしい検討(Takeuchi

et al., 1999) によると, この時計回り運動は中期中新世以降に起こったらしい。一方, 全平均伏角から計算される古緯度は $35^{\circ} \pm 5^{\circ}$ で, 統計誤差を考慮しても現在の緯度 (北緯 47°) よりもやや低い。上記の回転運動は別として, 堆積盆の南北方向の移動の問題は北海道蝦夷層群の古地磁気学的研究の結論を待って別の機会に論ずることとする。

白亜系の堆積環境

ナイバ地域の白亜系は主として沖合で連続的に堆積した厚い泥岩層よりなる。この泥岩の堆積構造や化石の産状に着目して観察したところ, 下位から上位へ向かってそれらの堆積学的性質が明らかに変化していることがわかった。

アイ層からナイバ層 N2 ユニットまでは, いずれも葉理の発達した黒色泥岩を主体とする。アンモノイドやイノセラムスその他の大型化石, 特に底生動物化石や生痕化石は非常に少ない。同様の岩相は, 北海道の蝦夷層群の下半や西南日本の物部川層群の同時代層にも共通して認められる (前田ほか, 1987)。おそらく, 白亜紀中期に広域的に発達した oceanic anoxia の影響を受け, 酸素に非常に乏しい環境で堆積したものと考えられる (例えば Schlanger and Jenkyns, 1976; Arthur et al., 1988)。ただし, セノマニアン階上部のナイバ層上部の N3 ユニットになると, 弱い生物擾乱を受けた泥岩がはさまれるようになり, そこから, いわゆる *Inoceramus pennatulus* の類の大型イノセラムスが密集して産するようになる。その上位のブイコフ層下部 (B1 ユニット, チューロニアン階下部) には, *Planolites* 泥岩が特徴的に発達する。この泥岩は, 北海道各地の最上部セノマニアン階～下部チューロニアン階に発達している。

Inoceramus hobetsensis 帯 (チューロニアン階中部) で, 青黒い平行葉理の発達した泥岩 (B2 ユニット) となる。北海道内の *Inoceramus hobetsensis* 帯には, 化石を多産し生物擾乱を強く受けた泥岩が発達する地域がある (達布: Tanaka, 1963; 棚部ほか, 1977; 大夕張: Hirano et al., 1977)。一方, 例えば安平志内地域の“中部蝦夷層群”の佐久層下半 (松本・岡田, 1973) のように, ナイバ地域とよく似た平行葉理の発達した泥岩がみられるところもある。

チューロニアン階上部～サントニアン階上部のブイコフ層上部 (B3 ユニット) になると, 泥岩の層相が大きく変化し, 堆積物が強い生物擾乱を受けるようになる。それにともない, アンモノイド・イノセラムスの産出が著しく増え, さらにそれらの保存状態もよくなる。また, *Nanonavis* 属や *Myrtea* 属の二枚貝, *Aporrhais* 属の巻貝, プンブクウニ類のような底生動物化石が普通に見られるようになる (Locs. NB-3012, 3018 など)。おそらく, 白亜紀後期になって oceanic anoxia が緩和され, 底生生物が棲める環境が広がったためと考えられる。こうした変化は, ナイバ地域だけでなく北海道も含めた蝦夷層群全体, さらにそれ以外の地域にも共通して認められるので, むしろ白亜紀当時の広域的な海洋環境の変遷を反映している可能性が高い。

謝 辞

ロシア科学アカデミー極東支部海洋地質地球物理研究所の K. F. Sergeev 所長, O. A. Melnikov 博士, Y. B. Yan 博士には, 野外調査から衣食住・研究試料の搬出にいたるすべての面で大変お世話になった。ソビエト連邦崩壊前後の混乱の中, 同研究所の全面的な理解と協力がなければ, 日本人研究者として戦後はじめてのナイバ地域の調査は実現しなかった。1996 年の調査では, 植村和彦 (国立科博), 岡本 隆 (愛媛大) の両氏のご協力を仰いだ。また平野弘道 (早稲田大), 利光誠一 (産総研), 星 博幸 (愛知教育大) の 3 氏からいただいた多くのコメントは, 原稿を改善する上でたいへん役に立った。ここに記して深く感謝したい。本研究は, 文部科学省科学研究費 (国際学術研究 2041062, 代表者: 小玉一人; 同 5041068, 代表者: 加瀬友喜; 同 9041114, 代表者: 植村和彦) による。

文 献

- Alabushev, A. and Wiedmann, J., 1997, Upper Cretaceous ammonites from Southern Sakhalin and Northwestern Kamchatka (North-East Russia). *Palaeontographica*, **244**, 1-36.
- Arthur, M. A., Dean, W. E. and Platt, L. M., 1988, Geochemical and climatic effects of increased marine organic carbon burial at the Cenomanian/Turonian boundary. *Nature*, **335**, 714-717.
- Cande, S. C. and Kent, D. V., 1992, A new geomagnetic polarity time scale for the late Cretaceous and Cenozoic. *Jour. Geophys. Res.*, **97**, 13917-13951.
- Gradstein, F. M., Agterberg, F. P., Ogg, J. G., Hardenbol, J., Van Veen, P., Thierry, J. and Huang, Z., 1995, A Triassic, Jurassic and Cretaceous time scale. In Berggren, W. A., Kent, D. V., Aubry, M.-P. and Hardenbol, J., eds., *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation*, SEPM Spec. Publ., no. 54, 95-126.
- Hailwood, E. A. and Clement, B. M., 1991, Magnetostratigraphy of sites 699 and 700, East Georgia Basin. *Proceedings of the Ocean Drilling Program : Scientific Results*, **114**, 337-353.
- Hasegawa, T., 1995, Correlation of the Cenomanian/Turonian boundary between Japan and Western Interior of the United States. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **101**, 2-12.
- Hicks, J. F., Obradovich, J. D. and Tauxe, L., 1999, Magnetostratigraphy, isotopic age calibration and intercontinental correlation of the Red Bird section of the Pierre Shale, Niobrara County, Wyoming, USA. *Cret. Res.*, **20**, 1-27.
- Hirano, H., 1995, Correlation of the Cenomanian/Turonian boundary between Japan and Western Interior of the United States in relation with oceanic anoxic events. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **101**, 13-18.
- Hirano, H., Matsumoto, T. and Tanabe, K., 1977, Mid-Cretaceous stratigraphy of the Oyubari area, central Hokkaido. *Palaeont. Soc. Japan, Spec. Pap.*, no. 21, 1-10.
- Jimbo, K., 1908, Preliminary notes on the geology of Japanese Sakhalin. *Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc.*, **2**, 1-30.
- Kalishevitch, T. G. and Posylny, V. Y., 1958, About absence of break of sedimentation between Cenozoic and Mesozoic in the Sinigorsk-Zagorsk region on Sakhalin. *Doklady Akademii Nauk SSSR, Ser. Geologiya*, **119** (4), 766-768.*
- Kalishevitch, T. G., Zaklinskaya, E. D. and Serova, M. Y., 1981, *Organic evolution of the Circum-Pacific during the Mesozoic-Cenozoic transition*. Acad. Sci. USSR, Moscow, 164 p.*
- 河田學夫, 1929, 樺太内淵地方の白亜系に就いて. 地質雑, **36**, 1-11.
- Kodama, K., Maeda, H., Shigeta, Y., Kase, T. and Takeuchi, T., 2000, Magnetostratigraphy of Upper Cretaceous strata in

- South Sakhalin, Russian Far East. *Cret. Res.*, **21**, 469-478.
- Leahy, G.D. and Lerbekmo, J.F., 1995, Macrofossil magnetobiostratigraphy for the upper Santonian-lower Campanian interval in the Western Interior of North America: comparisons with European stage boundaries and planktonic foraminiferal zonal boundaries. *Can. Jour. Earth Sci.*, **32**, 247-260.
- Lopatin, I.A., 1870, The official report of mining engineer Lopatin to the East Siberian governor-general. *Mining Journal*, **10** (4), 47-72.*
- Maeda, H., 1987, Taphonomy of ammonites from the Cretaceous Yezo Group in the Tappu area, northwestern Hokkaido, Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 148, 285-305.
- 前田晴良・宮田憲一・川路芳弘, 1987, 徳島県勝浦地域に分布する下部白亜系藤川層の堆積環境について. 高知大学術研報, **36**, 1-15.
- Maeda, H. and Seilacher, A., 1996, Ammonoid Taphonomy. In Landman, N.H., Tanabe, K. and Davis, R.A. eds., *Ammonoid Paleobiology*, Plenum Press, New York, 543-578.
- 松本達郎, 1940, 樺太白亜系最上部龍ヶ瀬層群の構成物質に就て. 地質雑, **47**, 383-385.
- Matsumoto, T., 1942, Fundamentals in the Cretaceous stratigraphy of Japan, Part 1. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Imp. Univ., Ser. D*, **1**, 129-280.
- Matsumoto, T., 1943, Fundamentals in the Cretaceous stratigraphy of Japan, Parts 2 and 3. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Imp. Univ., Ser. D*, **2**, 97-237.
- Matsumoto, T., 1954 ed., *The Cretaceous System in the Japanese Islands*. Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo, 324 p.
- Matsumoto, T., 1959, Zonation of the Upper Cretaceous in Japan. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. D*, **9**, 55-93.
- Matsumoto, T., 1984, Some ammonites from the Campanian (Upper Cretaceous) of Northern Hokkaido. *Palaeont. Soc. Japan, Spec. Pap.*, no. 27, 1-93.
- 松本達郎・岡田博有, 1973, エノ地向斜の佐久層について. 九大理研報 (地質), **11** (2), 25-39.
- Mirolyubov, Y.G., 1987, Ammonites. In Poyarkova, Z.N., ed., *Reference section of Cretaceous deposits in Sakhalin (Naiba section)*. Trans. Acad. Sci. USSR, Leningrad, **16**, 83-87.*
- Nagao, T., 1936, *Nipponosaurus sachalinensis*, a new genus and species of *Trachodont* dinosaur from Japanese Saghalien. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ., Ser. 4*, **3**, 185-220.
- Nagao, T. and Matsumoto, T., 1939, A monograph of the Cretaceous *Inoceramus* of Japan, Part 1. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ., Ser. 4*, **4**, 241-299.
- Nagao, T. and Matsumoto, T., 1940, A monograph of the Cretaceous *Inoceramus* of Japan, Part 2. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ., Ser. 4*, **6**, 1-64.
- 岡田博有, 1979, 北海道の地質とプレートテクトニクス. 月刊地球, **1**, 869-877.
- Okada, H., 1983, Collision orogenesis and sedimentation in Hokkaido, Japan. In Hashimoto, M. and Ueda, S., eds., *Accretion Tectonics in the Circum-Pacific Regions*, Terra Sci. Pub., Tokyo, 91-105.
- Okamoto, T., 1989, Comparative morphology of *Nipponites* and *Euboschrochoceras* (Cretaceous nostceratids). *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, no. 154, 117-139.
- Pergament, M.A., 1971, *Biostratigraphy and Inoceramus of Turonian-Coniacian deposits of the Pacific regions of the USSR*. Nauka, Moscow, 202 p.*
- Pergament, M.A., 1974, *Biostratigraphy and Inoceramus of Senonian (Santonian-Maastrichtian) of the USSR Pacific region*. Acad. Sci. USSR, Trans. Geol. Inst., Moscow, **260**, 266 p.*
- Poyarkova, Z.N., 1987 ed., *Reference section of Cretaceous deposits in Sakhalin (Naiba section)*. Trans. Acad. Sci. USSR, Leningrad, **16**, 197 p.*
- Saito, R., Makino, A. and Maeda, H., 1998, First occurrence of *Canadoceras kossmati* Matsumoto (Campanian ammonite) from the Oyubari area, central Hokkaido, Japan. *Bull. Mikasa City Mus., [Nat. Sci.]*, **2**, 17-24.
- Salnikov, B.A. and Tikhomolov, Y.I., 1987, A description of the section. In Poyarkova, Z., ed., *Reference section of Cretaceous deposits in Sakhalin (Naiba Section)*. Trans. Acad. Sci. USSR, Leningrad, **16**, 13-49.*
- Schlanger, S.O. and Jenkyns, H.C., 1976, Cretaceous oceanic anoxic events: Causes and consequences. *Geol. Mijnbouw*, **55**, 179-184.
- Shigeta, Y., Maeda, H., Uemura, K. and Solov'yov, A. V., 1999, Stratigraphy of the Upper Cretaceous System in the Kril'on Peninsula, South Sakhalin, Russia. *Bull. Nat. Sci. Mus., Tokyo*, **C25**, 1-27.
- 清水三郎, 1929, 南北樺太の白亜紀層の対比 (其一). 地学雑誌, **41**, 208-218.
- Takeuchi, T., Kodama, K. and Ozawa, T., 1999, Paleomagnetic evidence for block rotations in central Hokkaido-south Sakhalin, northeast Asia. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **169**, 7-21.
- 棚部一成・平野弘道・松本達郎・宮田雄一郎, 1977, 北海道小平地域の上部白亜系層序. 九大理研報 (地質), **12** (3), 181-202.
- Tanaka, K., 1963, A study on the Cretaceous sedimentation in Hokkaido, Japan. *Rep. Geol. Surv. Japan*, **197**, 1-122.
- 利光誠一・松本達郎・野田雅之・西田民雄・米屋盛壽郎, 1995, 本邦上部白亜系の大化石-微化石層序および古地磁気層序の統合に向けて. 地質雑, **101**, 19-29.
- Vereshchagin, V.N., 1961, Scheme on stratigraphy of Cretaceous deposits of Sakhalin. In Vossoyevich N.B., ed., *Decisions of Interdepartmental meeting on development of unified stratigraphical schemes for Sakhalin, Kamchatka, Kuril and Commander Islands*. Gostoptekhizdat, Leningrad, 11.*
- Vereshchagin, V.N., 1963, Zonal dividing of Upper Cretaceous deposits on North Pacific biogeographical province. In Egazarova, B.E., ed., *Geology of Koryak Highland*. Gosgeoltekhizdat, Moscow, 50-63.*
- Vereshchagin, V.N., 1970, Western Sakhalin Mountain. In Vereshchagin V.N. and Kovtunovitch, Y.M., eds., *Geology of USSR*, **33** (Sakhalin Island). Nedra, Moscow, 67-87.*
- Vereshchagin, V.N., 1977, *The Cretaceous of Far East*. Trans. All-Union Geol. Res. Inst., N.S., **242**, 207 p.*
- Vereshchagin, V.N., Kinasov, V.P., Paraketsov, K.V. and Terekhova, G.P., 1965, *Field atlas of the Cretaceous fauna from northeast USSR*. National Industrial Geologic Commission, Magadan, 216 p.*
- Vereshchagin, V.N. and Potapova, Z.P., 1966, Sakhalin. In Krasniy, L.I., ed., *Geological structure of northwest part of Pacific mobile belt*. Nedra, Moscow, 202-204.
- Vereshchagin, V.N. and Salnikov B.N., 1968, On principles and methods of studying of reference stratigraphical sections for example of stratotypical section of Upper Cretaceous of the Pacific biogeographical area (Sakhalin Island). *Trans. All-Union Geol. Res. Inst., N.S.*, **143**, 45-58.*
- Verosub, K.L., Haggart, J.W. and Ward, P.D., 1989, Magnetostratigraphy of Upper Cretaceous strata of the Sacramento Valley, California. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, **101**, 521-533.
- Yazykova, E.A., 1994, Maastrichtian ammonites and biostratigraphy of the Sakhalin and the Shikotan Islands, Far Eastern Russia. *Acta Geologica Polonica*, **44** (3-4), 277-303.
- Zakharov, Y.D., Grabovskaya, V.S. and Kalishevich, T.G., 1981, Successional row of the marine organisms from the Naiba and Bykov Formations of the basic Upper Cretaceous section in Sakhalin. In Krassilov, V.A., ed., *Evolution of the Cretaceous biota and biostratigraphy*. Acad. Sci. USSR, Far Eastern Center, Vladivostok, 47-85.*
- Zakharov, Y.D., Grabovskaya, V.S. and Kalishevich, T.G., 1984, Late Cretaceous succession row of the marine communities of the North-West Circum Pacific. In Gramm, M.N. and Zakharov, Y.D., eds., *Systematics and evolution of Far Eastern*

- invertebrates*. Acad. Sci. USSR, Far Eastern Center, Vladivostok, 41-90.*
- Zakharov, Y. D., Kalishevitch, T. G. and Krivoshepkina, V. S., 1978, The boundary of Lower and Upper Cretaceous in the section of Sakhalin. *Doklady Akademii Nauk SSSR, Ser. Geologiya*, 238 (3), 660-662.*
- Zhuravlev, Y. G., 1969, Finds of *Anahoplites* in Cretaceous deposits of the South Sakhalin. *Doklady Akademii Nauk SSSR, Ser. Geologiya*, 187 (2), 398.*
- Zonova, T. D., 1976, Layers with *Inoceramus dunveganensis aiensis* on Sakhalin Island. In Okuneva, T. M. ed., *Stratigraphy and lithology of Paleozoic and Mesozoic deposits of Far East and Trans-Baykal*. Trans. All-Union Geol. Res. Inst., Leningrad, N. S., 263, 116-120.*
- Zonova, T. D., 1987, *Inoceramus*. In Poyarkova, Z. N., ed., *Reference section of Cretaceous deposits in Sakhalin (Naiba section)*. Trans. Acad. Sci. USSR, Leningrad, 16, 63-75.*
- Zonova, T. D., Kazintsova, L. I. and Yazykova, E. A., 1993, Atlas of index fossils in the Cretaceous fauna of Sakhalin. Nedra, S.-Petersburg, 327 p.*
- Zonova, T. D. and Turenko, T. V., 1986, A new data for unified scheme of Cretaceous in Sakhalin. In Yanshin, A. L. and Dagis, A. S., eds., *Biostratigraphy of Mesozoic in Siberia and Far East*. Trans. Geol. Geophys. Inst., Novosibirsk, 648, 159-171.*

* in Russian.

(要 旨)

小玉一人・前田晴良・重田康成・加瀬友喜・竹内 徹, 2002, ロシア・サハリン州南部ナイバ川(内淵川)流域に分布する白亜系上部の化石層序と古地磁気層序. 地質雑, 108, 366-384. (Kodama, K., Maeda, H., Shigeta, Y., Kase, T. and Takeuchi, T., 2002, Integrated biostratigraphy and magnetostratigraphy of the upper Cretaceous System along the River Naiba in southern Sakhalin, Russia. *Jour Geol. Soc. Japan*, 108, 366-384.)

ロシア・サハリン州南部のナイバ川流域に分布する白亜系は、極東地域における模式層序のひとつとして古くから知られている。本論文は、筆者らが1990年以来本地域の白亜系上部を対象として行ってきた化石層序および古地磁気層序をまとめたものである。本地域の白亜系上部は下位から、アイ層、ナイバ層、ブイコフ層、クラスノヤルカ層に区分され、*Jimboiceras mihoense* 帯(コニアシアン階)から*Pachydiscus subcompressus* 帯(マストリヒシアン階)まで、北太平洋域の上部白亜系を特徴づける一連の大型動物化石群を産する。これらは、白亜紀磁気静穏期のクロン C34n からマストリヒシアン階後期のクロン C30n まで、ほぼ連続した古地磁気層序をなすと考えられる。