サハリン・マカロフとシュミット半島の新生界層序と 貝類化石群からみた北西太平洋地域の古環境変遷

小笠原憲四郎* 久田健一郎*
GLADENKOV, Yu. B.** BARINOV, K.**

Cenozoic Stratigraphy of the Makarov and Shmidt Peninsula in Sakhalin and Paleoenvironments of the Northwestern Pacific Viewed from Molluscan Fauna

Kenshiro OGASAWARA*, Ken'ichiro HISADA*,
Yuri B., GLADENKOV** and Konstantin BARINOV**

Abstract

Basic Cenozoic geological data for the studied area in the Sakhalin Island such as route maps showing sampling points, and columnar sections showing sampling horizons were compiled. The area studied are the Makarov and Korsakov regions of southern Sakhalin, and Shmidt Peninsula at northwestern Sakhalin. Micro-fossil biostratigraphy, geo-chemical analysis, and K-Ar dating were studied. As a result, the Oligocene/Miocene boundary, tectonic event and climatic fluctuation are discussed based on the newly established geologic age. The Cenozoic paleoenvironment related to the Pacific Ocean gateways is also discussed from the viewpoint of molluscan fauna.

Key words : Sakhalin, Cenozoic, Oligocene/Miocene boundary, molluscan fauna, paleoenvironment

キーワード : サハリン, 新生界, 漸新統・中新統境界, 貝類化石群集, 古環境

I. はじめに

本論は1995~1996年の2年間にわたり、日本とロシアとの共同研究で実施した文部省科学研究費国際学術研究「環オホーツク海地域の後期新生代の古環境変遷」で得られたサハリン新生代に関する基礎資料を提示したものである。また、この共同研究で得られた層序・年代・古環境などの新

たに得られた成果を評価し、特に貝類化石の研究を例にサハリンやカムチャッカなどの新生代に関する今後の研究を展望する。

本国際学術調査実施に当たっては、文部省当局に感謝するとともに、現地調査に際し事前準備からヘリコプターチャーター、食料調達などで、サハリン地質情報センターや石油ガス開発関係の機関の方々にお世話になった。特に NIPI (オハ市)

* 筑波大学地球科学系

** ロシア科学アカデミー地質学研究所

* Institute of Geoscience, University of Tsukuba

** Geological Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

の Salinikov 博士, ユジノサハリンスク地質調査情報センターの Tyuzov 博士, サハリン地質鉱物資源委員会の V.M. Radyush 氏, またユジノサハリンスクの「札幌サハリンホテル」の西宮豊支配人には大変お世話になり, 紙面を借りて御礼申し上げます。

II. サハリン新生代研究概説

サハリン新生代の層序に関する研究は, 「南樺太の石油地質」として初めて体系的に整理され, 地質学雑誌 (1937, Vol. 44, No. 530 付録) に出版され, この中でそれまでの文献が整理されている。また, 上床 (1939) によって 50 万分の 1 南樺太地質図が刊行されている。戦後は GHQ 指導のもとに「25 万分の 1 樺太全域地質図」(Sasa and Koiwai, 1960) で代表的な地域層序, 層序区分, 化石, 文献等の詳細な資料がまとめられ, サハリンの地質に関する日本人研究者の研究成果の総括がなされている。

一方, ソ連・ロシアのサハリン新生代の研究は, ロシア極東地域第三系の地質の一部として多数の研究者によって推進された。その代表的な研究は VNIGRI (全ソ石油研究所, 旧レニングラード) の研究者によりなされた。例えば, Krishtfovichi (1964) によるサハリン第三系貝類化石の記載, Zhidkova *et al.* (1974) によるサハリンとクリル全域にわたる中生代～新生代化石相分布の総括, マカロフ地域新生界層序の総括 (Zhidkova and Sal'nikov, 1992) などがある。さらにこれらの研究に加え, 現地地質研究機関やロシア科学アカデミー地質学研究所, ウラジオストックの地質関係研究機関によって研究が推進され, その層序と年代・対比などは Gladenkov (1984) などで国際対比が試みられている。

III. 調査地域とその層序区分

国際学術調査で実施した調査地域は, サハリン南東岸のマカロフ地域と南岸のコルサコフ地域, および最北端のシュミット半島地域である (図 1)。本論では, 地層名や地名等をサハリン 20 万分の 1 地形図 (*Atlas of Sakhalin Region*, 1994 出版)

図 1 サハリン島における調査地域略図。

Fig. 1 Index map of the studied area in the Sakhalin Island.

で明記されているロシア語の英訳に従って使用し, さらにその一部をカタカナ書した。地層名などの英語訳はロシア側の文献でも著者による不統一

図 2 マカロフ地域の調査ルート図。

Fig. 2 Studied routes in the Makarov area.
The Numbers are corresponding the sections.

があり、本論でも同じ地層名に複数の英訳を使用している状況である。

1) マカロフ地域新生代の層序区分と調査資料

マカロフ地域の調査は、白亜系直上の古第三系から鮮新統まで第三系の全層準をカバーするルートを選定し、北から南に、ゴルナヤ川 (番号1)、ショフナヤ川 (2)、クリンカ川 (3)、レスナヤ川 (4)、グレビヨンカ川 (5) の5ルート (図2) とマルヤマ層の全層準をクリンカ川北方の海岸ルートで調査し、試料の系統的採集を実施した。これらの層序区分は上床 (1939) や Sasa and Koiwai (1960) もあるが、基本的に Zhidkova and Sal'nikov (1992) (図3) に従っている。各ルー

トの試料採集層準・番号、岩相、野外で認めた化石等をルートマップ (図4～図8) と柱状図で示した (図9～図14)。これらの地層の岩相や層厚、産出化石全般については鹿野ほか (2000) で、またレスナヤ川ルートより得られた碎屑性クロムスピネルについて、久田ほか (2000) によって議論されている。

本地域の新生界は、全般に北海道夕張地域や釧路炭田地域の岩相変遷と大変類似している。ここでは漸新統にガステロフ層、中新統にホルムスク層からマルヤマ下部層までの7層、さらに鮮新統にマルヤマ層の中・上部層が区分されており (Zhidkova and Sal'nikov, 1992), その岩相と堆積相の概要を述べる (図3)。

Gastelov 層 (ガステロフ層) は本地域の白亜系と断層または不整合関係で接し、下部は褐色から青灰色の小～中礫岩を挟む砂岩が主体で、上部は細粒砂岩とシルト岩の互層からなる (図10参照)。本層下部にはゴルナヤ川上流などに認められるが、本邦漸新統の浅貝型の貝類からなる化石密集層があり、さらに中上部にはシルト岩・砂岩互層中に黒色のバンド状に、スコリアなど玄武岩質細粒砂、もしくは火山灰を普遍的に含む。

中新統は下位から順に、Kholmsk 層 (ホルムスク層)、Nevel'sk 層 (ネベルスク層)、Chekfov 層 (チェホフ層)、Upper Due 層 (上部デュエ層)、Ausinsk 層 (アウシンスク層) および Kurassi 層 (クラシ層) に、さらに中新統上部から鮮新統にわたる Maruyama 層 (マルヤマ層) が区分されている (図3)。これらは基本的に、Kholmsk 層に始まり Chekfov 層の玄武岩火山岩類で終わる海進-海退の1サイクルと、陸上や湖沼～浅海域で形成された Chekfov 層の玄武岩火山岩類と石炭層を含む Upper Due 層に始まり、珪藻質シルト岩までに至る海進期堆積体と、これに続く中新世末期から鮮新世に至る Maruyama 層の海退期堆積体から構成されている。Chekfov 層は、今回の調査でクリンカーを伴う玄武岩質安山岩溶岩や枕状溶岩などに代表される同質の水成火山岩類などを確認したが、Zhidkova and Sal'nikov (1992) では、これら火山岩類を含む砂岩・シルト岩互層主

Series	Formation	Subdivision		Thickness (m)	Lithofacies	
Miocene	Pliocene	Upper		150+	coarse sandstone, lignite pebbly & granule conglom.	
		Middle		380-500	fine sandstone interc. lignitic beds	
		Lower	4	100-270	losse fine sandstone	
			3	400-500	fine sandstone with shells	
			2	250-300	silty sandstone	
	1		150-250	sandy siltstone		
	Lower	Kurassi			150-200	diatomaceous siltstone fine tuff
		Ausinsk			350-450	siltstone with calcareous concretions
		Upper Due	Upper		100-200	Corbicula-siltstone
			Middle	1-4	130-200	coal seam siltstone
			Lower		200-360	bentonite, tuff, siltstone
		Chekfov			500	alt. silt and sandstone andesitic lava & hyaloclastite alt. silt and sandstone
		Nevel'sk		3	60-260	fine tuff siltstone
				2	650-800	siltstone
Kholmsk			1	300	alt. siltstone > sandstone siltstone felsic tuff	
Oligocene		Gastelov	Upper		400	alt. fine sand and siltstone
	Lower		300	alt. sandstone>siltstone fine sandstone pebbly conglomerate		

図 3 マカロフ地域の第三系層区分。

Fig. 3 Tertiary stratigraphic division of the Makarov area. (after Zhidkova and Sal'nikov, 1992)

体の単位として区分・記載されている。

さらに Upper Due 層は、Due 層の名称がサハリンの別の地域で地層名として使用されているため、これと区別するため Upper Due 層と呼んでいる。本層の上部は、本地域の主要石炭含有層で、実際に本層中の石炭層を対象に炭鉱が稼業中である。またその上部のシルト岩からは淡水性二枚貝のシジミの仲間を大量に産し、全体にいわゆる中期中新世初期の最温暖期に対応する地層であるとされている (Zhidkova and Sal'nikov, 1992) (図 11)。

Maruyama 層は、その最下部には 1 m 大の石

灰質コンクリーションなどが認められ (図 14 など)、基本的に上方粗粒化の海退期を示し、この海退に対応するようにして、下部・中部・上部に三分されている。本層の下部層はさらに 1~4 の層準に区別されており、この下部層は砂質シルト岩卓越の層準 1、シルト質砂岩の層準 2、そして、細粒砂岩が卓越する層準 3 と 4 が識別されている。この下部層の上位に当たる、Maruyama 層中部層は、マカロフ北方の海岸に大規模に露出し、沢山の *Fortipecten takahashii* の化石層を含む層準に対応する。これら Maruyama 層の全体の厚さは、本地域で 1000m 以上に達する (図 3)。

図 4 ゴールナヤ川ルートマップ。

1. 砂岩シルト岩互層, 2. 砂岩, 3. 苦鉄質凝灰岩, 4. 珪長質凝灰岩, 5. シルト岩

Fig. 4 Route map of the Gornaya River.

1. alternation of sandstone and siltstone, 2. sandstone, 3. basic tuff, 4. felsic tuff, 5. siltstone

図 5 ショフナヤ川ルートマップ。

1. 珪長質凝灰岩, 2. 砂岩, 3. シルト岩, 4. 石炭

Fig. 5 Route map of the Shovnaya River.

1. felsic tuff, 2. sandstone, 3. siltstone, 4. coal

2) コルサコフ地域の新生代の層序区分

コルサコフ東方の海岸ルートで, Arakai 層 (アラカイ層) から Gastelov 層 (ガステロフ層), Khomsk 層 (ホルムスク層) の珪質岩や粗粒碎屑岩の試料を得たが (図 15, 図 16), この地域の層序も Zhidokova and Sal'nikov (1992) に従った。本地域の Arakai 層と Gastelov 層は, これらの模式地の岩相や, 他の地域の層序・対比や年代に問題があり, 今回の検討課題の一つでもある。

本地域の Arakai 層は, その下部は沖合性の二枚貝などを含む細粒砂岩が認められるが, 主として黒褐色の硬質シルト岩からなる。その上位に漸移的に重なる Gastelov 層は, 男鹿半島の女川層に大変類似した珪質硬質シルト岩が主体である (図 16)。

このルートの Gastelov 層下部からは, 北海道釧路炭田地域の古第三系から多産する *Dentalium numomae* Takeda が産している。本種は元来, サハリン真岡層群の八兆嶺 (ハッチョウレイ) 層から記載されたもので (Takeda, 1953), 北海道では夕張地域の幌内, 達布, 滝ノ上層, 釧路炭田地域の舌辛層から縫別層などに知られている (Honda, 1989)。

3) シュミット半島新生代の層序区分

シュミット半島地域の地質は横山 (1923, 1924)

図 6 ショフナヤ川下流ルートマップ.

1. 珪長質凝灰岩, 2. 砂岩, 3. シルト岩, 4. コンクリーション

Fig. 6 Route map of the Shovnaya River (lower part).

1. felsic tuff, 2. sandstone, 3. siltstone, 4. concretion

図 7 クリンカ川ルートマップ.

1. 砂岩, 2. シルト岩, 3. 砂岩シルト岩互層, 4. コンクリーション

Fig. 7 Route map of the Krinka River.

1. sandstone, 2. siltstone, 3. alternation of sandstone and siltstone, 4. concretion

や Makiyama (1934) による報告がある。本地域のルートマップ (5000 分の 1) と地質柱状図 (100 分の 1) を基本に、大まかなルート図 (図

17) と柱状図 (図 18) を示す。本ルートの層序と貝類化石については Barinov and Gladenkov (1998) に記述されており、さらに岩相柱状図は

図 8 レスナヤ川ルートマップ。

Fig. 8 Route map of the Lesnaya River.

図 9 グレビョンカ川ルートマップ。

1. 苦鉄質溶岩, 2. 火山角礫岩, 3. シルト岩, 4. コンクリーション

Fig. 9 Route map of the Grebyanka River.

1. basic lava, 2. volcanic breccia, 3. siltstone, 4. concretion

長谷川ほか（2000）に詳細な採集層準と共に示されている。

Machigar は淡水～浅海の炭質物を含むシルト岩、礫岩から粗粒・細粒砂岩から構成され、その上位の Tumi はいわゆる秋田油田の“女川層”に類似した硬質シルト岩と軟質シルト岩互層で、多くの石灰質コンクリーションを含んでいる（図18）。北岸のマチガルセクションからは Makiyama (1934) により *Mytilus tichanovitchi* が記載されて以来、本種はサハリン、北海道、常磐炭田、秩父盆地などの下部中新統の示準化石とされている。今回の調査ではその産出層準の再確認が一つの課

題であったが、Tumi 層上部（MC-98 近傍）から保存の悪い移動化石と思われる本種を発見したにとどまった。また Tumi 層下部の巨大コンクリーションについては既に一部紹介した（小笠原ほか、1997）。

北岸と西岸の層序的対応は岩相による直接的対比が困難であるため、ロシア側で従来までに得られている珪藻化石帯の対比によった。シュミット半島西岸ルートの最下部層準の玄武岩質水中火山岩類～黒色硬質シルト岩卓越層からはクロムスピネルが産している（久田ほか、1997、2000）。また Pili 層の下部には、海緑石砂岩が 2 層準認められ

図 10 ゴールナヤー川ルート of 柱状図.

Fig. 10 Columnar section of the Gornaya Route (① of Fig. 2).

たほか、油臭のするタービダイト砂岩も確認され、主として硬質黒色シルト岩が卓越する。Cascadian は、基本的には下位の Pilian と類似した硬質シルト岩が卓越するが、頻繁に比較的柔らかいシルト岩が存在する。Vengerian は下位層と同

様に硬質シルト岩が卓越し、その基底部付近では深海冷湧水 (Cold-seep) に関連すると考えられる *Conchocele* 密集の石灰質コンクリーションが露出する (図 18)。Majanrafian は軟質な砂質シルト岩～極細粒砂岩層で、その上位の

図 11 ショフナヤ川ルートの柱状図。

Fig. 11 Columnar section of the Shovnaya Route (② of Fig. 2).

図 12 クリнка川ルートの柱状図。

Fig. 12 Columnar section of the Krinka Route (③ of Fig. 2).

Matitukian は下位層から連続する海退期相に相当し、その最上部は海浜から炭質物に富む泥質ラグーン相となり、さらに不整合関係で、貝殻片を普通に含む基底礫岩から始まる Pomyrian が覆っている (図 18)。

IV. サハリン新生代の対比および年代

本研究で調査採集した試料に基づき、珪藻化石層序 (秋葉・平松, 1998; 秋葉ほか, 2000), 放射虫化石層序, 渦鞭毛層化石層序 (栗田ほか,

図 13 レスナヤ川ルートの柱状図。

Fig. 13 Columnar section of the Lesnaya Route (④ of Fig. 2).

1996, 1998a, b; 栗田・三輪, 1997), 花粉化石層序 (小布施ほか, 1997; 小布施・栗田, 1998), 貝類化石層序, 浮遊性・底生有孔虫化石層序 (長谷川ほか, 1997, 2000; 三輪ほか, 1998), K-Ar 年代測定 (鹿野ほか, 2000) など, 可能な限り検討した。さらに関連した地域や既存の研究を現時

図 14 グレビヤンカ川ルートの柱状図。

Fig. 14 Columnar section of the Grebyanka Route (⑤ of Fig. 2).

点で総括し, 年代決定と対比を試みた。特に注目されるのは, 非浅海性下部第三系の生層序で渦鞭毛藻化石帯の検討がすすみ, 新たな年代考察が可能となったことである (栗田ほか, 2000)。

最近の生層序の進展により, Berggren *et al.* (1995), Barron and Gladenkov (1995), Gladenkov and Barron (1995), Yanagisawa and Akiba (1998), 本山・丸山 (1998) などの生層序基準面の年代評価や古第三系から新第三系下部に適応可能な珪藻・放散虫生層序が確立されつつある。また精度の高い年代測定の応用により, サハリンの火山岩類についても竹内 (1997) や Okamura *et al.* (1998) などの結果が本論で再度検討されている (鹿野ほか, 2000)。

本研究の成果として, ロシア側で放散虫化石層序の検討 (Vitukhin, D. I. による私信) がすすんでいる。その成果の一部として, シュミット半島地域では, Pilian が *Eucyrtidium inflatum* Zone (本山・丸山, 1998 では 15.3-12.6Ma) に対応し, その中に本邦瑞浪地域の生俵層から報告さ

図 15 コルサコフ東方の調査ルート図。

Fig. 15 Index map of the studied area in the eastern part of the Korsakov region.

れている *Dendropyris sakai* を含む群集 (Sugiyama and Furutani, 1992) に大変類似した群集が認められる。また Cascadian と Vengerian は *Lychnocanoma magnacornuta* Zone (本山・丸山, 1998 で 12.6-9.1Ma) に同定された。

国際的な対応でサハリン古第三系～新第三系の年代対比は栗田ほか (2000) に示したもののほか、サハリン中央東海岸部 Lun'depression の Mutnovka and Pilenga Formation および Pogranichnyi depression の Bora Formation などの珪藻化石帯が報告されている (Oreshkina, 1997; Gladenkov, 1998)。

これらシュミット半島の層序とマカロフ地域およびコルサコフ地域でカバーした層準を従来の研究 (例えば, Gladenkov, 1984; Zhidkova and Sal'nikova, 1992) に対応させた (図 19)。しかし、栗田ほか (2000) で示すようにシュミット半島とマカロフ地域の古第三系・新第三系境界とも、これら従来の対比とは異なる結果となった。

V. 主要化貝類化石生層序とその研究課題

ロシア極東地域新生代からは、ロシア研究者によって少なくとも 1000 種に達する新種の貝類が記載報告されている (小笠原, 準備中)。これらの一部は Kafanov and Amano (1997) や Kafanov *et al.* (1999) によって「ロシア極東地

域新生代貝類化石チェックリスト」の作成が進行中である。サハリンとクリルの新生代貝類化石研究については Kafanov and Amano (1997) により、Yokoyama (1929, 1930, 1931, 1932), Makiyama (1934), Nagao and Huzioka (1941) および Takeda (1953) などの日本人研究者による研究がレビューされている。

サハリン新生代貝類化石は、1984 年までのロシア研究者による極東の新生代貝類化石の記載報告を表 1 にまとめているが、この時点で約 581 種の新種貝類化石が報告されている。これらには、保存状態が悪いものや集団標本に基づく種の変異が十分検討されていないものが多いが、カムチャッカや北海道などと共通する種も多く、古生物学地理や進化系統を論ずる際に無視できない資料である。サハリン第三系の貝類化石群は前述したように多くの種が記載報告されている。今回検討した Machigar~Pili の貝類化石は Makiyama (1934) が指摘したように本邦漸新統の浅貝動物群と共通する種群である。その詳細は Zhidkova *et al.* (1968) で多くの化石帯区分がなされているが、最近 Barinov and Gladenkov (1998) により再検討がなされた。また Titova (1993, 1994) によるロシア極東全域の第三系 Ancistrolepidinae や *Turritella* と Buccinoidea の再検討、Oleinik (1993, 1996) による漸新世の *Fulgoraria* や Volti-

Eastern coast of Korsakov

Sample No.	Lithofacies	Remarks
KO-14		dark-gray hard siltstone
KO-13		"Onnagawa-facies"
		siliceous hard sd. s.
KO-12		
		very f. sd. s.
KO-11		Chondrite-like trace f.
		basaltic tuff

Gastelov

KO-01		peb. cgl (Turbidite)
KO-02		basic ff.
KO-03		calc. concretion
		siliceous siltstone
		yellowish weath.
KO-04		calc. concretion
		<i>Dentalium numomae</i>

Gastelov

KO-05		calcareous siltstone
		slumping
KO-06		calc. concretion
		basaltic tuff

Arakai

KO-07		dark-gray hard siltstone
-------	--	--------------------------

KO-08		<i>Pirgo</i> sp.
KO-09		f. sd. s.
KO-10		<i>Propeamussium</i> sp.

図 16 コルサコフ東方の柱状図。

Fig. 16 Columnar section of the eastern part of the Korsakov region.

dae の系統問題, Kafanov and Savizky (1995) による南サハリンの Nuculanidae, Kafanov and Amano (1996) の *Laevicardium tristiculum* (Yokoyama), さらに Kafanov (1997) の *Papyri-*
dae の起源と移動の議論など, 近年になって北太

平洋地域を広くカバーする系統的分類的な研究が進展している。またサハリンの中新統～鮮新統の貝類全般についても Atlas (Zhidkova, *et al.*, 1968) などに多くの貝類化石が図示されている。しかし, これらの研究を含めてサハリン第三系貝類化石全般について, 本邦貝類化石との分類学的な比較検討を行うことは, 今後益々重要な検討課題である。

天野ほか (1996) と Amano *et al.* (1996) はサハリン南部の Ausinskaya Formation (Koizumi, 1985 の *Denticulopsis lauta* Zone) より *Anadara*, *Dosinia*, *Tateiwaia* 属などの温暖系貝類化石を報告し, 同時に *Spisula* 群集がほぼ同時代に分布することで, 当時この地域に寒暖混合海域が存在した可能性を指摘した。このような当時の寒暖混合状況については Kafanov and Volvenko (1997) によって, 現在のピョートル大帝湾 (Peter the Great Bay) に比較される環境場が想定されている。これら最近の再検討や従来までの報告例を参考にすると, Upper Due 層準はいわゆる中期中新世最温暖期に対応することが明確である。

サハリン中新統全般の貝類化石は比較的沖合型の群集が多く, 浅海性貝類化石群を用いた詳細な環境解読は困難であるが, 一部から比較的多くのホタテガイ類が報告されており, 本邦の分類群との比較検討が急務で, これらも別報の予定である。

マカロフ地域の Maruyama 層 (円山層) やシュミット半島の Pomyrian 産の鮮新統浅海性貝類群集は, 本邦鮮新統のものと直接比較検討できるものが多い。サハリン南部の調査では, クリンカ川の北の沢でマルヤマ層下部 (*Neodenticula kamtschatica* Zone) から *Fortipecten takahashii* (Yokoyama) とともに, 孵化直後の大量の幼生を貝殻内部に含んだ *Cyclocardia crebricostata* (Krause) を発見している (小笠原ほか, 1996; 小笠原, 1998)。また *F. takahashii* の模式地近傍では大量の同種標本が産出し, これらに伴って *Anadara* 属の化石が特定の層準に集中して産し, その直下には明瞭なハンモック状斜交層理が認められた。*Fortipecten takahashii* の変異問題や, *Anadara* 属の比較検討などがすすめば, より詳細

図 17 シュミット半島地域の調査ルート概略図。

Fig. 17 Index map of the studied route of the Shmidt Peninsula.

な古生物地理問題の議論が期待できる。サハリンとカムチャッカを含めてロシア極東地域の新生代貝類化石の分類学的な再検討と本邦新生界のものととの比較研究は今後の重要研究課題である (Kafanov *et al.*, 1999)。

またシュミット半島の貝類群集は、本国際研究の成果の一つとして Barinov and Gladenkov (1998) により報告され、さらにこの化石記載報

告もロシア側で独自に準備中である。

VI. 古環境変遷とその要因

カムチャッカ全域を通じて暁新世～始新世初期は非海成層が広く発達し、この地域全域が海成層に覆われるのは始新世中期以降である。多分これは Worrall (1991) の指摘したアリューシャン島弧の沈み込み帯が中期始新世 (43Ma) 頃に初め

図 18 シュミット半島地域、マチガルとヴォドナドナヤ川-ピルヴォ川ルートの柱状図。
 Fig. 18 Columnar section of the Shmidt Peninsula, showing the Machigar and Vodopadnaya-Pil'vo routes.

て現在の位置にジャンプしたことと、天皇海山列とハワイ海山列の方向転換の時期（43Ma 頃）に一致し、この時期に太平洋プレート収斂地域では大きなテクトニクス転換が生じた可能性が高い。古第三紀から新第三紀初頭には日本海やオホーツ

ク海のリフティングが生じているが（例えば、竹内, 1997）、その進行過程の地球科学的な解明は、今後さらに多くの資料を必要とする。新第三紀の大きなテクトニクス事件は、本論集で議論されているサハリンから北海道にわたる漸新統最上部付

図 19 マカロフ・シュミット半島地域で調査採集した層序的範囲（ロシアの従来の研究に対応させて）。

Fig. 19 Recovered stratigraphic ranges in the studied sections in the Makarov and Shmidt Peninsula based on the previous studies of Russian.

近の碎屑性クロムスピネルの産出に示唆されるマントル物質の削剥イベント（久田ほか，2000）と，これに続く 22Ma 前後の浅海化（鹿野ほか，2000）がある。

古第三紀の海洋古環境について Beniamovskii and Gladenkov (1996) はカムチャッカ地域の浮遊性有孔虫の化石証拠に基づいて晩新世-始新世に少なくとも 5 回の暖温化があったとし，後期晩新世と中期始新世の初期および末期にそれぞれⅠ～Ⅲの温暖期を提唱している。また Kafanov and Volvenko (1997) では Arakayan と Kholm'skian の間に始新世/漸新世境界を，Nevel'skian と Chekov'skian 間に漸新世/中新世境界をそれぞれ設定し，貝類化石群に基づいて古海中気候の変遷を論じている。

古第三紀と新第三紀境界付近では世界的規模で浅海性生物群集の改変が認められてきたが，この

原因の一部はタスマニア海路とドレーク海路の相乗作用効果によって深層水を含めた太平洋における海流系が大きく変化し，冷水塊が発達しその水塊が水平的（地理的）にも垂直的にも顕著になり，環境の勾配が急速に増加したことにあると予想される。サハリン新第三系の化石に基づく寒暖の変動は，まだ精度の高い年代資料が不十分であるが，貝類・底生有孔虫・植物化石群を含む堆積場の変遷と気候変動変遷（鹿野ほか，2000；栗田ほか，2000）に考察されている。

これらの環境変動の内，サハリンで顕著なのは，中新世のいわゆる最温暖期に淡水～汽水～浅海の本邦と共通する多くの動植物化石群が認められ，その直後に比較的急激な深海化が生じていることがある。またその後の浅海化現象は，シュミット半島やマカロフ地域で共通して後期中新世に認められており，これらの変遷は本邦の一般的な地史

表 1 1984年までにロシア極東地域新生代から新種記載報告された貝類化石の概要。
Table 1 Number of Cenozoic new molluscan species and subspecies described from the Russian Far East Region by Russian workers till 1984.

Author	Age	Area or Taxa	Bivalvia	Gastropoda	Total number of species
Khomenko	1929	Sakhalin	1	0	1
Khomenko	1931	Sakhalin	11	3	14
Khomenko	1934	E-Sakhalin	13	3	16
Slodkevich	1936	W-Kamchatka	28	0	28
Khomenko	1938	Sakhalin	9	2	11
Kogan	1939	Sakhalin	4	1	5
Ilyina	1939	W-Kamchatka	0	19	19
Krishtofovich	1947	W-Kamchatka	55	12	67
Ilyina	1954	S-Sakhalin	10	5	15
Ilyina	1962	W-Kamchatka	5	3	8
Ilyina	1962	W-Kamchatka	15	1	16
Firatova	1962	Sakhalin	3	0	3
Krishtofovich & Ilyina	1963	Sakhalin	30	11	41
Ilyina	1963	Kamchatka	26	8	34
Krishtofovich	1964	Sakhalin	30	0	30
Slodkevich	1967	<i>Acilana</i>	21	0	21
Zhidkova	1968	Sakhalin-Kuril	11	0	11
Krishtofovich	1969	E-Kamchatka	12	1	13
Krishtofovich	1969	W-Kamchatka	2	1	3
Pronina	1969	W-Kamchatka	7	0	7
Pronina	1969	W-Kamchatka	8	0	8
Sinelnikova	1969	W-Kamchatka	1	0	1
Gladenkov	1972	Kamchatka	3	0	3
Zhidkova	1972	Sakhalin-Kuril	9	0	9
Krishtofovich	1973	Kamchatka	15	3	18
Sinelnikova	1979	Kamchatka	1	5	6
Azbel <i>et al.</i>	1980	W-Kamchatka	11	8	19
Khudik	1980	Sakhalin	1	0	1
Devjatilova <i>et al.</i>	1981	Kamchatka	47	15	63
Popov	1983	Carditidae	9	0	9
Gladenkov <i>et al.</i>	1984	W-Kamchatka	72	9	81
Total			470	111	581

と一致する。この16Ma前後の最温暖期は、本邦やサハリン、カムチャッカを含む北西太平洋地域では、17Ma頃におけるインドネシア海路の閉鎖による黒潮の形成過程に関連する可能性が高い。また初期中新世の寒冷・温暖の繰り返しも縁海の形成史と赤道を跨ぐ東南アジアのテクトニクスに関連することが予測される。

中新世末期のメッシナ事件 (Messian event) は塩分危機事件として海洋生物の改変に関連が深いことが指摘されてきたが、その問題は北半球海水発達の引き金になった可能性が高く (Shackleton *et al.*, 1995), 生物群集の消長に基づいた寒冷化の進行過程を再評価する必要がある。

鮮新統 Maruyama の貝類化石については

Yokoyama (1930) などの記載以来ロシア研究者により検討がすすられたが、Maruyama 層から *Anadara* 属や *Crassostrea* 属が産するなど、本邦の竜の口動物群に確実に比較できる。珪藻化石から竜の口層模式地の年代が中新世最末期にかかる可能性が指摘されているが、前述したようにマカロフ地域でも *Fortipecten takahashii* 初産出層準が *Neodenticula kamtschatica* Zone に認定されており、*F. takahashii* の生存年代の再検討が必要である。また竜の口動物群の古海洋環境は *Anadara* 属などの存在から冷温帯とするのが妥当であり、この古環境は当時太平洋高緯度地域まで拡大していたと考えられる (Ogasawara, 1994, 1998)。古海洋環境に関連して海流系に関する問題も重要である。親潮 (東カムチャッカ海流) の成立には、1) アムール川の淡水がオホーツク海に流入、2) これにシベリアおろしの季節風が作用し、3) その冷たい水塊がベーリング水塊と混合されて親潮の起源となったシナリオが予測され、その成立はほぼ 1Ma 頃で、さらに北極海の永年の海水の発達には 73 万年以降である (Ogasawara, 1998)。また、親潮は黒潮に引き込まれる伴走流であるとする、両海流の会合場近傍で温暖と寒冷の対立が強まっていたことも予測され、今後、中新世末以降の寒冷化の進行過程を詳細に再検討するとともに、会合場付近の生物群集の消長と古海洋環境解釈にも考慮が必要である。

VII. まとめと今後の展望

北太平洋地域高緯度帯の新生代史や地史イベントは、二つの側面から重要な研究課題である。その一つはオホーツク海や日本海などの背弧海盆のリフティングに関連するテクトニクスや構造運動の解明で、もう一つは川田ほか (2000) でも議論されている珪藻化石など珪質堆積物の出現などに象徴される寒冷化の進行プロセスと生物群集の消長の解明である。その解決のためには、さらに地域的な地史事件の年代精度を高め、これをより広域に対比し、これら地史事件の相互関係やその原因の究明が必要である。これらの課題は IGCP-355 の「太平洋と他の海洋の開閉事件」の成果を

踏まえて、次の研究プロジェクトでさらに検討される段階である。

火山活動や島弧火山前線の移動なども島弧-海溝系におけるプレート運動と関連し、さらに大規模な横ずれ断層や回転運動などもプレート収斂域の研究課題である。地球表層部の生物界を含めた変化は、その大半の原因はプレートの移動方向と速度に依存している可能性が高い。層序学的に確認される地域的な不整合や堆積速度の急変などの堆積事件や安定同位体の変動などは、海水準変動と対比されているが、気候の変動とともに構造運動にも関連するであろう。また動物群や植物群の消長の相互関係とテクトニクスの事件との関連など、まだまだ解明すべき課題は山積しており、事件の生じた年代や新旧関係をより詳細に把握することが先決である。

文 献

- 秋葉文雄・平松 力 (1998): 珪藻休眠胞子の生層序への利用 (予報); 北海道道東部の下部中新統 *Thalassiosira fraga* Zone に多産する 2 種の産状. 日本古生物学会 1998 年年会講演予稿集, 68.
- 秋葉文雄・平松 力・Tsoy, Inna B.・小笠原憲四郎・天野和孝 (2000): 珪藻化石層序によるサハリン島南部の Maruyama 層・Kurasi 層の年代と北海道天北地域の新第三系との対比. 地学雑誌, 109, 203-217.
- 天野和孝・V. Khudik・成田 健 (1996): サハリン南西部ノヴォセロヴァ付近における中期中新世初期のアウシ層産貝化石群. 日本古生物学会 1996 年年会講演予稿集, 69.
- Amano, K., Khudik, V.D. and Narita, K. (1996): An early middle Miocene warm-water molluscan fauna in southwestern Sakhalin-Molluscs from the Ausinskaya Formation around Novoselova. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N. S.*, 184, 651-661.
- Barinov, K.B. and Gladenkov, Yu. B. (1998): Subdivision of Oligocene and lower Miocene sediments of northern Sakhalin evidenced by mollusks. *Stratigr. Geol. Correl.*, 6, 280-292.
- Barron, J.A. and Gladenkov, A.Y. (1995): Early Miocene to Pleistocene diatom stratigraphy of Leg145. Rea, D.K. et al. eds.: *Proc. ODP Scientific Results*, 145, 3-19.
- Beniamovskii, V.N. and Gladenkov, Yu. B. (1996): Paleogene climatic fluctuations and biotic migrations in the North Pacific. *Stratigr. and Geol. Correl.*, 4, 480-495.
- Berggren, W.A., Kent, D.V. and Aubry, M.P. (1995): A revised Cenozoic geochronology and

- chronostratigraphy. *SEPM Pec. Pub.*, **54**, 129-212.
- Gladenkov, A. Yu. (1998): Oligocene and lower Miocene Diatom zonation in the North Pacific. *Stratigr. and Geol. Correl.*, **6**, 150-163.
- Gladenkov, Yu. B. (1984): Neogene stratigraphy of Northeast Asia (Kamchatka, Sakhalin). In Ikebe, N. and Tsuchi, R. eds.: *Pacific Neogene datum planes*. Univ. Tokyo Press, 235-243.
- Gladenkov, A. Y. and Barron, J. A. (1995): Oligocene and early middle Miocene diatom biostratigraphy of hole 884B. Rea, D.K. et al. eds.: *Proc. ODP, Scientific Result*, **145**, 21-41.
- 長谷川四郎・辻 則夫・鈴木徳行・川田洋平・小笠原憲四郎・久田健一郎・三橋 順・Gladenkov, Yu. (1997): サハリン, マカロフ地域およびシュミット半島の第三紀有孔虫化石層序. 日本古生物学会 146 例会 (豊橋) 予稿集, 60.
- 長谷川四郎・高田裕行・小笠原憲四郎・久田健一郎・Gladenkov, Yu. B. (2000): サハリンの新第三紀有孔虫化石層序と古環境変遷. 地学雑誌, **109**, 174-186.
- 久田健一郎・久保輝利子・小笠原憲四郎・長谷川四郎・鈴木徳行 (1997): サハリン第三系産出の碎屑性クロムスピネル. 日本地質学会 104 年学術大会講演要旨集, 316.
- 久田健一郎・久保輝利子・荒井章司・小笠原憲四郎 (2000): サハリン島第三系産出の碎屑性クロムスピネルとそのテクトニックな意義. 地学雑誌, **109**, 281-293.
- Honda, Y. (1989): Paleogene molluscan faunas from the Kushiro Coal field, eastern Hokaido. *Sci. Rep. Tohoku Univ. 2nd Ser. (Geol.)*, **60**, 1-137, pls. 1-10.
- Kafanov, A.I. (1997): Recent and fossil *Papyridea* (Bivalvia: Cardiidae) of the World. *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, **24**, 1-10.
- Kafanov, A.I. and Amano, K. (1996): Status of *Cardium* (*Laevicardium*) *tristiculum* Yokoyama (Bivalvia, Cardiidae). *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, **23**, 29-33.
- Kafanov, A.I. and Amano, K. (1997): Check list of Cenozoic marine Bivalvia (Mollusca) of Sakhalin and Kurile Islands described by Japanese paleontologists during 1925-1990. *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, **24**, 11-25, pl. 9.
- Kafanov, A.I. and Savizky, V. O. (1995): Paleogene Nuculanidae (Bivalvia) of South Sakhalin: Composition and distribution. *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, **22**, 73-102.
- Kafanov, A.I. and Volvenko, I. V. (1997): Bivalve molluscs and Cenozoic paleoclimatic events in the northwestern Pacific Ocean. *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleoecol.*, **129**, 119-153.
- Kafanov, A., Ogasawara, K. and Amano, K. (1999): Check list and bibliography of the Cenozoic marine Bivalvia (Mollusca) of Northeastern Asia (Russia Far East), 1893-1938. *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, **26**, 1-76, pl. 1.
- 鹿野和彦・宇都浩三・内海 茂・小笠原憲四郎 (2000): ロシア, サハリン島南部, マカロフ地域およびチュホフ地域における前期中新世の不整合とその意義. 地学雑誌, **109**, 262-280.
- 川田洋平・鈴木徳行・長谷川四郎・久田健一郎・小笠原憲四郎 (2000): サハリン第三系の珪質堆積岩と古第三紀/新第三紀境界期の古海洋環境. 地学雑誌, **109**, 218-234.
- Koizumi, I. (1985): Diatom biochronology for late Cenozoic Northwestern Pacific. *J. Geol. Soc. Japan*, **91**, 195-211.
- Krishtofovich, L.V. (1964): Tertiary Mollusca of Sakhalin. *VNIGRI, Leningrad*, **232**, 1-228, pls. 1-55.
- 栗田裕司・三輪美智子 (1997): 北海道夕張地域, 漸新統紅葉山層の渦鞭毛藻化石層序と対比. 日本古生物学会 1997 年年会講演予稿集, 91.
- 栗田裕司・秋葉文雄・竹内 徹・加瀬友喜 (1996): ロシア・サハリン島南部の第三系渦鞭毛藻・珪藻化石層序および漸新統-中新統境界. 日本古生物学会 1996 年年会講演予稿集, 135.
- 栗田裕司・小布施明子・秋葉文雄 (1998a): 北海道～サハリンにおける上部漸新統の渦鞭毛藻・花粉化石層序および分布. 日本古生物学会 1998 年年会講演予稿集, 72.
- 栗田裕司・横井 悟・小布施明子・一ノ関鉄郎・平松力・生路 幸生・花方 聡 (1998b): 北海道夕張炭田～日高地域, 中新統滝の上層の層序と年代. 日本古生物学会 1998 年年会講演予稿集, 69.
- 栗田裕司・小布施明子・小笠原憲四郎・長谷川四郎・天野和孝・久田健一郎 (2000): ロシア・サハリン島における漸新統～中部中新統有機質微化石層序 (渦鞭毛藻化石・花粉化石) と年代・古環境. 地学雑誌, **109**, 187-202.
- 横山次郎 (1923): 北樺太シュミット半島探検記 (上); (下). 地球, **1**, 73-81; 157-163.
- 横山次郎 (1924): シュミット半島第三紀層序論. 地球, **2**, 297-311; 402-410.
- Makiyama, J. (1934): The Asagaian molluscs of Yotukura and Matchgar. *Memoirs of the Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., Ser. B*, **10**, Art. 6, 121-166, pls. 3-7.
- 三輪美智子・一ノ関鉄郎・栗田裕司 (1998): 北海道夕張炭田～日高地域の滝の上層の底生有孔虫化石層序; 特に *Ammonia* 属の層位分布について. 日本古生物学会 1998 年年会講演予稿集, 70.
- 本山 功・丸山俊明 (1998): 中・高緯度北西太平洋地域における新第三紀珪藻・放散虫化石年代尺度: 地磁気極性年代尺度 CK92 および CK95 への適合. 地質学雑誌, **104**, 171-183.
- Nagao, T. and Huzioka, K. (1941): Fossil *Acila* from Hokkaido and Karahuto (Saghalin). *J.*

- Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ., Ser. 4, 6*, 113-141, pls. 29-31.
- 小布施明子・栗田裕司 (1998): 東北日本～サハリンにおける台島型植物群相当の花粉化石群の地域変化と層序学的意義. 日本古生物学会 1998 年年会講演予稿集, 71.
- 小布施明子・栗田裕司・小笠原憲四郎・長谷川四郎・鈴木徳行・久田健一郎・小泉 格 (1997): ロシア・サハリン島南部 Makarov 地域の上部漸新統～中部中新統花粉化石・渦鞭毛藻化石層序. 日本古生物学会 1997 年年会講演稿集, 92.
- Ogasawara, K. (1994): Neogene paleogeography and marine climate of the Japanese Islands based on shallow-marine molluscs. *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleocol.*, **108**, 335-351.
- 小笠原憲四郎 (1998): 二枚貝こう歯の転移, 特に新生代の Astartidae と Carditidae について. 日本古生物学会 1998 年年会講演予稿集, 85.
- Ogasawara, K. (1998): Review and comments on late Neogene climatic fluctuations and the intermittence of the Bering Land Bridge. *J. Asian Earth Sci.*, **16**, 45-48.
- 小笠原憲四郎・久田健一郎・長谷川四郎・鈴木徳行・小泉 格・Gladnikov, Yu.・Barinov, K. (1996): サハリン南部マカロフ地域の新第三系丸山層下部から産した幼蝸生 *Cyclocardia crebricostata* (二枚貝) 化石の発見. 日本古生物学会 145 例会 (新潟大学) 予稿集, 28.
- 小笠原憲四郎・長谷川四郎・久田健一郎・三橋 順・川田洋平・Gladnikov, Yu.・Barinov, K・Stupin, S. (1997): 北サハリンのシュミット半島第三系の巨大・微小コンクリーション. 地質学雑誌, **103**, 口絵 i-ii.
- Okamura, S., Martynov, Y.A., Furuyama, K. and Nagao, K. (1998): K-Ar ages of the basaltic rocks from Far East Russia: Constraints on the tectono-magnetism associated with the Japan Sea opening. *The Island Arc*, **7**, 271-282.
- Oleinik, A.E. (1993): The genus *Fulgoraia* (Gastropoda: Volutidae) of the northeastern Kamchatka Peninsula and Sakhalin Island, with notes on the paleoecology and distribution of the subfamily Fulgorariinae in the Oligocene of northern Pacific. *The Nutilus*, **106**, 137-146.
- Oleinik, A.E. (1996): Genus *Arctomelon* (Gastropoda, Volutidae) in the Tertiary of the Northwestern Pacific: Evolution and adaptations. *J. Paleont.*, **70**, 236-246.
- Orshkina, T.V. (1997): Oligocene of the Far East sector of the Pacific Ocean: Diatom assemblages from Pilenga and Bora Formations of Sakhalin Island. *Trans. Russian Acad. Sci., Geol. Inst.*, **501**, 133-142, pl. 1-5. (in Russian with English abstract)
- Sasa, Y. and Koiwai, T. compiled (1960): *Geological map of the Sakhalin Island*, 1:25000. 10 sheets with geological data, GHQ Publication.
- Shackleton, N.J., Hall, M.A. and Pate, D. (1995): Pliocene stable isotope stratigraphy of Site 846. In Pisias, N.G. et al. eds.: *Proc. ODP Scientific Results*, **139**, 337-355.
- Sugiyama, K. and Furutani, H. (1992): Middle Miocene radiolarians from the Oidawara Formation, Mizunami Group, Gifu Prefecture, central Japan. *Bull. Mizunami Fossil Mus.*, **19**, 199-213, pls. 12-20.
- Takeda, H. (1953): The Poronai Formation (Oligocene Tertiary) of Hokkaido and South Sakhalin and its fossil fauna. *Stud. Coal Geol., Hokkaido Assoc., Coal Min.*, **3**, 1-103, pls. 1-13.
- 竹内 徹 (1997): 南サハリンの第三紀火山岩類の K-Ar 年代とそのテクトニックな意義. 地質学雑誌, **103**, 67-79.
- Titova, L.V. (1993): The early history of the North Pacific Ancistrolepinidae (Gastropoda: Buccinidae). *Ruthenica*, **3**, 1-16.
- Titova, L.V. (1994): Cenozoic history of Turritelloidea and Buccinoidea (Mollusca: Gastropoda) in the North Pacific. *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleocol.*, **108**, 319-334.
- 上床国夫編 (1939): 南樺太地質図 1/50 万. 東京地学協会, 42 枚.
- Worrall, D.M. (1991): Tectonic history of the Bering Sea and the evolution of Tertiary strike-slip basins of the Bering shelf. *Spec. Pap. Geol. Soc. Amer.*, **257**, 1-119.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1998): Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *J. Geol. Soc. Japan*, **104**, 395-414.
- Yokoyama, M. (1929): Molluscan fossils from Karafto. *J. Fac. Sci., Imp. Univ. Tokyo, Sec. II*, **2**, Part 9, 369-396, pls. 71-76.
- Yokoyama, M. (1930): Tertiary Mollusca from South Karafto. *J. Fac. Sci., Imp. Univ. Tokyo, Sec. II*, **2**, Part 10, 407-418, pls. 77-80.
- Yokoyama, M. (1931): Neogene shells from Karafto and the Hokkaido. *J. Fac. Sci., Imp. Univ. Tokyo, Sec. II*, **3**, Part 4, 185-195, pl. 11.
- Yokoyama, M. (1932): Neogene shells from South Karafto. *Rep. Imp. Geol. Surv. Japan*, **111**, 1-15, pls. 1-4.
- Zhidkova, L.S. and Sal'nikov, B.A. eds. (1992): *Reference section of Paleogene-Neogene deposits of south-east Sakhalin (Makarov section)*. All-Russia Petroleum Scientific Research Geological Exploration Institute, St. Petersburg, 358p. (in Russian)
- Zhidkova, L.S., Kuzina, I.H., Lautentzleger,

F.G. and Popova, L.A. (1968): *Aatlas of upper Miocene and Pliocene Mollusca of Sakhalin*. Nauk, 178p. (in Russian)
Zhidkova, L.S., Mitakov, G.S., Neverova, T.I., Popovaa, L.A., Salnikov, B.A., Salnikova, B. and Cheremetiva, G.N. (1974): *Biofacies*

characteristics of Mesozoic-Cenozoic of the Sakhalin and Kyurile Islands. Akademiya Nauk SSSR, BNIGRI, Sakhalin Inst., 251p. (in Russian)

(1999 年 12 月 27 日受付, 2000 年 2 月 21 日受理)