

東アジアのジュラ紀付加コンプレックス

Jurassic accretionary complexes in East Asia

Abstract

小嶋 智* 亀高正男**

*Satoru Kojima**
*and Masao Kametaka***

1999年1月14日受付.

1999年6月9日受理.

* 岐阜大学工学部土木工学科

Department of Civil Engineering, Gifu University, Gifu 501-1193, Japan

** 名古屋大学大学院理学研究科地球惑星理学専攻
Department of Earth and Planetary Sciences,
Nagoya University, Nagoya 464-8602, Japan

Lithologic assemblages, ages, and structures of the Jurassic accretionary complexes along the eastern margin of Asia are reviewed in order to provide basic information in reconstructing plate tectonic evolution of the Asia-Pacific region.

In the Koryak Highlands and Kamchatka Peninsula, most of the accretionary complexes are Cretaceous in age, although part of some terranes, such as the Talovskiy and Mainitskiy terranes, might include Jurassic accretionary complexes. The Sikhote-Alin Mountains is composed of accreted microcontinents with Precambrian basements, Mesozoic accretionary complexes, and Cretaceous basin-fill turbidite. Of these accretionary complexes, the Samarka terrane is Middle to Late Jurassic in age, and the Badzhal, Khabarovsk and Taukha terranes are of Jurassic to Early Cretaceous age. In Japan, including the Ryukyu Islands, many terranes consist of Jurassic accretionary complexes and their metamorphic equivalents, as discussed in other papers of this memoir. Terranes and suture zones in Southeast Asia are pre- or post-Jurassic in age, although the North Palawan block in the Philippines is a Jurassic accretionary complex.

Most of the Jurassic accretionary complexes in East Asia have Late Paleozoic limestone-greenstone complex and Permian-Jurassic radiolarian bedded chert in common, which indicate characteristics of the oceanic plate subducted underneath the Eurasian continental margin in Jurassic time. Ages of the subduction and accretion indicated by the ages of clastic rocks covering the chert and/or the ages of matrix of melanges vary between Middle Jurassic and Early Cretaceous throughout the Asian margin. This means the regional variation of the ages of subduction and accretion.

Key words: Jurassic, tectonics, accretionary complex, East Asia, Koryak Highlands, Kamchatka Peninsula, Sikhote-Alin Mountains, Nadanhada Range, North Palawan block

はじめに

我々は、現存する地質体は断片的なのでそれを調査しても地球の歴史は明らかにできないという悲観論ではなく、現存する地質体から得られる情報に基づいて過去の地質現象を解明することが可能であるという立場に立って研究を進めてきた。この立場に立つのであれば、海洋底が現存しない時代のプレート運動や造山運動を明らかにするためには大陸縁辺に保存されている付加コンプレックスの調査がもっとも有効で精度も高い。アジア大陸東縁には古生代末から新生代の付加コンプレックスが広く分布する。このことからアジア大陸東縁が長い間大陸プレート（ユーラシアおよびその一部）と海洋プレート（イザナギ、クラ、太平洋など）の収束境界であり続けたとする研究者もいる（例

えば Maruyama et al., 1997）。しかしながら、その収束速度や収束様式は長い間に変化し続けたことであろう。それを明らかにするためには、付加コンプレックスの分布やそれを構成する岩石の種類と地質年代および構造を明らかにする必要がある。本論集は「ジュラ紀付加体」というタイトル中の言葉が示しているように、「地質年代」と対象とする「もの」をある程度限って取り扱っているので、本論では、東アジアの構造発達史を解く一助となるよう、日本を除いたこの地域のジュラ紀付加コンプレックスの分布を記述しその特徴を概観する（日本のジュラ紀付加コンプレックスについては本論集の他の論文や Isozaki, 1997 によるレビューがあるのでそちらを参照していただきたい）。また、日本のジュラ紀付加コンプレックスの詳細な検討を行う上でも、東アジアの同様な地質体をレビューし

ておくことは有意義であると考えられる。

付加コンプレックスの認定

この小論ではすでに出版された文献をレビューし、東アジアには何処にどのようなジュラ紀付加コンプレックスが分布するかを述べたい。地域によっては、地域地質の文献や化石の産出を記載した論文はあるが、付加体地質学の観点から研究されていないところもある。そのような地域の地質について考える場合、どのような特徴をもって付加コンプレックスと認定するかをあらかじめ検討しておく必要がある。筆者らは岩相組み合わせと構造の2点を主要な観点として付加コンプレックス認定を試みた。

1. 岩相組み合わせ

付加コンプレックスは海洋プレートが大陸プレートや島弧の下に沈み込む際に、海洋プレートをつくる物質と大陸からもたらされた物質が混合し陸側に付加されることにより形成される。したがって、海洋性の石灰岩・チャートなどの岩石と陸源性碎屑岩が共存するような地質体が付加コンプレックスの候補となる。石灰岩は海山や海台の頂部をつくるような遠洋性のものが主体となり、海山や海台本体をつくる玄武岩と密接に伴って産するのが普通である。陸源性碎屑粒子を含む陸棚相の石灰岩が付加コンプレックスを構成することはまれである。環太平洋の代表的な中生代付加コンプレックスの場合、チャートは放散虫層状チャートから成る。しかし、放散虫はさまざまな海洋に生息するので、放散虫の産出だけをもって付加コンプレックスかどうかは決められない。海溝充填物としての陸源性碎屑岩はタービダイトとして産するのが普通である。

海洋性岩石と陸源性碎屑岩の量比はさまざまになりうるが、海洋性岩石を含まずタービダイトのみからなる地質体は付加コンプレックスか否かの判断に迷う。海山などの突出部が無い海洋プレートが沈み込む場合、デコルマ面の深度が浅い沈み込み帯や碎屑物が多量に供給される沈み込み帯の場合などには、海洋性岩石の付加が起りにくく、ほとんどタービダイトのみから成る付加コンプレックスが形成されることが期待される。そのような場合には文献だけから付加コンプレックスかどうかを認定するのは、一般には困難であろう。しかし、海溝充填堆積物としてのタービダイトは浅海棲大型化石の産出頻度がひじょうに低いので、浅海棲大型化石を産しないことは、付加コンプレックス認定の一助となりうる。

2. 構造

付加コンプレックスにはさまざまな特徴的な地質構造が見られることが、現在沈み込み帯で形成されている付加コンプレックスの研究（例えば Aoki et al., 1982 ; Brown et al., 1990）や、過去の地質時代の付加コンプレックスの研究（例えば Wakita, 1988 ; Kimura and Hori, 1993）によって明らかにされている。その中で最も代表的なものはメランジュと覆瓦構造である。

メランジュとは block-in-matrix 組織を持ち 1 : 25,000 程度のスケールの地質図に表すことができる地質単位に対して用いられる名称で、その成因は問わない点が重要である（例えば Raymond, 1984 ; Cowan, 1985a, b）。海底地滑りによるもの（Abbate et al., 1970）や、沈み込み帯や断層沿いに形成されるテクトニックなもの（Hsu, 1968）、泥ダイアビルに伴って形成されるもの（Barber et al., 1986）など、さまざまな成因をもつメランジュがこれまでに報告されている。とはいうものの、メランジュはプレート収束境界で特徴的に形成され（Cowan, 1985a, b）、付加コンプレックスを構成することが多いので、ある地質体にメランジュが含まれるかどうかは付加コンプレックス認定の大きなポイントとなる。

覆瓦構造とは同じ岩相層序を持った地層がスラストを介し何度も繰り返す構造をいう。美濃帯南部の犬山地域では三畳紀～ジュラ紀古世の層状チャート、ジュラ紀中世の珪質頁岩、ジュラ紀中世後期～ジュラ紀新世(?)の粗粒碎屑岩からなるチャート-碎屑岩シーケンス（本報告では下位にチャート、上位に碎屑岩という層序をもつ岩相層序の意味で使う）、あるいはその一部が、スラストを介し何度も繰り返し分布している（Yao et al., 1980）。この繰り返し構造は海洋プレートが沈み込む際に、海洋プレート上の堆積物が陸側に付加し形成された構造である（Kimura and Hori, 1993）。前述のほとんどタービダイトのみから成る地質体も、覆瓦構造を持っていれば付加コンプレックスである可能性がある。しかし、カナディアンロッキーの有名な衝上断層群（例えば水谷, 1979）をはじめとし、付加コンプレックス以外の地質体にも覆瓦構造は形成される。

以上のように、筆者らは、こういった岩相組み合わせがあれば、あるいはこういった地質構造を持っていれば付加コンプレックスである、という唯一無二の判断基準はないと考えている。岩相組み合わせ・構造の両方からさまざまなデータを吟味し、総合的に判断する必要がある。本報告で取り上げた東アジアの諸地域のうち、中国東北部とシホテアリン山地については、筆者ら自身が調査し、その成果から付加コンプレックスであるかどうかを判断した。他の地域については既に出版済みの文献中の地質記載から、上記の岩相組み合わせと地質構造の特徴を読み取り、付加コンプレックスか否かを判断した。その際、特に注目したのは復元された初生的岩相層序が海洋プレート層序に相当するかどうか、その地質年代がいつか、その地質体がどのような地質構造を持つかといった点である。本報告で、ジュラ紀付加コンプレックスであるか、その可能性が高い、あるいはジュラ紀付加コンプレックスを一部に含むとした地帯にみられる、鍵となる岩相組み合わせと地質構造の特徴を Table 1 にまとめておく。

東アジアのジュラ紀付加コンプレックス

ユーラシア大陸の東縁には、ジュラ紀付加コンプレックスが、時には途切れながらも比較的連続して分布している

Table 1. Summary of key lithology and structure in Jurassic accretionary complexes of East Asia

	Talovskiy*		Mainitskiy*		Alkatv.*	Ekonay*	Samarka	Khab.	Bazhal	Taufha			Nadanh.	NPB
	Ainynskiy	Kuyul	Low. M.	Up. M.						Silin.	Gorb.	Ustin.		
ch-cl seq.			?	?			○	○	?	○	○	○	?	○
age of chert	S-P	P-MJ	UT-LK	MJ-LK		UPz-T	UD-T	L-UT	C-T	UJ	T-J	P, UJ	T-LJ	MP-J
imbricate st.	○		?	?			○	?			○			
melange	?	○	○		○	○	○	○	○			○	○	○

[Abbreviation of terrane name, lithology and structure]

Alkatv.: Alkatvaam, Khab.: Khabarovsk, Nadanh.: Nadanhada, NPB: North Palawan block, Low. M.: Lower Member, Up. M.: Upper Member
Silin.: Silinsky, Gorb.: Gorbushinsky, Ustin.: Ustinovsky, ch-cl seq.: chert-clastic sequence, st.: structure, ?: probable occurrence of the lithology and structure

[Abbreviation of age]

L: Lower, M: Middle, U: Upper, Pz: Paleozoic, S: Silurian, D: Devonian, C: Carboniferous, P: Permian, T: Triassic, J: Jurassic, K: Cretaceous

* composite terranes which might include Jurassic accretionary complexes

(Fig. 1). その分布はロシアのコリャク高地にはじまり中国東北部・シホテアリン山地から日本列島・琉球列島を縦断し、フィリピンにまで追跡される。これら付加コンプレックスの地質概略を以下に述べるとともに、その岩相と地質年代の概要を Fig. 2 に柱状図の形で図示した。

1. コリャク高地およびカムチャツカ半島

コリャク高地西方のタイゴノス半島から北西に延びる地帯には～2.8Ga の変成岩類が分布し、先カンブリア時代の基盤を持つ大陸地塊と考えられている。この地帯の南東側のコリャク高地からカムチャツカ半島にわたる地域には、中生代から新生代にかけての岩石が広く分布している

(Fig. 3)。これらのうち、Vetlovskiy 帯（白亜紀新世最後期～始新世前期の海洋性岩石を主体とする付加コンプレックス）、Irunskiy 帯（白亜紀の火山岩・堆積岩類からなる島弧性の地帯）、Sredinnyi-Kamchatka 帯（白亜紀古世最前期：141Ma の年代を持つ片麻岩類や角閃岩などからなる変成岩地帯）、Ganal'skiy 帯（年代未詳の片麻岩・角閃岩を主体とするユニットと緑色片岩を主体とするユニットからなる変成岩地帯）、Olyutorka-Kamchatka 帯（白亜紀～晩新世の海洋性および島弧性火山岩・珪質岩・碎屑岩からなる地帯）、Kronotskiy 帯（白亜紀新世～晩新世前期の火山岩やチャートからなる島弧性地帯）、Stolbovskoy 帯（白亜紀新世最後期～晩新世の火山岩・堆積岩からなる島弧性地帯）にはジュラ紀以前の岩石は分布しないか、あってもごくわずかで、大部分は白亜紀以降の岩石から成るので、ジュラ紀付加コンプレックスとは考えられない (Nokleberg et al, 1994)。したがって、本論文ではそれら以外の地帯（Talovskiy 帯、Mainitskiy 帯、Alkatvaam 帯、Ekonay 帯、Yanranay 帯、West Kamchatka 帯、Kamchatskiy Mys 帯）の構成岩類およびその特徴・地質年代について、Parfenov et al. (1993), Nokleberg et al. (1994, 1997) に基づいて述べる。

(1) 各地帯の地質

Talovskiy 帯

北西側の Ainynskiy 亜帯と南東側の Kuyul 亜帯に細分

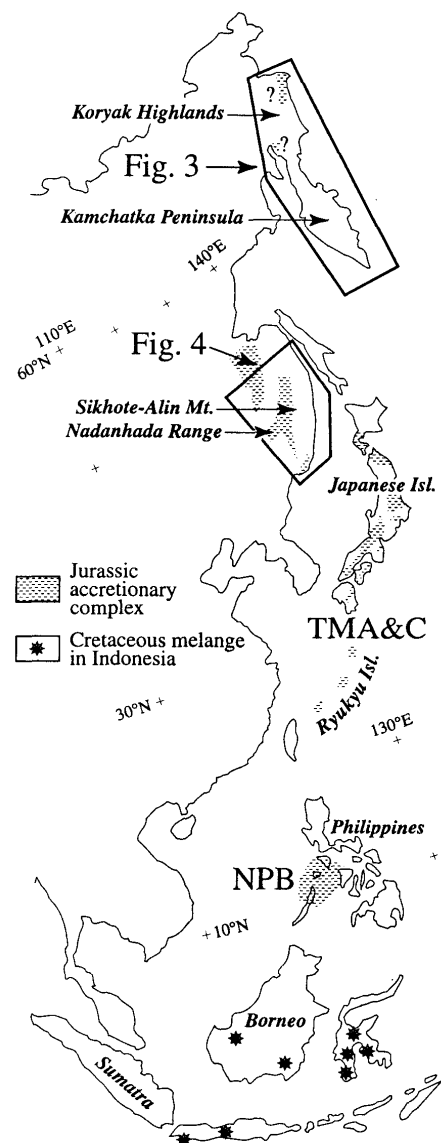


Fig. 1. Map showing areas of Figs. 3 and 4, distribution of Jurassic accretionary complexes (hatched areas; TMA & C: Tamba-Mino-Ashio and Chichibu terranes, NPB: North Palawan block), and distribution of Cretaceous melanges in Indonesia (stars; after Hutchison, 1989; Wakita et al, 1996).

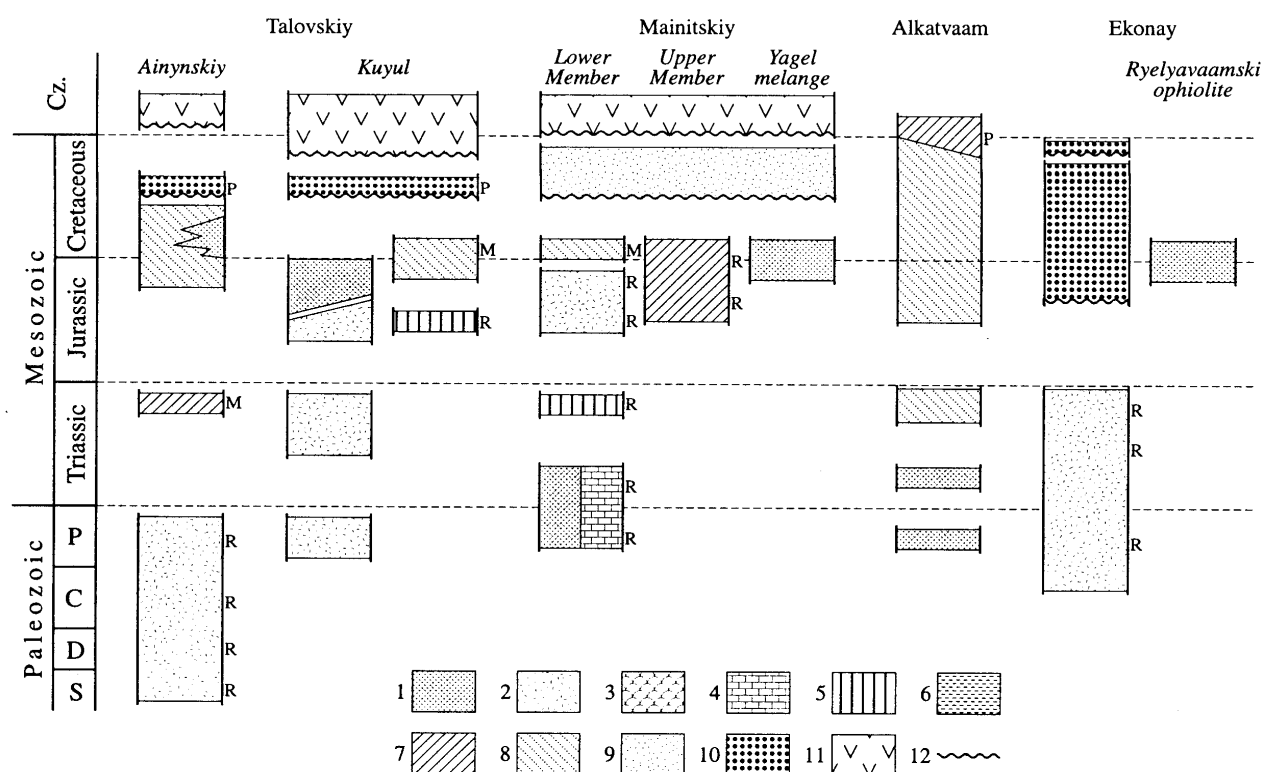


Fig. 2. Generalized columnar sections of the terranes composed of, or partly including, Jurassic to Lower Cretaceous accretionary complexes in East Asia. Compiled from the literature shown in the text. Part of the rocks shown in the columns occur as blocks in melange and thrust sheets. 1: ophiolite including ultramafic rocks, basalt, gabbro, granitic rocks and pelagic sediments, and metamorphic rocks; 2: greenstone-limestone-chert complex with local clastic rocks; 3: basaltic rocks; 4: limestone; 5: radiolarian bedded chert; 6: siliceous shale; 7: clastic and pyroclastic rocks; 8: clastic rocks composed mainly of turbidite; 9: marine clastic rocks; 10: shallow- to non-marine clastic rocks; 11: acidic volcanic rocks; 12: major unconformity; M: molluscan fossils; R: radiolarian, conodont and fusulinacean fossils; P: plant fossils.

される。Ainynskiy 亜帯は、主としてジュラ紀新世～白亜紀古世の大型化石を含む砂岩・シルト岩・火山岩・凝灰岩からなり、一部に白亜紀古世 (Berriasian と Hauterivian) のオフィオライトを伴う。中央部および北部では、(1) 蛇紋岩・緑色片岩・青色片岩のテクトニックブロック、(2) シルル紀～ペルム紀の動物化石を含む石灰岩・ジャスパー・緑色岩、(3) 三畳紀新世 (Norian) の化石を含む中性凝灰岩・火山碎屑性砂岩・礫岩などが分布する。スラストが発達しデュープレックス構造もみられる。白亜紀 (Albian-Cenomanian) の浅海性堆積物に不整合で覆われる。Kuyul 亜帯は、次の(1)から(3)の岩石からなるテクトニックシートにより構成される。(1)以下に示す岩石のブロックを含む蛇紋岩メランジュ-超苦鉄質岩、はんれい岩、斜長石花崗岩、貫入岩、角閃岩、島弧性火山岩や堆積岩、藍閃石片岩、前弧海盆由来の凝灰岩や堆積岩、(2)ジュラ紀 (Bathonian-Tithonian) の Gankuvayam オフィオライト、(3)ペルム紀、三畳紀中世～新世、ジュラ紀中世の海洋性火山岩・珪質岩・炭酸塩岩からなる Kingiveem コンプレックス、(4) *Buchia* を含むジュラ紀新世～白亜紀古世のタービダイトのブロックやジュラ紀中世の放散虫チャートのブロックを含む Kuyul メランジュ。Ainynskiy 亜帯同様、白亜紀 (Late Albian) の浅海成堆積物に不整合で覆われる。

Mainitskiy 帯

島弧性の地帯と考えられ、その構成岩類は下部層と上部層に分けられている。下部層はさらに、(1)古生代後期～中生代前期のオフィオライトのブロックや、ジュラ紀中世～新世の放散虫を含む層状ジャスパーや緑色岩を伴う石灰岩のブロックを含む、蛇紋岩メランジュからなる下部ユニットと、(2)白亜紀古世 (Berriasian-Valanginian) の *Buchia* を含むグレイワッケ、シルト岩、凝灰岩、層状チャートなどからなり、オフィオライト、ペルム紀～三畳紀の有孔虫を含む石灰岩、斜長石花崗岩、安山岩、流紋岩、三畳紀新世の放散虫を含むチャートなどのブロックを含むオリストストロームを伴う上部ユニットからなる。上部層はジュラ紀新世～白亜紀古世の島弧性火山岩-堆積岩コンプレックスで、ソレライト質玄武岩、玄武岩質安山岩、流紋岩、凝灰岩、角礫岩、チャート、シルト岩、砂岩などからなり、ジュラ紀～白亜紀 (Callovian-Kimmeridgian, Tithonian-Hauterivian) の放散虫を産する。また、Mainitskiy 帯は以上のような主要構成岩類以外にも、局地的に次のような岩石からなるスラストシート群を含んでいる：(1)中央部には蛇紋岩基質中にダナイト、ペリドタイト、はんれい岩、輝緑岩、枕状溶岩、ハイアロクラスタイト、チャートのブロックを含む Yagel メランジュ (Callovian-Hauterivian) が分布する。(2)北部では

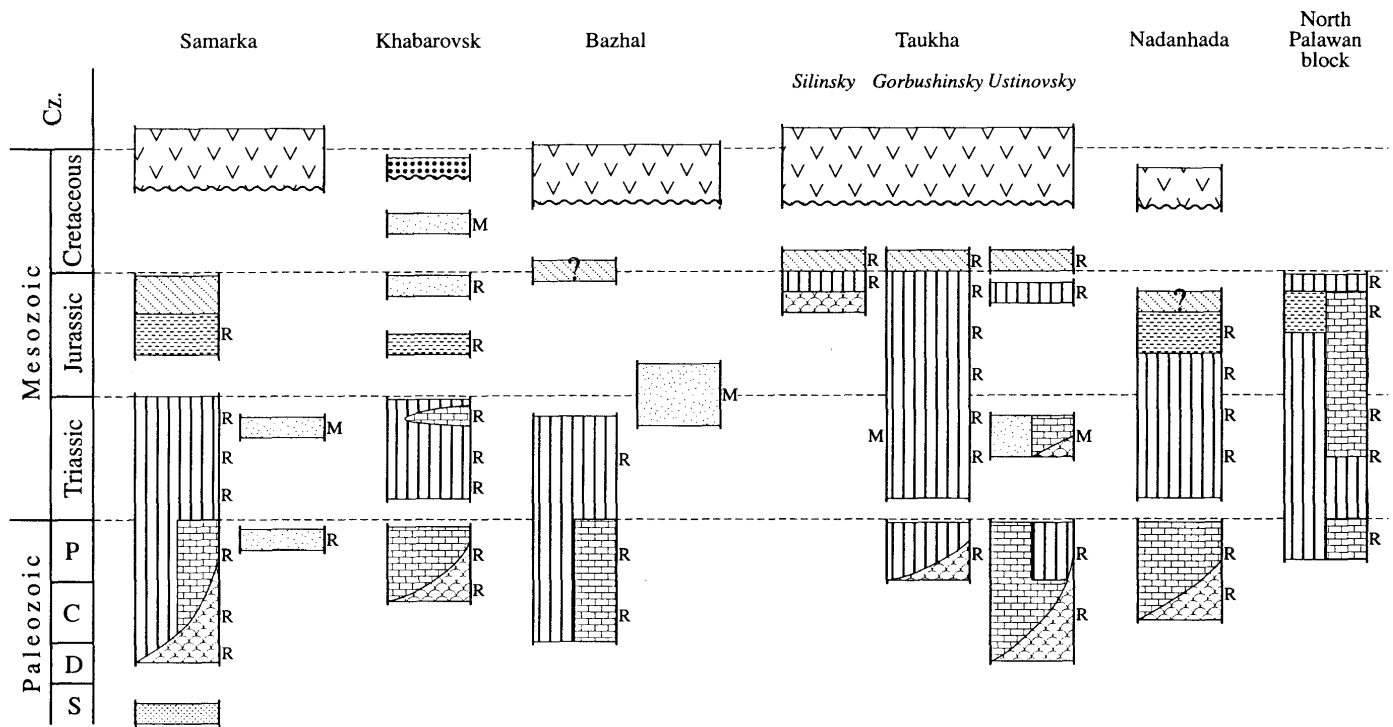


Fig. 2. (Continue)

島弧性火山岩類に覆われる、ダナイト・ハルツバージャイト・はんれい岩などのテクトニックシートが知られている。(3)南部には古生代～中生代前期の堆積岩・火成岩の異地性岩体とジュラ紀新世～白亜紀古世の凝灰岩・グレイワッケが分布する。以上、すべての岩石は白亜紀(Albian以降)の堆積岩類に不整合で覆われるので、白亜紀中頃には一つの地質体を形成していたと考えられる。

Alkatvaam 帯

三畳紀新世、ジュラ紀新世～白亜紀の変形の激しいタービダイトを主体とし、火山碎屑岩を挟む。一部に白亜紀新世～暁新世の島弧性火山岩・火山碎屑岩を伴う。古生代後期～三畳紀のオフィオライト・変成岩のブロックを含む、蛇紋岩メランジュからなる基盤を持つ。

Ekonay 帯

海洋性岩石を主体とし、次の3つのユニットからなる。(1)超塩基性岩(一部蛇紋岩化)・層状はんれい岩複合岩体からなるユニット。(2)はんれい岩・輝緑岩・斜長石花崗岩からなるユニット。(3)古生代後期～三畳紀の火山岩・堆積岩複合岩体(玄武岩、珪質岩、凝灰岩、碎屑岩を主体とし炭酸塩岩を伴う)からなるユニット。(3)のユニットにはテチス動物区の有孔虫、放散虫、コノドントを含む石炭系～三畳系のテクトニックブロックも含まれる。

Ekonay 帯の岩石はジュラ紀新世～白亜紀(Santonian以前)のNakpyilyakコンプレックスに不整合で覆われる。このコンプレックスは主として浅海成の泥岩・砂岩・礫岩からなり、中性～酸性凝灰岩、生砕性石灰岩、オリストストロームを伴う。火山弧前縁部の堆積物と考えられている。このコンプレックスとの関係はよくわからないが、Ekonay 帯にはジュラ紀新世～白亜紀古世のRyelyavaamskiオフィオライトと呼ばれる岩体も分布する。Ekonay 帯は下

記のYanranay 帯の構造的下位に位置する。

Yanranay 帯

タービダイトを主体とする地帯で、上部・下部の2つのユニットに区分されている。下部ユニットはジュラ紀新世～白亜紀(Campanian以前)の海洋性玄武岩・遠洋性堆積物・チャートを主体とし、炭酸塩岩を伴う。上部ユニットは白亜紀の泥岩・シルト岩・砂岩からなり、一部に海洋性玄武岩やAlbian-CenomanianとSantonian-Campanianの放散虫を含むチャートを伴う。局所的に分布する地質単位として、(1)Campanianのイノセラムスや巻貝を含む炭酸塩岩、(2)古生代、中生代前期、ジュラ紀新世～白亜紀古世の堆積岩・火山岩ブロックを含むSenonian後期のオリストストロームなどがある。

West Kamchatka 帯

コリャク高地に分布する岩石は白亜紀新世(Santonian-Maastrichtian)～暁新世前期のタービダイトを主体とし、白亜紀新世(Campanian)のチャート・アルカリ玄武岩を伴う。アンモナイト、イノセラムス、腕足類、放散虫、有孔虫などの化石が報告されている。複雑に褶曲しスラストが発達する。カムチャツカ半島に分布する岩石は、(1)ジュラ紀～白亜紀古世の枕状および塊状玄武岩と珪質・泥質・石灰質・凝灰質堆積岩、(2)(1)を覆う白亜紀の碎屑岩類からなる。

Kamchatskiy Mys 帯

次の2つのユニットからなる：(1)ジュラ紀と白亜紀の放射年代をもつはんれい岩・輝緑岩・玄武岩、(2)オフィオライトブロックを含む蛇紋岩メランジュを伴う、白亜紀古世～暁新世の玄武岩・チャート・碎屑岩。

(2) 放散虫生層序

コリャク-カムチャツカ地域の放散虫化石については

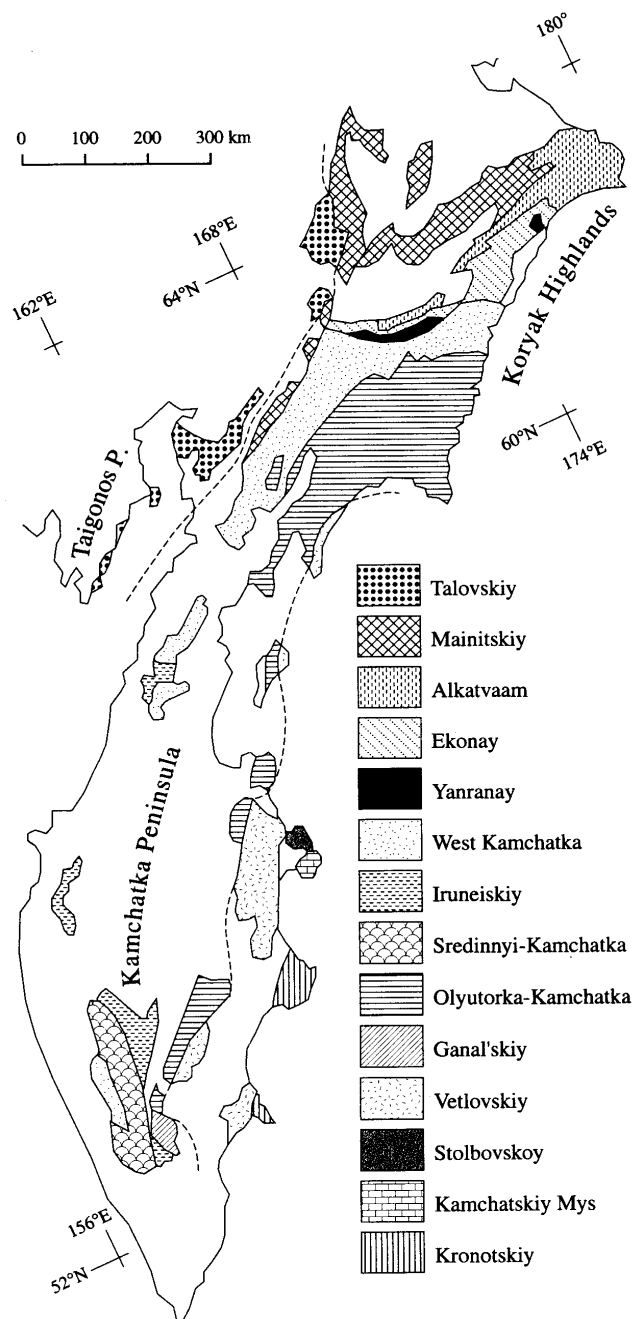


Fig. 3. Map showing tectonic subdivision of the Koryak Highlands and Kamchatka Peninsula (modified from Nokleberg et al., 1994, 1997).

Vishnevskaya の一連の研究 (Vishnevskaya, 1992, 1996; Vishnevskaya and Filatova, 1994) がある。Vishnevskaya and Filatova (1994) はコリャク高地の中・古生代基盤岩類を、(1) Talovsko-Mainz あるいは Anadyr-west Kamchatka 帯、(2) Algan 帯、(3) Raritkin 帯、(4) Velikaya 帯、(5) Koiverelan-Nauchirinay-Elgevaam あるいは Maina 帯、(6) Pikas-Hatirka-Ekonay 帯、(7) Olutor-East Kamchatka 帯の 7 帯に区分し、それぞれの地帯のどのような岩石からいつの時代の放散虫が産出するかを記載している。Vishnevskaya and Filatova (1994) には各地帯の詳細な岩石記載がなく、地帯境界が上記の Nokleberg et al. (1994, 1997) の境界とは一致し

ないので、両者の地体構造区分を対比することは難しいが、おおそ(1)が Talovskiy 帯に、(2)~(5)が Mainitskiy 帯と Alkatvaam 帯に、(6)が Ekonay 帯に、(7)が Olyutorka-Kamchatka 帯と Vetlovskiy 帯に対応するようである。

Vishnevskaya and Filatova (1994) によればコリャク山地からのペルム紀および三畳紀放散虫の産出は少なく、わずかに(6)のジャスパー、チャートから産するのみである。またカムチャツカ半島からはペルム紀~三畳紀の放散虫は産しない。一方、ジュラ紀放散虫は(1)から(6)の地帯から広く産出する。しかし、やはりジャスパーやチャートからの産出が主体で、碎屑岩からの記載はない。ただ、(5)の Semiglawaya 山地域では Bathonian 中期~Callovian 前期の放散虫を含むジャスパーが、*Choffatia* などの Callovian 前期のアンモナイトを産する細粒碎屑岩 (aleuolite) に覆われるという記述がある。また、同じく(5)の Elgevaam 地域には、Hettangian~Sinemurian の放散虫を含むチャートとタービダイト起源と思われる碎屑岩類が互層することが記されており、いわゆるチャート-碎屑岩シーケンスが断層により繰り返しているのかもしれない。白亜紀の放散虫に関しては、Berriasian-Hauterivian の群集は(2)~(6)の地帯から産出するのに対し、Barremian-Turonian の群集は(6)、(7)のみから、Coniacian 以降の群集は(7)のみから産出する。

(3) まとめ

以上述べてきた地質と放散虫生層序のデータによれば、Yanranay 帯、West Kamchatka 帯、Kamchatskiy Mys 帯は、ジュラ紀の岩石も含んでいるが、白亜紀の海洋性岩石を多く含むことから、白亜紀以降の付加コンプレックスと考えてよさそうである。残りの Talovskiy 帯、Mainitskiy 帯、Alkatvaam 帯、Ekonay 帯には長い年代にわたるさまざまな岩石が分布し、これまでに得られているデータから地史を編むことは難しい。Nokleberg et al. (1994) は Talovskiy 帯、Alkatvaam 帯、Ekonay 帯を付加コンプレックスと考えているが、おそらくさまざまな起源を持つ地質体が一括して取り扱われているのであろう。その一部にジュラ紀付加コンプレックスが含まれることは十分考えられる。例えば Talovskiy 帯の Kingiveem コンプレックスはペルム紀、三畳紀中世~新世、ジュラ紀中世の海洋性火山岩・珪質岩・炭酸塩岩からなり、岩相組み合わせは日本のジュラ紀付加コンプレックスに類似する。また Mainitskiy 帯には、前述のようにジュラ紀のチャート・ジャスパーとそれを覆う碎屑岩が分布し、これらはジュラ紀付加コンプレックスである可能性が高い。しかし、同じ Mainitskiy 帯からより若い時代(白亜紀)の放散虫を含むチャートや珪質岩も報告されている。したがって、ジュラ紀付加コンプレックスのみからなる一つの独立した地帯と考えることは難しい。

カムチャツカ・コリャク地域の地質を概観すると、ジュラ紀以前の岩石も分布するが、その主体は白亜系ないしそれ以降のようである。また、この中生代造山帯と対をなす

と考えられている Okhotsk-Chukotka 火山深成岩帯の活動年代は白亜紀～古第三紀である。したがって、この地域で活発な沈み込み・付加活動がおこったのはおそらく白亜紀以降のことであろう。ジュラ紀の付加体が小規模に分布する可能性もあるが、それは白亜紀の活発な沈み込み・付加活動の前兆として局地的に小規模な付加がおこっていたことを示すのかもしれないし、あるいはすでに他の場所で形成されたジュラ紀付加コンプレックスがこの地域に数多くみられる横ずれ断層により白亜紀付加コンプレックス中に挟み込まれているのかもしれない。いずれにせよ、コリャク高地およびカムチャツカ半島の地質については不明な点が多く、今後の詳細な検討が待たれる。

2. シホテアリン山地

コリャク高地からカムチャツカ半島へと続く中生代造山帯は、オホーツク地塊によりその連続性が断たれ、再び大陸縁に中生代の岩石が広く分布するのはシホテアリン山地に入ってからである。この地域の先第三紀基盤岩類は Badzhal, Khabarovsk, Amur, Kyselyovsk-Manominsk, Khanka, Sergeevka, Samarka, Zhuravlevka, Taukha などの地質体に区分されている (Fig. 4; Kojima, 1989; Natal'in, 1993; Khanchuk et al., 1996; Khanchuk and Panchenko, 1997)。これらのうち Khanka 帯と Sergeevka 帯は大陸的な基盤を持つ、いわゆる stratigraphic terrane である。Kyselyovsk-Manominsk 帯のチャートからはジュラ紀～白亜紀古世 (Barremian) の、チャートを覆う珪質頁岩からは白亜紀 (Hauterivian-Cenomanian) の放射虫がそれぞれ報告されており (Zyabrev, 1996)、白亜紀新世の付加コンプレックスと考えられる。Amur 帯と Zhuravlevka 帯は白亜紀のタービダイトを主体とする地帯で、その成因については今後の調査を必要とする。他の地帯は付加コンプレックスの特徴を持っているが、ジュラ紀付加コンプレックスであるのが確実なのは Samarka 帯と Khabarovsk 帯である。Badzhal 帯と Khabarovsk 帯は同一の地質帯であるとする見解 (Zyabrev and Matsuoka, 1999) もあるが、本論では Natal'in (1993) に従い、別に取り扱うことにする。Taukha 帯はジュラ紀末から白亜紀の付加コンプレックスと考えられる。

Samarka 帯

Samarka 帯は石灰岩、緑色岩、層状チャート、珪質頁岩、砂岩、頁岩、はんれい岩などからなる (Kemkin and Khanchuk, 1994)。石灰岩からは石炭紀～ペルム紀の紡錘虫が、層状チャートからはデボン紀新世～三畳紀のコノドント・放射虫が、珪質頁岩や頁岩からは中期～後期ジュラ紀の放射虫が報告されている。チャートは量的には三畳紀のものが最も多く、ペルム紀のものがそれに次ぐ。デボン紀のチャートははんれい岩などに伴ってまれに産するにすぎない。後期ペルム紀の碎屑岩や *Monotis* を含む三畳紀のシルト岩もしばしば認められる。これらの岩石からなる地質単位は、頁岩を基質とする block-in-matrix 組織を呈し、ジュラ紀中世～新世のメランジュと考えられる。ま

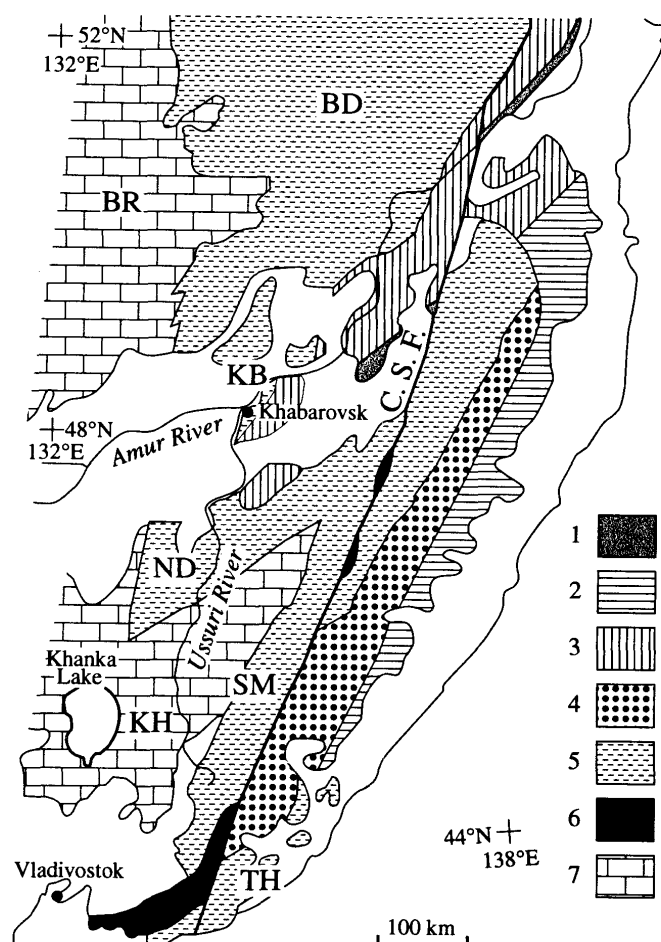


Fig. 4. Map showing tectonic subdivision of the Sikhote-Alin Mountains (modified from Kojima, 1989; Natal'in, 1993; Khanchuk and Panchenko, 1997). 1: Kyselyovsk-Manominsk terrane, 2: Kema terrane, 3: Amur terrane, 4: Zhuravlevka terrane, 5: Middle Jurassic-Early Cretaceous accretionary complexes, 6: Sergeevka terrane, 7: microcontinents, BR: Bureya terrane, KH: Khanka terrane, BD: Badzhal terrane, KB: Khabarovsk terrane, ND: Nadanhada terrane, SM: Samarka terrane, TH: Taukha terrane, C.S.F.: Central Sikhote-Alin fault.

た、Mazarovich (1981), Golozubov and Melnikov (1986) などには、三畳紀～ジュラ紀中世のチャート・碎屑岩シーケンスがスラストにより何度も繰り返す構造が図示されている。以上のような層序、地質年代、構造の特徴から Samarka 帯はジュラ紀中世～新世の付加コンプレックスであると考えられる。

Samarka 帯の中には Kalinovka オフィオライトと呼ばれる、超塩基性岩-はんれい岩複合岩体のスラストシートが挟まれている。はんれい岩中の普通角閃石は 410 ± 9 Ma という K-Ar 年代を示し、古生代後期のチャート・石灰岩を密接に伴う (Kemkin and Khanchuk, 1994)。ロシアの研究者は、Kalinovka オフィオライトをジュラ紀付加コンプレックス中の異地性岩体と考えているが、Samarka 帯とは独立した古生代の地質体である可能性もある。

Khabarovsk 帯

Khabarovsk 帯は主として、石灰岩、緑色岩、チャー

ト、砂岩、頁岩などの岩石とそれらをブロックとして含むメランジュからなる (Natal'in, 1993). 石灰岩からは石炭紀新世の有孔虫、ペルム紀のサンゴ・紡錘虫・コノドント、三疊紀新世のコノドント・斧足類・アンモナイト・有孔虫などの化石が報告されている (Natal'in and Zhabrev, 1989). チャートからは三疊紀古世後期～三疊紀新世の豊富な放散虫・コノドントが記載されている (Natal'in and Zhabrev, 1989; Kojima et al., 1991; 脇田ほか, 1992). また、一部にジュラ紀および白亜紀古世 (Berriasian-Valanginian) の放散虫が含まれるとされている (Natal'in and Zhabrev, 1989) が、その詳細は明らかではない. ハバロフスク市郊外のアムール川沿いには、結晶片岩、赤褐色層状チャート、赤褐色珪質頁岩、灰色頁岩と、枕状玄武岩・石灰岩・チャート・頁岩・砂岩のブロックを含むメランジュの好露頭が見られる (Natal'in and Zhabrev, 1989; Kojima et al., 1991; Zhabrev and Matsuoka, 1999). 現在は各岩相の境界はすべて断層であるが、上記の岩石が繰り返し表れる産状からみて、もともとは覆瓦構造をなすチャート-碎屑岩シーケンスからなる地層とメランジュがスラストを介し接していたものである可能性が高い. チャートからは三疊紀の放散虫が、赤褐色珪質頁岩からはジュラ紀中世前期の *Laxtorum* (?) *jurassicum* 帯とジュラ紀中世中期の *Tricolocapsa plicarum* 帯 (Matsuoka, 1995) の放散虫化石が得られている (Kojima et al., 1991; 脇田ほか, 1992). Natal'in and Zhabrev (1989) はメランジュの基質から白亜紀古世 (Early Hauterivian-Early Barremian) の放散虫が産出すると報告した. しかしその後、Zhabrev and Matsuoka (1999) は同じ地域の碎屑岩中の石灰質コンクリーションからジュラ紀新世 (Tithonian) の放散虫群集を発見し、前述の放散虫が示す白亜紀古世という地質年代は信頼性が低いとしている. また、ハバロフスク市北方の Vandan 山地の砂岩泥岩互層は Barremian-Albian の *Buchia* を産するという記述もある (Vrublevsky et al., 1988; Natal'in and Zhabrev, 1989).

以上のような岩相、地質年代、構造の特徴から見て、Khabarovsk 帯はジュラ紀付加コンプレックスであろう. その付加年代は、珪質頁岩と碎屑岩から産する放散虫から、ジュラ紀中世～新世であると考えられる.

Badzhal 帯

Badzhal 帯に関する情報はきわめて限られたものであり、その実状はよくわかっていない. Natal'in (1993) によれば、石炭紀～ペルム紀の紡錘虫を含む石灰岩、石炭紀～三疊紀のコノドントや中生代型の放散虫を含むチャートのブロックが、基質中にみられるという (基質の岩相は述べられていない). 基質の年代を示す証拠はないが、ジュラ紀～白亜紀古世と推定されている. このようなメランジュ以外に、三疊紀新世～ジュラ紀の大型化石を含む碎屑岩も分布する. 地質年代に関するデータが少ないのでその成因を断定するのは難しいが、本論では Natal'in (1993), Khanchuk and Panchenko (1997) に従い、ジュラ紀～

白亜紀古世の付加コンプレックスとしておく. また、Khabarovsk 帯は Badzhal 帯の一部であるとする見解もある (Zhabrev and Matsuoka, 1999).

Taukha 帯

Khanchuk et al. (1996) によれば、Taukha 帯の岩石は (1) Silinsky, (2) Gorbushinsky, (3) Ustinovsky の 3 つのコンプレックスに区分できる. Silinsky コンプレックスはジュラ紀新世の玄武岩と珪質岩からなり、白亜紀古世 (Berriasian-Valanginian) のタービダイトに覆われる. Gorbushinsky コンプレックスは三疊紀～ジュラ紀新世のチャート、ジュラ紀新世の珪質頁岩、Berriasian-Valanginian のタービダイトなどからなる (Kemkin et al., 1992; Kemkin, 1996; 亀高ほか, 1997). Ustinovsky コンプレックスはメランジュを主体とするユニットである. メランジュ中にはデボン紀～三疊紀の石灰岩、ペルム紀のチャートと玄武岩、三疊紀中世～新世の陸棚相碎屑岩、ジュラ紀新世のチャートなどのブロックが含まれる. 碎屑岩の地質年代は白亜紀古世 (Valanginian - early Barremian) である. 以上のように、Taukha 帯を構成する岩石は日本のジュラ紀付加コンプレックスとよく似た岩相組み合わせ・地質年代を持っているが、付加年代は白亜紀古世と考えられる.

3. 中国東北部

中国東北部の那丹哈達山地 (Fig. 4) には石炭紀～ペルム紀の石灰岩とそれに密接に伴う緑色岩、三疊紀～ジュラ紀にかけての層状チャートおよび珪質頁岩、砂岩などが分布する. 石灰岩からは Li et al. (1979), Han (1982, 1985) らにより石炭紀中期～ペルム紀前期の紡錘虫、石炭紀の珊瑚などの化石が報告されている. Mizutani et al. (1986), Kojima and Mizutani (1987) は層状チャートから三疊紀中世～新世の、珪質頁岩からジュラ紀中世の放散虫化石をそれぞれ記載した. また、Wang et al. (1986) は層状チャートから三疊紀新世のコノドント化石を報告している. さらに Yang and Mizutani (1991) はチャートおよび珪質泥岩から三疊紀新世～ジュラ紀古世の放散虫を記載した. 古生代後期の石灰岩や緑色岩、三疊紀のチャートは頁岩中にブロックとして産し、これらは典型的な block-in-matrix 組織を示す. 以上のような古生物学的データと野外の観察に基づき、Kojima (1989) や Mizutani and Kojima (1992) は那丹哈達山地の地質体はジュラ紀の付加コンプレックスであることを示した. この結論は、その後の構造地質学的、古生物学的、岩石学的、古地磁気学的な総合研究の結果 (Shao et al., 1995) によっても支持されている.

4. フィリピン

フィリピン諸島のパラワン島北部、カラミヤン諸島、ミンドロ島南西部などからなる北パラワンブロック (Hashimoto and Sato, 1973) にはチャート、石灰岩、礫岩、砂岩、頁岩と少量の緑色岩からなる堆積岩コンプレックスが分布

している (Isozaki et al., 1988; Tumanda et al., 1996 など). これらの岩石の層序・構造については不明な点が多いが, Isozaki et al. (1988), Faure and Ishida (1990) らが記述しているように, さまざまな地質年代を示すチャートが不規則に分布すること, 野外で block-in-matrix 組織を呈する岩相が見られることなどから, 付加コンプレックスであると考えられる.

地質年代決定に有効な化石としては, 石灰岩からペルム紀中世～新世の紡錘虫化石 (Amiscaray, 1987) や三疊紀中世～ジュラ紀新世の有孔虫・メガロドン・コノドン・サンゴ・藻類などの化石が報告されている (Isozaki et al., 1988). チャートからは主としてペルム紀中世～ジュラ紀の放散虫が記載されている (Isozaki et al., 1988; Cheng, 1989, 1992; Tumanda et al., 1990, 1996; Yeh and Cheng, 1996 など). 頁岩からは Faure and Ishida (1990), Tumanda et al. (1996) らによりジュラ紀中世後期～ジュラ紀新世前期の放散虫が多くの地点から見いだされている. Isozaki et al. (1988) や Cheng (1992) は, わずか 1 地点ではあるがジュラ紀新世最後期の放散虫がチャートから得られたことをもとに, 碎屑岩の地質年代やメランジュの形成時期を白亜紀と考えた. しかし, 上述のようにその後多くの地点の碎屑岩からジュラ紀中世後期～ジュラ紀新世前期の放散虫が報告されているので, 北パラワンブロックの付加コンプレックス形成年代はジュラ紀中世～ジュラ紀新世と考えられる.

5. 他の東南アジア地域

東南アジアは環太平洋造山帯とアルプス-ヒマラヤ造山帯の接合部にあたり, 世界で最も地質が複雑な地域の一つである. 多くの大陸・島弧起源のテレーンが縫合帯 (suture zone) を介して接している (例えば Sengor, 1984; Hutchison, 1989; Metcalfe, 1996). テレーンとテレーンの間には多くの場合海洋が存在したであろうから, その海洋がどちらかの, あるいは両方のテレーンの下に沈み込む際には付加コンプレックスが形成された可能性がある. 縫合帯にはそのような付加コンプレックスの断片が取り残されていることも多い. したがって, フィリピンの北パラワンブロック以外にもジュラ紀付加コンプレックスが分布する可能性は高い. 東南アジア西部のアルプス-ヒマラヤ造山帯に属する地域については, 本論の主たるテーマから外れるのでここでは詳しく取り上げないが, インドシナ地域の縫合帯を概観してみると, 層状チャートなどの深海性岩石の大部分は古生界ないし三疊系で (例えば Sashida et al., 1993; Hada et al., 1994; Spiller, 1996), それらはジュラ紀の赤色砂岩に覆われている. つまり各テレーンの衝突や付加作用は, 主としてペルム紀末から三疊紀のいわゆるインドシナ造山時におこっており, ジュラ紀付加コンプレックスはほとんどみられない. 一方, Metcalfe (1996) によれば, ジュラ紀のインドシナ地域には Meso-Tethys 海が広がり, Sibumasu 帯の南西縁では海洋プレートの活発な沈み込みがおこっていたはずである.

その根拠となる地質体としてスマトラ島, バリサン山脈の縫合帯がある. Hutchison (1989) によれば, この地帯には, 石灰岩と放散虫層状チャートからなり, 上位の砂岩泥岩互層に漸移する, Kuala 層と呼ばれる地層が分布する. この地層はチャート-碎屑岩シーケンスを構成していると考えられるが, チャートの地質年代については記載がない. しかし泥岩層からは *Halobia* などの三疊紀の化石が報告されているので, 仮にこの地層が付加コンプレックスであってもその付加年代は三疊紀あるいはそれ以前であろう. また, この縫合帯にそって, Wayla 層群と呼ばれ塩基性～中性火山岩, 石灰岩, 放散虫層状チャートなどから成る地層が分布するが, 石灰岩・チャートの地質年代はジュラ紀新世～白亜紀古世であり (Hutchison, 1989), ジュラ紀付加コンプレックスとは考えにくい. 以上のように, スマトラ島の地質を見る限り, ジュラ紀付加コンプレックスは分布せず, ジュラ紀に Sibumasu 帯の南西縁で海洋プレートの沈み込みがあった証拠はなさそうである.

一方, 目をインドネシア東部の島々に転じて, そこに分布するメランジュの大部分は白亜紀のものであり (Wakita et al., 1996), 含まれるチャートブロックの地質年代も白亜紀である (Okamoto et al., 1994; Wakita et al., 1994, 1996). ただ, ボルネオ島中央部にはジュラ紀放散虫を含むジャスパー, チャート, 輝緑凝灰岩などが分布することが古くから知られており (Hinde, 1902), その産状の記載からメランジュを形成していることが推定される. その西方への延長と思われるメランジュが, ボルネオ島のマレーシア領サラワク西端部に分布している (Hamilton, 1979). このメランジュは緑色岩・グレイワッケ・超塩基性岩・ジュラ紀あるいは白亜紀の放散虫を含むチャートなどのブロックを含む剪断を受けた頁岩からなり, 後期白亜紀の石英モンゾニ岩による接触変成作用を受けている. これらのメランジュの形成年代は明らかではないが, 最近の見解 (Williams et al., 1988; Hutchison, 1989, 1996) によれば白亜紀と考えた方がよさそうである.

ま と め

本論では東アジア東縁に分布する付加コンプレックスのうち, 付加年代がジュラ紀 (一部白亜紀古世にかかる) のものに焦点を絞り, その岩相組み合わせ・産出化石・地質年代・構造などをレビューした. その結果, すでに Isozaki (1997) により簡単に述べられていたが, 最北端のコリャク高地にもジュラ紀付加コンプレックスである可能性のある地質体が分布し, 南はフィリピンにまで及ぶことが明らかになった. これらのジュラ紀付加コンプレックスには共通して, (1) 古生代後期の石灰岩・緑色岩複合岩体と, (2) 三疊紀を主体としペルム紀からジュラ紀にわたる放散虫層状チャートが含まれている. このことはジュラ紀付加コンプレックスを形成する際に沈み込んでいた海洋プレートが, 共通した地質学的特徴, 換言すれば海洋プレート層序を持っていたことを意味する. この海洋プレ-

トの沈み込みあるいは海洋性岩石の付加の年代は、チャートを覆う砕屑岩の地質年代やメランジュの基質の地質年代で示される。本報告で取り上げた地域は総延長8,000kmにもおよぶが、その付加年代はジュラ紀～白亜紀古世に集中している。古生代後期からジュラ紀にかけての長い歴史をもった海洋プレートが、ごく短期間の間に大陸プレートの下に沈み込み、付加コンプレックスが形成されたのである。

一方、逆の見方をすれば、この海洋プレートの沈み込みの年代はジュラ紀～白亜紀古世という幅を持っている。このことは、この海洋プレートの沈み込み年代が場所によってある程度のばらつきを持っていることを示している。海洋プレートが沈み込めば必ず付加コンプレックスが形成されるわけでもなく、形成された付加コンプレックスすべてが現在まで保存されるわけでもない。しかし、「はじめに」の章で述べたように、我々は現存する地質体に基づいて過去の地質現象が解明可能という立場に立って解析を進めている。この立場に立つのであれば、現在分布する場所に応じて付加コンプレックスの付加年代がばらつくという情報を使って、海洋プレートの沈み込みの歴史を空間的に復元することが可能である。しかし、それを東アジアの発達史の中で考えるためには、新生代の日本海や南シナ海などの縁海の開口、後期白亜紀以降のアジア大陸東縁での横ずれ断層の活動などの影響を取り除く必要がある。現状では、日本海開口以前の日本列島の姿についてはさまざまな見解がある（新妻ほか, 1985; Kojima, 1989; 山北, 1998）。また、日本のジュラ紀付加コンプレックスは丹波-美濃-足尾帯と秩父帯というように2列構造を成し、同様な構造はシホテアリン山地で Samarka 帯と Taukha 帯の並列として認められる。この2列構造の形成機構についても百家争鳴の状態である（磯崎・丸山, 1991; 山北, 1998; 高木, 1998; 八尾, 1998など）。このような状況では、上記の付加年代のばらつきという空間情報をもとにしたプレート運動の議論は時期尚早であろう。今後は、以上のような問題の解明と、日本で行われてきた付加コンプレックス研究と同様な手法・精度で諸外国の付加コンプレックス研究が行われることが期待される。

謝 辞

日本福祉大学の水谷伸治郎教授には東アジアの付加コンプレックス研究のきっかけを与えていただき、その後もさまざまな形で御指導いただいた。地質調査所の脇田浩二博士には東アジアの地質について日頃から御議論いただいている。南京大学の郭 令智、施 央申、張 慶龍博士、北京大学の邵 濟安博士、ロシア科学アカデミー、ハバロフスク地質学地球物理学研究所の B. A. Natal'in 博士、ウラジオストク極東地質研究所の A. I. Khanchuk, I. V. Kemkin 博士、ウラジオストク地質調査所の S. V. Koval'enko 博士、宮崎大学の山北 聡助教授、富山大学の大藤 茂助教授、東北大学大学院の永広昌之助教授、千葉大学の伊藤谷生教授、名古屋大学の安藤暁史氏には東ア

ジアの付加コンプレックス調査の際にお世話になった。さらに、上述の脇田浩二博士、大藤 茂助教授、および地質調査所の木村克己博士には粗稿を査読いただき、多数の有益なご助言を頂いた。以上の方々に深く感謝する。

文 献

- Abbate, E., Bortolotti, V. and Passerini, P., 1970, Olistostromes and olistoliths. *Sed. Geol.*, **4**, 521-557.
- Amiscaray, E. A., 1987, Permian fusulinids and other microfossils from northwestern Palawan. *Report No.2 of the IGCP Project 224: Pre-Jurassic Evolution of Eastern Asia*, 85-104.
- Aoki, Y., Tamano, T. and Kato, S., 1982, Detailed structure of the Nankai Trough from migrated seismic sections. In Watkins, J. S. and Drake, C. L., eds., *Studies in continental margin geology*, Mem. Amer. Assoc. Petrol. Geol., no.34, 309-322.
- Barber, A. J., Tjokrosapoetro, S. and Cherlton, T. R., 1986, Mud volcanoes, shale diapirs, wrench faults, and melanges in accretionary complexes, eastern Indonesia. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, **70**, 1729-1741.
- Brown, K. M., Mascle, A. and Behrmann, J. H., 1990, Mechanisms of accretion and subsequent thickening in the Barbados Ridge accretionary complex; balanced cross sections across the wedge toe. In Moore, J. C., Mascle, A. et al., eds., *Proc. Ocean Drill. Prog., Sci. Res.*, **110**, 209-227.
- Cheng, Y. N., 1989, Upper Paleozoic and Lower Mesozoic radiolarian assemblages from the Busuanga Islands, North Palawan block, Philippines. *Bull. National Mus. Natural Sci., Taiwan*, no.1, 129-175.
- Cheng, Y. N., 1992, Upper Jurassic Pantanelliidae (Pantanelliinae Pessagno, 1977 and Vallupinae Pessagno and MacLead, 1987) from the Busuanga Island, Philippines. *Bull. National Mus. Natural Sci., Taiwan*, no.3, 1-49.
- Cowan, D. S., 1985a, The origin of some common types of melange in the western Cordillera of North America. In Nasu, N., Uyeda, S., Kushiro, I., Kobayashi, K. and Kagami, H., eds., *Formation of active ocean margins*, Terra Sci. Pub. Co., Tokyo, 257-272.
- Cowan, D. S., 1985b, Structural styles in Mesozoic and Cenozoic melanges in the western Cordillera of North America. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **96**, 451-462.
- Faure, M. and Ishida, K., 1990, The mid-Upper Jurassic olistostrome of the west Philippines - A distinctive daymarker for the North Palawan Block. *Jour. Southeast Asian Earth Sci.*, **4**, 60-67.
- Golozubov, V. V. and Melnikov, N. G., 1986, *Tectonics of South Sikhote-Alin geosynclinal complexes*. Far East. Geol. Inst., USSR Acad. Sci., Vladivostok, 128p. (R)
- Hada, S., Bupopas, S., Thitisawan, V. and Salyapongse, S., 1994, Accretion tectonics in Thailand along the Nan-Uttaradit suture zone. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, **78**, 1143.
- Hamilton, W., 1979, Tectonics of the Indonesian region. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper*, **1078**, 345p.
- Han, J. X., 1982, Middle and Upper Carboniferous fusulinids from the Nadanhada Range, Heilongjiang Province. *Acta Palaeontol. Sinica*, **21**, 315-321. (CE)
- Han, J. X., 1985, Early Permian fusulinids of the Nadanhada Range. *Acta Palaeontol. Sinica*, **24**, 680-687. (CE)
- Hashimoto, W. and Sato, T., 1973, Geologic structure of North Palawan and its bearing on the geological history of the Philippines. In Kobayashi, T. et al., eds., *Geology and palaeontology of Southeast Asia*, **13**, 145-161.

- Hinde, G.J., 1902, Description of fossil Radiolaria from the rocks of central Borneo, obtained by Prof. Dr. G. A. F. Molengraaff in the Dutch Exploring Expedition of 1893-94. In Molengraaff, G. A. F., *Appendix I of Geological Explorations in central Borneo (1893-94)*, Soc. Prom. Sci. Explor. Dutch Colonies, 56p.
- Hsu, K.J., 1968, The principles of melanges and their bearing on the Franciscan-Knoxville paradox. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **79**, 1063-1074.
- Hutchison, C.S., 1989, *Geological evolution of South-east Asia*. Clarendon Press, Oxford, 368p.
- Hutchison, C.S., 1996, The "Rajang accretionary prism" and "Lupar Line" problem of Borneo. In Hall, R. and Blundell, D., eds., *Tectonic evolution of Southeast Asia*, Geol. Soc. Spec. Pub., no.106, 247-261.
- Isozaki, Y., 1997, Jurassic accretion tectonics of Japan. *The Island Arc*, **6**, 25-51.
- Isozaki, Y., Amisicaray, E. A. and Rillon, A., 1988, Permian, Triassic and Jurassic bedded radiolarian cherts in North Palawan Block, Philippines: Evidence of Late Mesozoic subduction-accretion. *Report No.2 of the IGCP Project 224: Pre-Jurassic Evolution of Eastern Asia*, 99-115.
- 磯崎行雄・丸山茂徳, 1991, 日本におけるプレート造山論の歴史と日本列島の新しい地体構造区分. 地学雑誌, **100**, 697-761.
- 亀高正男・小嶋 智・Kemkin, I. V., 1997, 極東ロシア, タウハテレーンから産出した中生代放射虫化石. 大阪微化石研究会誌, 特別号, no.10, 143-154.
- Kemkin, I. V., 1996, New data on the geology and age of the Koreyskaya River area (south Sikhote-Alin). *The Island Arc*, **5**, 130-139.
- Kemkin, I. V. and Khanchuk, A. I., 1994, Jurassic accretionary prism in the southern Sikhote Alin. *Geol. Pacific Ocean*, **10**, 831-846.
- Kemkin, I. V., Rudenko, V. S. and Kojima, S., 1992, Early Cretaceous radiolarians from the Chernaya River area, southern Sikhote-Alin. *Bull. Nagoya Univ. Furukawa Museum*, no.8, 27-35.
- Khanchuk, A. I. and Panchenko, I. V., 1997, Permian and Triassic rocks in terranes of the southern Far East Russia. In Baud, A., Popova, I., Dickins, J. M., Lucas, S. and Zakharov, Y. eds., *Late Paleozoic and Early Mesozoic circum-Pacific events: biostratigraphy, tectonic and ore deposits of Primorye (Far East Russia)*. Mem. Geol. (Lausanne), no.30, 1-4.
- Khanchuk, A. I., Ratkin, V. V., Ryazantseva, M. D., Golozubov, V. V. and Gonokhova, N. G., 1996, *Geology and mineral deposits of Promorsky Krai (Territory)*. Far East. Geol. Inst., Russian Acad. Sci., Vladivostok, 61p.
- Kimura, K. and Hori, R., 1993, Offscraping accretion of Jurassic chert-clastic complexes in the Mino-Tamba Belt, central Japan. *Jour. Struct. Geol.*, **15**, 145-161.
- Kojima, S., 1989, Mesozoic terrane accretion in Northeast China, Sikhote-Alin and Japan regions. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **69**, 213-232.
- Kojima, S. and Mizutani, S., 1987, Triassic and Jurassic Radiolaria from the Nadanhada Range, Northeast China. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, N. S., no.148, 256-275.
- Kojima, S., Wakita, K., Okamura, Y., Natal'in, B. A., Zyabrev, S. V., Zhang, Q. L. and Shao, J. A., 1991, Mesozoic radiolarians from the Khabarovsk complex, eastern USSR: their significance in relation to the Mino terrane, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **97**, 549-551.
- Li, W. K., Han, J. X., Zhang, S. X. and Meng, F. Y., 1979, The main characteristics of the Upper Palaeozoic stratigraphy at the North Nadanhada Range, Heilongjiang Province, China. *Bull. Chin. Acad. Geol. Sci.*, **1**, 104-120. (CE)
- Maruyama, S., Isozaki, Y., Kimura, G. and Terabayashi, M., 1997, Paleogeographic maps of the Japanese Islands: Plate tectonic synthesis from 750 Ma to the present. *The Island Arc*, **6**, 121-142.
- Matsuoka, A., 1995, Jurassic and Lower Cretaceous radiolarian zonation in Japan and in the western Pacific. *The Island Arc*, **4**, 140-153.
- Mazarovich, A. O., 1981, Tectonics of the southern part of Sikhote-Alin'. *Geotectonics*, **15**, 433-442.
- Metcalfe, I., 1996, Pre-Cretaceous evolution of SE Asian terranes. In Hall, R. and Blundell, D., eds., *Tectonic evolution of Southeast Asia*, Geol. Soc. Spec. Pub., no.106, 97-122.
- 水谷伸治郎, 1979, カナディアンロッキーの衝上断層群. 岩波講座地球科学 9, 地質構造の形成, 岩波書店, 東京, 57-69.
- Mizutani, S. and Kojima, S., 1992, Mesozoic radiolarian biostratigraphy of Japan and collage tectonics along the eastern continental margin of Asia. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **96**, 3-22.
- Mizutani, S., Kojima, S., Shao, J. A. and Zhang, Q. L., 1986, Mesozoic radiolarians from the Nadanhada area, Northeast China. *Proc. Japan Acad., Ser. B*, **62**, 337-340.
- Natal'in, B., 1993, History and modes of Mesozoic accretion in southeastern Russia. *The Island Arc*, **2**, 15-34.
- Natal'in, B. A. and Zyabrev, S. V., 1989, *Structure of Mesozoic rocks of the Amur River Valley. International symposium on tectonics, energy and mineral resources of North-west Pacific, field trip guidebook*. Inst. Tect. Geophys., USSR Acad. Sci., Khabarovsk, 48p.
- 新妻信明・平 朝彦・斎藤靖二, 1985, 日本海拡大前の日本列島. 科学, **55**, 744-747.
- Nokleberg, W. J., Parfenov, L. M., Monger, J. W. H., Baranov, B. V., Byalobzhesky, S. G., Bundtzen, T. K., Feeney, T. D., Fujita, K., Gordey, S. P., Grantz, A., Khan chuk, A. I., Natal'in, B. A., Natapov, L. M., Norton, I. O., Patton, W. W., Jr., Plafker, G., Scholl, D. W., Sokolov, S. D., Sosunov, G. M., Stone, D. B., Tabor, R. W., Tsukanov, N. V. and Vallier, T. L., 1997, Summary Circum-North Pacific tectonostratigraphic terrane map. *U. S. Geol. Surv., Open-File Report*, 96-727, scale 1 : 10,000,000.
- Nokleberg, W. J., Parfenov, L. M., Monger, J. W. H., Baranov, B. V., Byalobzhesky, S. G., Bundtzen, T. K., Feeney, T. D., Fujita, K., Gordey, S. P., Grantz, A., Khan chuk, A. I., Natal'in, B. A., Natapov, L. M., Norton, I. O., Patton, W. W., Jr., Plafker, G., Scholl, D. W., Sokolov, S. D., Sosunov, G. M., Stone, D. B., Tabor, R. W., Tsukanov, N. V., Vallier, T. L. and Wakita, K., 1994, Circum-North Pacific tectonostratigraphic terrane map. *U. S. Geol. Surv., Open-File Report*, 94-714, 221pp.
- Okamoto, S., Kojima, S., Suparka, S. and Spriyanto, J., 1994, Campanian (upper Cretaceous) radiolarians from a shale clast in the Paleogene of central Java, Indonesia. *Jour. Southeast Asian Earth Sci.*, **9**, 45-50.
- Parfenov, L. M., Natapov, L. M., Sokolov, S. D. and Tsukanov, N. V., 1993, Terrane analysis and accretion in North-East Asia. *The Island Arc*, **2**, 35-54.
- Raymond, L. A., 1984, Classification of melanges. In Raymond, L. A., ed., *Melanges: their nature, origin, and significance*. Geol. Soc. Amer., Spec. Pap., no.198, 7-20.
- Sashida, K., Igo, H., Hisada, K., Nakornsri, N. and Ampornmaha, A., 1993, Occurrence of Paleozoic and Early Mesozoic Radiolaria in Thailand (preliminary report). *Jour. Southeast Asian Earth Sci.*, **8**, 97-108.
- Sengor, A. M. C., 1984, *The Cimmeride orogenic system and the tectonics of Eurasia*. Geol. Soc. Amer., Spec. Pap.,

- no.195, 82p.
- Shao, J. A., Tang, K. D., et al., 1995, *Terranes in Northeast China and evolution of Northeast Asia continental margin*. Sci. Pub. House, Beijing, 185p. (C)
- Spiller, F. C. P., 1996, Late Paleozoic radiolarians from the Bentong-Raub suture zone, Peninsular Malaysia. *The Island Arc*, **5**, 91-103.
- 高木秀雄, 1998, 古領家帯の復元. 地学団体研究会第52回総会 (山陰) シンポジウム・ポスター要旨集, 101-104.
- Tumanda, F. M., Sashida, K. and Igo, H., 1996, Some Jurassic radiolarians from Busuanga Island, Calamian Island Group, Palawan, Philippines. In Noda, H. and Sashida, K., eds., *Professor Hisayoshi Igo Commemorative Volume on Geology and Paleontology of Japan and Southeast Asia*, 165-192.
- Tumanda, F. P., Sato, T. and Sashida, K., 1990, Preliminary Late Permian radiolarian biostratigraphy of Busuanga Island, Palawan, Philippines. *Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, no.16, 39-45.
- Vishnevskaya, V., 1992, Significance of Mesozoic radiolarians for tectonostratigraphy in Pacific rim terranes of the former USSR. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, **96**, 23-39.
- Vishnevskaya, V., 1996, Tectonic reorganizations and radiolarian assemblages of the northwest Pacific continental framing of Russia. *The Island Arc*, **5**, 123-129.
- Vishnevskaya, V. and Filatova, N., 1994, Mesozoic terranes of the northwest Pacific continental margin (Russia): Radiolarian ages and sedimentary environments. *The Island Arc*, **3**, 199-220.
- Vrublevsky, A. A., Mel'nikov, N. G., Golozubov, B. G., Shevelev, E. K., Yushmanov, Y. P. and Izosov, L. A., 1988, *Mixtite in Sikhote-Alin fold belt*. Inst. Tect. Geophys., USSR Acad. Sci., Vladivostok, 111p. (R)
- Wakita, K., 1988, Origin of chaotically mixed rock bodies in the Early Jurassic to Early Cretaceous sedimentary complex of the Mino terrane, central Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **39**, 675-757.
- 脇田浩二・小嶋 智・岡村行信・Natal'in, B. A.・Zyabrev, S. V., 1992, ロシア極東地方ハバロフスクコンプレックスから産出した三畳紀・ジュラ紀放散虫化石. 大阪微化石研究会誌, 特別号, no.8, 9-19.
- Wakita, K., Munasri, and Bambang, W., 1994, Cretaceous radiolarians from the Luk-Ulo melange complex in the Karangsambung area, central Java, Indonesia. *Jour. Southeast Asian Earth Sci.*, **9**, 29-43.
- Wakita, K., Sopaheluwakan, J., Miyazaki, K., Zulkarnain, I. and Munasri, 1996, Tectonic evolution of the Bantimala Complex, South Sulawesi, Indonesia. In Hall, R. and Blundell, D., eds., *Tectonic evolution of Southeast Asia*, Geol. Soc. Spec. Pub., no.106, 353-364.
- Wang, C. Y., Kang, B. X. and Zhang, H. R., 1986, A discovery of Triassic conodonts in the Nandan Range and geological significance. In CPPTNC Editorial Committee, eds., *Contributions to the Project of Plate Tectonics in Northern China*, no.1, Geol. Pub. House, Beijing, 109-214. (CE)
- Williams, P. R., Johnston, C. R., Almond, R. A. and Simamora, W. H., 1988, Late Cretaceous to Early Tertiary structural elements of West Kalimantan. *Tectonophysics*, **148**, 279-297.
- 山北 聡, 1998, 日本列島-シホテアリンの白亜紀左横すべり断層系の復元. 地震研究所シンポジウム, 日本列島の地質大構造と地震テクトニクス講演要旨集, 34-37.
- Yang, Q. and Mizutani, S., 1991, Radiolaria from the Nandan-hada Terrane, Northeast China. *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **38**, 49-78.
- 八尾 昭, 1998, 中・古生代テクトニクスからみた東アジアにおける西南日本の位置づけ. 地学団体研究会第52回総会 (山陰) シンポジウム・ポスター要旨集, 122-125.
- Yao, A., Matsuda, T. and Isozaki, Y., 1980, Triassic and Jurassic radiolarians from the Inuyama area, central Japan. *Jour. Geosci., Osaka City Univ.*, **23**, 135-154.
- Yeh, K. Y. and Cheng, Y. N., 1996, Jurassic radiolarians from the northwest coast of Busuanga Island, North Palawan Block, Philippines. *Microfaleontology*, **42**, 93-124.
- Zyabrev, S. V., 1996, Cretaceous radiolarian fauna from the Kiselyovsky subterranean, the youngest accretionary complex of the Russian continental far east: Paleotectonic and paleogeographic implications. *The Island Arc*, **5**, 140-155.
- Zyabrev, S. and Matsuoka, A., 1999, Late Jurassic (Tithonian) radiolarians from a clastic unit of the Khabarovsk complex (Russian Far East): Significance for subduction accretion timing and terrane correlation. *The Island Arc*, **8**, 30-37.
- C: in Chinese
CE: in Chinese with English abstract
R: in Russian

(要 旨)

小嶋 智・亀高正男, 2000, 東アジアのジュラ紀付加コンプレックス. 地質学論集, 第55号, 61-72. (Kojima, S., Kametaka, M., 2000, Jurassic accretionary complexes in East Asia. *Mem. Geol. Soc. Japan*, no.55, 61-72.)

アジア-太平洋地域の地質構造発達史を復元するための基礎的な情報を提供するために, アジア大陸東縁に沿って分布するジュラ紀付加コンプレックスの岩相組合せ, 年代, 構造をレビューした. その結果, 北東端のコリャク高地から南は東南アジア, フィリピンに至る地域に, 途中で途切れながらも延々とジュラ紀付加体が分布することがわかった. これら付加体には, 共通して, 古生代後期の石灰岩-緑色岩複合岩体とペルム紀-ジュラ紀の放散虫層状チャートが含まれる. これらの岩石はジュラ紀にユーラシア大陸縁辺部に沈み込んでいた海洋プレートの特徴 (海洋プレート層序) を示している. チャートを覆う碎屑岩の年代やメランジュの基質の年代で示される沈み込みあるいは付加の年代は, ジュラ紀中世-白亜紀古世とばらつきがあり, それは沈み込み・付加年代にある程度の空間的な差異があったことを示している.