

東アジアの 250 Ma 大陸衝突帯と日本

— 八重山プロモントリー説再考 —

石 渡 明* 辻 森 樹**

Japan and the 250 Ma Continental Collision Belt in East Asia: Yaeyama Promontory Hypothesis Revisited

Akira ISHIWATARI* and Tatsuki TSUJIMORI**

Abstract

Maruyama *et al.* (2011) noted; “Some researchers insist that the Dabie-Su Lu metamorphic belt, which was formed by the North China-South China collision, and the Sangun metamorphic belt of Japan were generated along the same trench, based on their similar radiometric ages (Ishiwatari and Tsujimori, 2003; Ernst *et al.*, 2007). This idea is completely wrong.” Omori and Isozaki (2011) also criticized these papers as “a synthesis that misleads to cause confusion” and “a strange paleogeographic reconstruction” using the same logic. These criticisms are based on the idea that the continental collision-type (A-type) and oceanic subduction-type (B-type; also called Cordilleran-type or Pacific-type) orogenic belts are different and exclusive of each other. However, it is evident that both A- and B-type processes took place simultaneously along each of the Appalachian-Caledonian and Hercynian belts (Maruyama *et al.*, 1996), and the Himalayan continental collision and Indonesian oceanic subduction are currently occurring along the same plate boundary. We provide an objective discussion to counter those criticisms, and point out some discrepancies in the large-scale superficial nappe model of Omori and Isozaki (2011) for the geology of Korea. We believe that our “Yaeyama promontory” hypothesis has inspired constructive international discussions about the configuration of the Earliest Mesozoic collision belt in East Asia, and we think our sinuous configuration model still persists.

Key words : continental collision belt in China, geology of Korean Peninsula, Yaeyama promontory hypothesis, subduction-accretion in Japan, superficial nappe model

キーワード : 中国の大陸衝突帯, 朝鮮半島の地質, 八重山プロモントリー説, 日本の沈み込み付加体, 表層ナップ説

* 東北大学東北アジア研究センター

** 岡山大学地球物質科学研究センター

* Center for Northeast Asian Studies, Tohoku University, Sendai, 980-8576 Japan

** Institute for Study of the Earth's Interior, Okayama University, Misasa, 682-0193 Japan

I. はじめに

丸山ほか (2011) は、磯崎・丸山 (1991) 以来 20 年間にわたって提唱してきた「太平洋型造山帯」について、最近の知見を加えて更新したモデルを提唱している。そのなかで、他の研究者のいくつかのモデルを断定的に否定している。例えば、A 型と B 型の造山帯はまったく異なるものであるということを根拠として、「〈日本の〉三郡変成帯 (B 型) を放射性同位体年代が似ているという理由で中国の北中国-南中国との衝突によってできた Dabie-Su Lu 変成帯 (A 型) と比較し、同じ海溝で生じたと主張する研究者がいるが (Ishiwatari and Tsujimori, 2003; Ernst *et al.*, 2007), 完全な間違いである」(p. 205) と言っている。そして大森・磯崎 (2011) も、「Ishiwatari and Tsujimori (2003) および Ernst *et al.* (2007) は、これら〈日本と中国〉の二つの対照的な変成帯がほぼ同年代であることを強調し、これらをもともと一連のプレート収束帯産物であると説明した。しかし、このような混同に導かれるまとめや奇妙な古地理復元は、いずれも現実的でない」と判断される」(p. 46) と述べている。この批判は、その時代の日本付近に「南北中国地塊間の大陸衝突帯とは独立した海洋プレートが沈み込む収束境界が発達していたと考えられる」ことと、「日本のこの時代の広域変成帯が太平洋型 (B 型) である」ことを根拠にしている。上の丸山ほか論文と同じ論理であるが、独立した海洋プレートだったことの証明は述べられていない。

小論では、石渡・辻森 (2001) や Ishiwatari and Tsujimori (2003) が提唱した八重山プロモントリー説 (図 1a) に対する上記両論文の批判が的を射ているか否か、大森・磯崎 (2011) が提案する「中朝地塊大ナップ説」が朝鮮半島の地質データからみて現実的か否かを議論し、これらに関連して最近注目されている豆満江沿いの延吉帯の地質についても吟味して、発表から約 10 年後の現時点において八重山プロモントリー説の妥当性を再検討する。なお、小論は、執筆時点で本誌に「討論」のジャンルがなかったため、「論説

の体裁になっている。最近投稿規定が変わり、小論は討論として掲載されることになった。

II. 八重山プロモントリー説

プロモントリー (promontory) というのはリエントラント (reentrant) の対語で、うねって続く造山帯の凸出部をいう。2つの大陸が衝突してできた造山帯の場合、一方の大陸からみたプロモントリーは他方からみればリエントラント (凹入部) であり、八重山プロモントリーは、大別山地域とともに北中国地塊の南への凸出部である (蘇魯地域が凹入部, 図 1a)。われわれの説の要点は、朝鮮半島全体が北中国地塊に属し、北中国と南中国の大陸衝突によって形成された秦嶺・大別・蘇魯造山帯は朝鮮半島には続かず、黄海で南へ大きく曲がって八重山諸島に達し、そこから海洋プレートの沈み込み帯に変化して日本列島に続くという考えである。現在の地球上にもプレート境界が入り組んでいる地域は複数存在し (地中海地域, ヒマラヤの両端部, インドネシア東部, スコーシア海など), このような凹凸の激しい境界を考えること自体に不都合はない (石渡・辻森, 2001; 図 11)。

八重山プロモントリー説のおもな根拠は中国と朝鮮の古生界の層序と変成岩の分布・性質・年代である (Ishiwatari and Tsujimori, 2003)。一世紀前からよく知られているように、朝鮮半島の南北両地域の古生界には、共通してオルドビス系と上部石炭系の間大きな不整合 (大欠層) があり、これは北中国地塊の層序に一致する。一方、南中国地塊では大欠層がなく、シルル・デボン系がよく発達しているが、朝鮮半島にそのような層序を示す場所はない。

大別・蘇魯超高压変成帯の放射年代は 200–250 Ma に集中し、衝突型造山運動の最盛期は古生代・中生代境界の 250 Ma 前後と考えられている。日本列島にはこの年代よりやや古い蓮華変成岩 (280–320 Ma) とやや新しい周防変成岩 (150–250 Ma) が分布し (あわせて三郡変成岩ともいう), その北方延長は沿海州のシャイギンスキー変成岩 (250 Ma) に求めることができる。

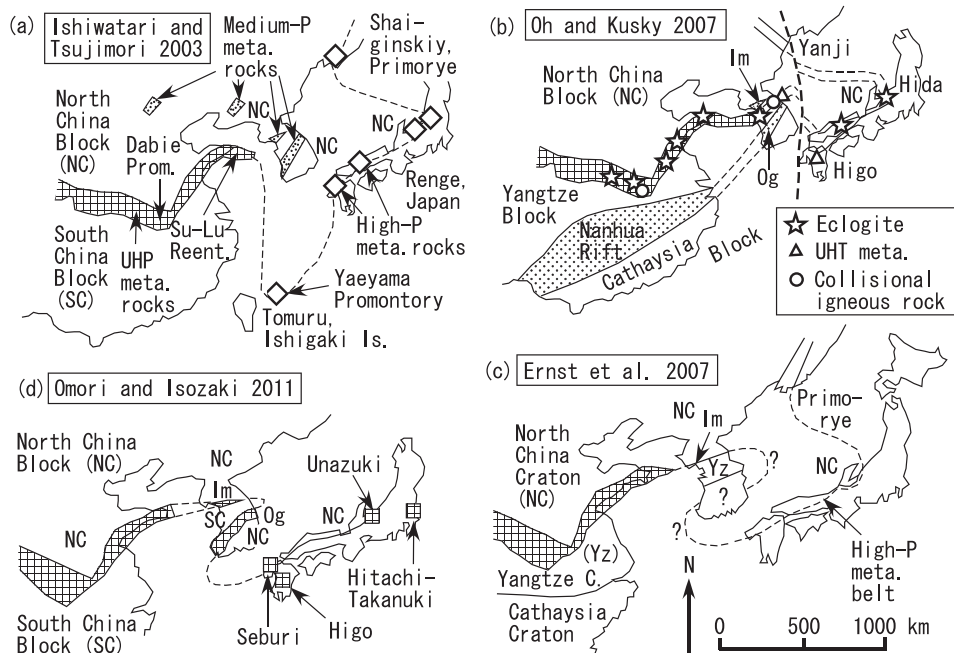


図 1 東アジアの古生代末造山帯の延長に関する最近の諸説。発表年順、時計回りに、(a) Ishiwatari and Tsujimori (2003) の八重山凸出部 (promontory) 説 (他の図にあわせ、日本列島は現位置に置く)。朝鮮半島はすべて北中国地塊に属し、大別凸出部 (promontory) から蘇魯凹入部 (reentrant) へ蛇行する超高压 (UHP) 変成帯を含む衝突帯の東方延長は、朝鮮半島を大きく南へ迂回し、石垣島の 240 Ma 高压変成岩として現れ、そこから海洋プレートの沈み込み帯に転化して日本列島、ロシア沿海州へと続く。朝鮮半島内の臨津江 (Im)・沃川 (Og) 帯是北京西山の房山変成帯などと同様の大陸内中圧型変成帯と解釈。(b) Oh and Kusky (2007) の延吉説。大別-蘇魯帯は朝鮮半島の京畿地塊 (洪城-五台山帯) に続き、さらに日本、北朝鮮を経て中国東北部の延吉帯に続く。高压・超高压のエクロジャイトだけでなく、超高温 (UHT) 変成岩や衝突帯特有の深成岩 (マンゲライト) を含めて延長を考える。この説では沃川帯は南中国の南華リフト帯の、そしてその南の嶺南地塊は華夏 (カタイシア) 地塊の延長とされる。(c) Ernst *et al.* (2007) による折衷説。Ishiwatari and Tsujimori 説と Oh and Kusky 説の穏当な部分を組み合わせたもの。京畿地塊は南中国の揚子地塊の延長とし、八重山諸島石垣島の高压変成岩は無視し、朝鮮半島の沃川帯以南の帰属は不明とする。(d) 大森・磯崎 (2011) の華北 (中朝) 地塊大ナップ説。大別-蘇魯帯と華北地塊は、朝鮮半島や日本においては南中国地塊を覆う大規模なナップをなすという考え。しかし、この考えは沃川帯周辺における地質学的関係と矛盾する (本文参照)。日本の超高温変成岩や中圧型変成岩はこの衝突帯の断片と考える。なお、1990年代の諸説と Ishiwatari and Tsujimori 説の同様な比較図が Oh and Kusky (2007) にある。

Fig. 1 Recent hypotheses on the configuration of the Latest Paleozoic orogenic belt in East Asia. In the clockwise direction following the order of year published; (a) The Yaeyama promontory hypothesis of Ishiwatari and Tsujimori (2003). Japan is at its present position as in the other maps. The collision belt follows a sinuous path passing the Dabie promontory and Su-Lu reentrant, turns to the south retouring Korea and appears as 240 Ma high-P schist in the Ishigaki Island, Yaeyama Archipelago. In this model, the entire Korean Peninsula belongs to the North China block. The collision belt migrates eastward into the subduction zone from the Yaeyama promontory, and extends to the high-P metamorphic belts in Japan and Russian Primorye. The Imjingang (Im) and Ogcheon (Og) medium-P metamorphic belts in Korea are interpreted as intra-cratonic metamorphic belts such as the Fangshan belt in western Beijing. (b) "Yanji hypothesis" of Oh and Kuskyk (2007). The Dabie-Su-Lu belt extends directly to the Gyeonggi block (Hongseong-Odesan belt) and farther to Japan and the Yanji belt in North Korea and Northeast China. They take UHT metamorphic rocks and collisional igneous rocks (e.g. mangerite) in addition to HP and UHP eclogites as clues to identify the collision belt. The hypothesis correlates the Ogcheon (Og) belt to the Nanhua rift, and the southern Younngnam massif to the Cathaysia block in South China. (c) Hybrid model of Ernst *et al.* (2007). It combines aspects of the former two models. It regards the Imjingang (Im) belt and the adjacent Gyeonggi block as extension of the Dabie-Su-Lu belt and Yangtze craton, respectively, and traces a path farther away to Japan and Primorye. This hypothesis neglects high-P schists in Yaeyama and it does not address the affiliation of the Ogcheon and Younngnam units. (d) The Great North China (Sino-Korean) nappe model of Omori and Isozaki (2011). It proposes that the Dabie-Su-Lu collision belt and the overlying North China "craton" form great superficial nappes in Korea and Japan. The collision belt appears as Imjingang (Im) and Ogcheon (Og) belts (nappes) in Korea and as several UHT and medium-P metamorphic rocks (klippes) in Japan. The Gyeonggi massif is a window of the South China craton, and the tectonically topmost unit (North China craton) appears on both sides (north and south) in Korea and as fragments in Japan (e.g. Hida nappe). However, this idea contradicts geological facts in the southern areas of the Ogcheon belt (see text). An analogous comparison was made by Oh and Kusky (2007) for old models in the 1990s and that of Ishiwatari and Tsujimori (2003).

一方、その西端は八重山の石垣島東北部に露出するトムル層の藍閃石片岩であり（角閃石 ^{39}Ar - ^{40}Ar 年代は $237 \pm 6.3 \text{ Ma}$, K-Ar 年代は $167\text{-}220 \text{ Ma}$ ）、北ないし北西からの衝上を示唆するナップ構造と南北ないし北北西-南南東の鉱物線構造が発達し、ジュラ紀付加体である南側の富崎層に衝上する (Faure *et al.*, 1988; 金子ほか, 2003)。磯崎・西村 (1989) 以来、日本の古生代と中生代の付加体の境界（石垣島ではトムル層と富崎層の間の衝上断層）は石垣-玖珂構造線と呼ばれ、琉球と日本は地質構造的に一体と考えられてきた。したがって、もし北中国地塊と南中国地塊の境界が黄海にあり、日本と琉球が中朝地塊の大陸縁と一緒に成長したとすれば、その境界は石垣島よりも西で太平洋にでなければならない。これが八重山プロモントリー説の考え方である。

われわれのモデルは Yin and Nie (1993) の indentation（食い込み）モデル（蘇魯帯および朝鮮半島の臨津江帯から沃川帯までの領域が南中国地塊の凸出部として衝突時に北中国地塊に食い込んだ）とよく似ているが、朝鮮半島全体を中朝地塊とし、日本やロシアへの延長経路を示した点で異なり、その後 Oh and Kusky (2007) (図 1b), Ernst *et al.* (2007) (図 1c) をはじめ中国、韓国、米国、日本などの多くの研究論文に賛否両方の立場から引用されてきた。例えば、八重山説を好意的に引用する論文として次のようなものがある。Jeong and Lee (2004) は沃川帯北東部の下部古生界（朝鮮系）石灰岩中のカンブリア紀コノドント化石の Nd 同位体比が北中国地塊のものとは一致し、南中国地塊のものとは異なることから、朝鮮半島南部は北中国地塊に属し、大別-蘇魯衝突帯は朝鮮半島には延長しないと述べた。Zhai *et al.* (2007) は現地地質調査に基づき朝鮮半島南部の黄海沿岸のエクロジヤイトを産する洪城地域だけが蘇魯衝突帯の延長であり、衝突帯はそこから朝鮮半島西岸に沿って南へ向かうとした。Hao *et al.* (2007) は黄海の重力異常分布を調査し、中国本土から続くモホ面の起伏の東西方向のパターンが黄海の東縁で突然途切れ、その東の朝鮮半島では南北方向のパターンになることか

ら、「黄海東縁断層」の存在を提唱し、これが蘇魯衝突帯の延長であると考えた。西山 (2010) も東アジアの地質構造の枠組みのなかで八重山変成岩を説明する仮説として Ishiwatari and Tsujimori (2003) を評価している。なお、朝鮮半島がすべて北中国地塊に属するという考えはわれわれの独創ではなく、われわれの論文には Lee *et al.* (1998) の沃川帯の火山岩の年代値に基づく考えや堆積物の供給源解析に基づく寺岡ほか (1998) の考えが引用してある。

III. 大陸衝突型 (A 型)・太平洋型 (B 型) 造山帯

丸山ほか (2011) が主張するのは、大陸衝突型 (A 型) と太平洋型 (B 型) の造山帯は原岩の種類が系統的に違い、変成温度圧力も系統的に違うので、両者が同じ沈み込み帯で形成されるというのは「完全な間違いである」という論理である。われわれは、これら 2 つの型の造山帯の典型的なものについて、変成岩の原岩、変成温度圧力、島弧火成活動の有無などにはっきりした違いがあることに関してはまったく異論がない。しかし、例えば Maruyama *et al.* (1996) が行った世界の高圧変成岩の膨大なレビューをみると、同時代の一連の造山帯であるアパラチア・カレドニア造山帯では、スカンジナビア部分が A 型、イギリス～北米部分が B 型であり（彼らの Figs. 4, 11）、同じ造山帯の延長上で A 型と B 型が共存しているのはヘルシニア造山帯も同様である。現在の例をみても、インド・オーストラリア・プレートの北縁において、ヒマラヤ付近やインドネシア東部では大陸衝突が起きているが、インドネシア中・西部では海洋プレートの沈み込みが起きている。後者の地域では 2004 年スマトラ大地震などの巨大地震や活発な島弧火山活動が発生し、大規模な付加体が形成されていて、典型的な太平洋型造山運動が現在進行している。したがって、大陸衝突型 (A 型) と太平洋型 (B 型) の造山運動が同じプレート境界上で発生したと考えても、それだけで「完全な間違いである」といえないことは明らかである。現在の地球上では、大陸はプレートよりも小さい (1 つのプレートが大陸とその

周囲の海洋を含む)ことが多いので、同じプレート境界上で大陸衝突と海洋沈み込みが同時に発生するのは、例外ではなくむしろ常態であろう。

IV. 中朝地塊大ナップ説

大森・磯崎 (2011) は、朝鮮半島において南中国地塊の上に北中国地塊が大規模にほぼ水平に衝上している断面図を描き (図 2a), それらの分布を平面図にも描いている (図 1d)。これらの図の説明に引用されている文献には、このような考えは載っていないので、この考えは彼らの論文のオリジナルらしいが、この解釈の根拠は十分に示されていない。本文から判断すると、「臨津江帯イムジンガンと沃川帯オクチョンがもともと一連であったという最近の考え (Cluzel *et al.*, 1990; Oh and Kusky, 2007)」と、「朝鮮半島中央部に東にプランジした軸をもつ東西方向の背斜が発達している (Kobayashi, 1953; ただし大森・磯崎のこの引用の論文題名とページ数には誤りがある)」ということが根拠らしい。しかし、Cluzel ほかは沃川帯の地層がその南側の嶺南ヨンナム (リョンナムとも読む。太白山テペクサン, 小白山と呼ぶこともある) 地塊に衝上する断面図を描いており (図 2b), この関係は大森・磯崎の断面図とは構造的上下も衝上断層の傾斜方向も逆である。また、Kobayashi が研究したのは現在の韓国北東部江原道カンウォンの沃川帯非変成石灰岩地域であり、彼の地質図でも東～南への衝上が強調されている (図 2c)。さらに、朝鮮半島中央部の背斜というのは、地向斜説に立つ Kobayashi が北側の平南地向斜 (平壤周辺の堆積盆) と南側の沃川地向斜の間の「山東-京畿隆起帯キョンギ」の軸部を指したものであり、平南地向斜は北中国の遼東半島や北京西山に、沃川地向斜は南中国につながると述べていて、両者を一連の地層とは考えていない。Oh and Kusky も臨津江帯と沃川帯が一連の変成帯であったとは考えておらず、臨津江帯は北中国地塊、沃川帯は南中国地塊 (南華リフト) の延長とし、その間の京畿地塊を (南中国地塊ではなく) 蘇魯変成帯の延長としている (図 1b; 彼らの Fig. 11)。よって、大森・磯崎の断面図と彼らが引用する文献の内容との間には、いろいろ「混

同」と誤解があるように思う。しかも、大森・磯崎の平面図をみると、衝突した両大陸の境界は大きく Z 字型を描いており (図 1d), Ishiwatari and Tsujimori (2003) の「奇妙な」八重山プロモントリー (図 1a) の形に似てきている。Isozaki (1997) では、この境界はこのように屈曲せず、朝鮮半島中部を通過して直線的に日本の飛騨帯につながっていて、朝鮮半島南部 (と隠岐帯) は南中国地塊に属することになっていたわけだが、今回のモデルでは、少なくとも地表近くには北中国地塊が広く分布していたことになっていて、かなり解釈が変わってきている。朝鮮半島中央部の京畿地塊が南中国地塊ないし蘇魯超高压変成帯の延長であり、北中国地塊がその上に押し被さったという考え (図 1d) は、本当かもしれないが、まだ証拠が不十分で、従来の地質学的事実と矛盾する部分があるように思える。なお、「飛騨ナップ説」など東アジアの大陸地殻ユニットをナップとする考えの問題点についてはすでに論じた (石渡, 2003)。

要するに、大森・磯崎の朝鮮半島の地質解釈は、独創的ではあるかもしれないが、彼らが引用している文献に示されている構造地質学的事実と調和していないように思う。また、京畿地塊の西端部から後退変成を受けたエクログャイト (一部の残存鉱物を除き現在は角閃岩で超高压の証拠はない) が 1 つ発見されたが (図 1b; Oh and Kusky, 2007), 黄海対岸の蘇魯超高压変成帯の多くの地点に存在するコース石エクログャイトやざくろ石かんらん岩はまだ発見されていない。最近、Horie *et al.* (2009) は沃川帯北側の京畿地塊 (洪城地域もこの地塊に属する) の片麻岩のジルコンの U-Pb 年代を測定し、年代分布が沃川帯南側の嶺南地塊や飛騨・隠岐帯 (大森・磯崎説でも石渡・辻森説でも北中国地塊) のものと類似するとした。このことも、京畿地塊が南中国地塊の一部であるとする大森・磯崎説と調和しない。例えば、典型的な大陸衝突型造山帯である欧州アルプスにおいて、超高压変成岩を産するのはおもに下盤側 (欧州側) の大陸地殻 (ドラマイラ地塊など; Chopin, 1984) であるが、上盤側 (アフリカ

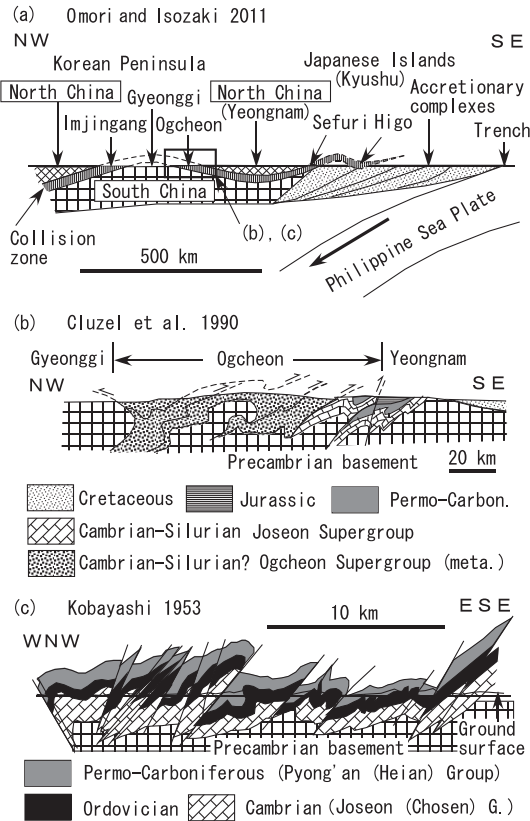


図 2 (a) 大森・磯崎 (2011; 図 3) による朝鮮半島から日本 (九州) にかけての模式的な地質断面図。北中国地塊が衝突帯を挟んで南中国地塊の上に巨大なナップとして衝上する。朝鮮半島では京畿地塊は南中国地塊の延長部であり、その北の臨津江帯と南の沃川帯 (この両者は中圧型変成帯を伴う) には大陸衝突帯が、そして臨津江帯より北方と沃川帯より南方 (嶺南地塊) には北中国地塊が露出する。また、日本は全体として南中国地塊に属するが、脊振、肥後、宇奈月、日立、竹貫などの中圧型変成帯は衝突帯の断片、飛驒、隠岐の片麻岩は北中国地塊の一部と考えている。この考えによれば、黒棒内の地域 (沃川帯、(b)、(c) に拡大) では、北中国地塊が沃川帯の構造的上位にある (南東から北西へ衝上している) はずである。(b) Cluzel *et al.* (1990; Fig. 3) に基づく沃川帯中央部の忠州-聞慶を通る地質断面図。沃川帯の地質ユニットは北西から南東へ嶺南地塊に対して衝上しており、(a) の考えとは衝上断層の傾斜方向も構造的上下関係も逆である。(c) Kobayashi (1953; Figs. 9, 14) に基づく沃川帯北東部の平昌と寧越の間を西北西-東南東方向に切る断面図 (一部簡略化)。ここでも沃川帯の地質ユニットが東南東へ (嶺南地塊側へ) 衝上する断層が発達する。なお、(b) と (c) の文献は (a) に引用されているが、この地質構造上の矛盾については説明がない。

Fig. 2 (a) Schematic cross-section from central Korean Peninsula through Japan (Kyushu Island) by Omori and Isozaki (2011; Fig. 3). North China Block thrust over the South China Block as a great nappe with a slice of the collision zone in between. In Korea, the South China Block is exposed in the Gyeonggi massif, and the collision zone comprises the Imjingang belt to the north and the Ogcheon belt to the south. The North China Block appears as a tectonic slice (klippe) in the Yongnam massif at the southernmost part of the peninsula. Geological units in Japan mostly belong to the South China Block, but medium-pressure metamorphic belts such as Sefuri and Higo represent fragments of the collision zone. In this model, the North China Block (Yongnam massif) should tectonically overlie (thrust over) the collision belt (Ogcheon belt) in the small quadrangle area marked "(b), (c)," which is enlarged in the respective figures. (b) Cross-section of the central Ogcheon zone through the Chungju and Mungyeong areas by Cluzel *et al.* (1990; Fig. 3). Geological units in the Ogcheon belt thrust southeastward over the Yeongnam massif. This relationship is contrary to that predicted by the model in (a). (c) Cross-section of the northeastern Ogcheon belt between the Pyeongchang (Heisho) and Yeongwol (Neietsu) areas by Kobayashi (1953; Figs. 9, 14). Southeastward thrusting also prevails here, contradicting the model in (a). Although the references in (b) and (c) are cited in the paper proposing the model in (a), it gives no explanation of the discrepancy shown in this figure.

側)のセシア・ランゾー帯にも典型的なエクログャイトを含む高压変成岩が産する(Compagnoni *et al.*, 1977)。京畿地塊は衝突帯の近傍でその一部が高压変成作用を受けた北中国地塊側の大陸地殻ブロックである可能性がある。

蘇魯変成帯には、きわめて軽い酸素同位体比をもった変成岩の存在が広域的に知られており、延長問題を検証するための1つの材料になろう(辻森, 2010)。なお, Ernst *et al.* (2007)は大陸衝突型・太平洋型の違いを認識の上で、桐柏-大別山-蘇魯-臨津江-京畿-蓮華-周防-シホテアリン(沿海州, プリモリエ)に連続する3~2億年前の地質体を1つの混合造山帯としてとり扱い、結果的に衝突帯の延長問題は曖昧にした(図1c)。

V. 延吉帯について

上述の八重山説やその批判論文では言及していないが、東アジアの大陸衝突帯の延長問題に関連して Zhang (1997) や Oh and Kusky (2007) が注目する地域として延吉(Yanji)帯がある。これは、朝鮮民主主義人民共和国(北朝鮮)の北東端部から中華人民共和国(中国)の吉林省延吉市付近にかけて北西方向に延びる古生代末期~中生代初期の変動帯で、ペルム系豆満(Tuman, 中国では図們 Tumen, 田沢(1996)のトゥーマン)層よりなる。立岩(1976)は北朝鮮側の豆満層を碧城累層と呼び、厚さ2600mの本累層を上中下3層に区分したが、Om *et al.* (1993)は豆満系(Tuman System)と呼んで、下から岩基統(Angi Series, 651 m)、鶏龍山(Kyeryongsan)統(1455 m)、松上(Songsang)統(2680 m)に区分した。岩基統は泥質~珪質片岩を主とし、化石も断片的で時代未詳である。鶏龍山統は緑色~灰色の火山砕屑岩が卓越し、基底部に凝灰質礫岩があり、中位の石灰岩中から後期ペルム紀のフズリナや腕足類の化石を多産する。松上統は黒色頁岩を主とし、タービダイト、酸性凝灰岩、植物化石を含む炭質頁岩などを伴い、有孔虫化石などから後期ペルム紀とされる。立岩の碧城累層は岩相の記述からみて Om *et al.* の鶏龍山統と松上統

に相当するらしく、石炭層に富み火山砕屑物を欠く同時代の平安(Pyongan)系とは大きく異なる。小林(1951)は豆満層の延長が沿海州のウラジオストック付近に続くと述べ、「ソ(ロシア)・満(中国)・朝鮮の国境附近は日本式層序の大陸に取り残されたところで、特に重要である。豆満地方には二疊紀末期の厚い登米式黒色粘板岩層があり、その基底部に薄衣式礫岩が発達している。多分舞鶴帯の海峡を通じて内侵したと思われるスキティック・アニシク(三疊紀前半)の海はウラジオストックの近くに達している」と記している(p. 315, カッコ内は小論の著者が補充)。

舞鶴帯は夜久野オフィオライトを伴い(Ichiyama and Ishiwatari, 2004)、延吉帯(豆満層)にもオフィオライト岩類が伴われる。浅野(1939)は中朝国境(豆満江)の中国側の開山屯からクロム鉄鉱含有蛇紋岩、斑れい岩、斜長岩、閃緑岩などを報告し、邵・唐(1995)や張ほか(1995)はこれらをオフィオライト・メランジュとし、MORBに近い組成の玄武岩やハルツバージャイト・ダナイトを伴うことを報告した。一方、Om *et al.* (1993)によると、北朝鮮側の豆満層中部の鶏龍山統にもオフィオライト的な超苦鉄質岩や苦鉄質岩が含まれる。蛇紋岩は大部分ハルツバージャイト起源であるが、斑紋状のスピニフェックス? (原文は sphenifex) 組織を示す蛇紋岩化・炭酸塩岩化したコマチアイト? (原文は comatite) が清津(Chongjin)市東部の断層帯沿いに存在する。苦鉄質岩は輝緑岩、変玄武岩(一部枕状溶岩?), 変斑れい岩、角閃岩を含み、玄武岩類は海嶺玄武岩組成である。Om *et al.* はこれらを海嶺型の緑色岩であるとし、中国東北部およびロシア沿海州のペルム系緑色岩に対比している。実際、沿海州には夜久野オフィオライト、大江山オフィオライト、そして三郡変成岩によく似た岩相と年代を示す岩石が産する(石渡, 1993; 石渡・辻森, 1999; Ishiwatari and Tsujimori, 2003)。ただし、沿海州のジュラ紀付加体中に含まれる緑色岩の多くはジュラ紀のものであり、日本のジュラ紀付加体に含まれる緑色岩の大部分がペルム紀のものであることと異なっている

(Ishiwatari and Ichiyama, 2004; Ichiyama *et al.*, 2008)。また、上述の岩基統は、最近の日本の地質構造論からみると、舞鶴帯の構造的低位にある超丹波帯ないし三郡周防変成岩、上越帯の水無川変成岩などと対比できる可能性がある。

堆積岩の岩相、化石、オフィオライトなどの面で共通点が多いこれらのペルム系地帯は、現在の豆満江沖から三叉路状に北朝鮮・中国、ロシア沿海州、そして日本へ派生していたと考えられる。これらは当時の島弧・縁海系の断片と考えられ、島弧が三叉路状になるのは現在の日本をみれば何の不思議もない。延吉帯を大別-蘇魯-臨津江帯の延長とする考えは Zhang (1997) が述べたが、Oh and Kusky (2007) の考え (図 1b) は朝鮮半島をでてから日本列島を経由して延吉帯に至る点でこれと異なる。豆満層のような後期古生代の地層がまったく分布しない臨津江帯や京畿地塊から延吉帯に衝突帯を直接延長するのは無理があるが、西南日本のオフィオライト帯を飛騨外縁帯、上越帯経由で延吉帯と沿海州の両方に延長することは可能である。

舞鶴帯ではペルム紀前期までに夜久野オフィオライトが形成され、その上に背弧海盆の環境で黒色泥岩に富む厚い地層 (舞鶴層群) が堆積したが、ペルム紀末期に造山運動があってオフィオライト岩類が地表に露出し (公庄層の礫、志高不整合)、三疊紀には石炭層を含むモラッセ型の地層が堆積したことが古くから知られている (早坂ほか, 2009)。これは大陸のペルム紀末造山運動と同時に日本でも大きな変動があったことを示唆している。

VI. 結 論

以上の議論より、Ishiwatari and Tsujimori (2003) や石渡・辻森 (2001) の八重山プロモントリー説が主張するような入り組んだプレート収束境界は現在の地球上でも珍しくないこと、1つの造山帯 (プレート収束境界) の延長上で A 型 (大陸衝突型) から B 型 (太平洋型) に移り変わる例は Maruyama *et al.* (1996) の総説でも複数記述されており現在の地球上でもみられることな

どから、それらを根拠として八重山プロモントリー説を「混同に導かれるまとめや奇妙な古地理復元」であり「現実的でない」(大森・磯崎, 2011) と批判し、「完全な間違いである」(丸山ほか, 2011) と断定するのは、明確な科学的根拠に基づくものではない、との結論が導かれる。これらは学術的な批判として論拠が不明確で議論が不十分であるといわざるを得ない。むしろ、大森・磯崎 (2011) が提唱する朝鮮半島南部の中朝地塊大ナップ説において、彼らが引用する文献の内容と彼らの主張との間に事実関係の矛盾があり、現実的でないことが明らかになった (図 2)。一方、中国の大陸衝突帯の延長を朝鮮半島の臨津江帯から直接中・朝・露国境附近の延吉帯に延ばす考えもあったが (Zhang, 1997), 延吉帯を構成するペルム系の岩相はオフィオライトの産出を含めて日本の舞鶴帯の地層とよく類似し、朝鮮半島中央部にはそのような地層が分布しないことから、沿海州シホテアリン山地のオフィオライト帯と同様に、延吉帯も日本の舞鶴帯の延長と考える方がよいことがわかった。これらのことは、中国を横断するペルム紀~三疊紀大陸衝突帯の延長が、朝鮮半島を南へ迂回し、日本の太平洋型造山帯を経由して再び大陸に上陸するという八重山説が、現在でも現実味を失っていないことを示す。最近の洪城地域からのエクロジャイトの発見により、衝突帯が半島南部の西岸をかすめる可能性がでてきたが (Zhai *et al.*, 2007), その地域 (京畿地塊) も北中国地塊に属するというジルコンの年代分布のデータがあり (Horie *et al.*, 2009), 今のところ八重山説を大きく変更したり根本的に否定したりする必要はないと考える。

われわれが約 10 年前に行った問題提起と新仮説 (八重山説) の提唱は、東アジア地域の地質構造に関する国際的な議論に一定の役割を果たしてきたと考えており、現在でもその考え方は可能であると思っている。それが野外地質や室内測定の見地に基づいて「完全な間違いである」ことが本当に実証されたのであれば結構なことだと思うが、上で論じたように今回の批判はともそうではないようである。丸山ほか論文には、ほかに

も、「…「横ズレ構造帯説」が現れた (Taira *et al.*, 1983)。この説は…典型的な植民地科学の代物である」というような断定がみられる。しかし、事実に基づいて横ずれ説を主張する研究者は今でもおり (Tazawa, 2001; Takeuchi *et al.*, 2008 など), 「横ずれ説は植民地科学, ナップ説は独立国の科学」と割り切れるはずもない。日本の地質学史の近い過去に, ナップ説やプレートテクトニクスが「輸入地学との対決」という立場から攻撃されたことを忘れてはならない (泊, 2008, p. 147-167)。科学上の仮説に批判はつきものであるが, Ishiwatari and Tsujimori (2003) および Ernst *et al.* (2007) 論文に対する丸山ほか (2011) や大森・磯崎 (2011) の批判には誤解や矛盾があるように思えたので, 同一誌上を借りて反論した。

謝 辞

北朝鮮の文献の閲覧に便宜を図っていただいた東北大学の永広昌之名誉教授に感謝する。北朝鮮の地名の漢字表記は東北大学東北アジア研究センター図書室にある戦前の5万分の1地形図をみて判断した。拙稿を査読して貴重な改善意見をいただいた本誌の小出 仁編集委員長と東京大学の鳥海光弘名誉教授に感謝する。

文 献

浅野五郎 (1939): 間島省和龍県開山屯附近「クローム」鉄鉍其他二三鉍床調査報告。満州帝国地質調査所彙報, **97**, 35-45. [Asano, G. (1939): Research report of chromite and some other ores in the vicinity of Kaishantun, Helong Prefecture, Jiandao Province, Manchuria. *Bulletin of Geological Survey of Manchuria*, **97**, 35-45. (in Japanese)*]

Chopin, C. (1984): Coesite and pure pyrope in high-grade blueschists of the Western Alps: A first record and some consequences. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, **86**, 107-118.

Cluzel, D., Cadet, J.-P. and Lapierre, H. (1990): Geodynamics of the Ogcheon Belt. (South Korea). *Tectonophysics*, **183**, 41-56.

Compagnoni, R., Dal Piaz, G.V., Hunziker, J.C., Gosso, G., Lombardo, B. and Williams, P.F. (1977): The Sesia-Lanzo zone, a slice of continental crust with Alpine high-pressure-low temperature assemblages in the western Italian Alps. *Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, **33**, 281-334.

Ernst, W.G., Tsujimori, T., Zhang, R. and Liou, J.G. (2007): Permo-Triassic collision, subduction-zone

metamorphism, and tectonic exhumation along the East Asian continental margin. *Annual Review of the Earth and Planetary Sciences*, **35**, 73-110.

Faure, M., Monie, P. and Fabbri, O. (1988): Microtectonics and ^{39}Ar - ^{40}Ar dating of high pressure metamorphic rocks of the south Ryukyu arc and their bearings on the pre-Eocene geodynamic evolution of Eastern Asia. *Tectonophysics*, **156**, 133-143.

Hao, T.-Y., Xu, Y., Suh, M., Xu, Y., Liu, J.-H., Zhang, L.-L. and Dai, M.-G. (2007): East marginal fault of the Yellow Sea: A part of the conjunction zone between Sino-Korea and Yangtze blocks? in *Mesozoic Sub-continental Lithospheric Thinning under Eastern Asia* edited by Zhai, M.-G., Windley, B.F., Kusky, T.M. and Meng, Q.R., *Geological Society, London, Special Publications*, **280**, 281-292.

早坂康隆・八尾 昭・石渡 明 (2009): 舞鶴帯。日本地質学会編: 日本地方地質誌 近畿地方。朝倉書店, 83-91. [Hayasaka, Y., Yao, A. and Ishiwatari, A. (2009): Maizuru belt. in *Regional Geology of Japan (5) Kinki Region* edited by Geological Society of Japan, Asakura Shoten, 83-91. (in Japanese)]

Horie, K., Tsutsumi, Y., Kim, H., Cho, M., Hidaka, H. and Terada, K. (2009): A U-Pb geochronological study of migmatitic gneiss in the Busan gneiss complex, Gyeonggi massif, Korea. *Geosciences Journal*, **13**, 205-215.

Ichiyama, Y. and Ishiwatari, A. (2004): Petrochemical evidence for off-ridge magmatism in a back-arc setting from the Yakuno ophiolite, Japan. *Island Arc*, **13**, 157-177.

Ichiyama, Y., Ishiwatari, A. and Koizumi, K. (2008): Petrogenesis of greenstones from the Mino-Tamba belt, SW Japan: Evidence for an accreted Permian oceanic plateau. *Lithos*, **100**, 127-146.

石渡 明 (1993): 東アジアのオフィオライト。北陸地質研究所報告, **3**, 1-31. [Ishiwatari, A. (1993): Ophiolites in East Asia. *Hokuriku Geological Institute Report*, **3**, 1-31. (in Japanese with English abstract)]

石渡 明 (2003): 飛騨ナップは存在するか: 中部日本の地質学の大問題。月刊地球, **25**, 898-906. [Ishiwatari, A. (2003): Hida Nappe exists or not? A big problem of geology in central Japan. *Earth Monthly (Gekkan Chikyū)*, **25**, 898-906. (in Japanese)]

Ishiwatari, A. and Ichiyama, Y. (2004): Alaskan-type plutons and ultramafic lavas in Far East Russia, Northeast China, and Japan. *International Geology Review*, **46**, 316-331.

石渡 明・辻森 樹 (1999): ロシア沿海州の古生代青色片岩。地学雑誌, **108**, 口絵3. [Ishiwatari, A. and Tsujimori, T. (1999): Paleozoic blueschist in Primorye, Russia. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **108**, Pictorial 3. (in Japanese)]

石渡 明・辻森 樹 (2001): 日本海及びその周辺域の岩石。日本海学研究叢書。富山県生活環境部国際・日本海政策課, 59 p. [Ishiwatari, A. and Tsujimori,

- T. (2001): *Rocks of the Japan Sea and Surrounding Areas*. The Japan Sea Study Series, Toyama Prefecture, 59p. (in Japanese)
<http://earth.s.kanazawa-u.ac.jp/ishiwata/Japansea/Japansea.htm> [Cited 2012/4/24].
- Ishiwatari, A. and Tsujimori, T. (2003): Paleozoic ophiolites and blueschists in Japan and Russian Primorye in the tectonic framework of East Asia: A synthesis. *Island Arc*, **12**, 190-206.
- Isozaki, Y. (1997): Contrasting two types of orogen in Permo-Triassic Japan: Accretionary versus collisional. *Island Arc*, **6**, 2-24.
- 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. [Isozaki, Y. and Maruyama, S. (1991): Studies on orogeny based on plate tectonics in Japan and new geotectonic subdivision of the Japanese islands. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **100**, 697-761. (in Japanese with English abstract)]
- 磯崎行雄・西村祐二郎 (1989): 南琉球石垣島のジュラ紀付加コンプレックス富崎層と後期中生代のアジア東縁収束域. 地質学論集, **33**, 259-275. [Isozaki, Y. and Nishimura, Y. (1989): Fusaki Formation, Jurassic subduction-accretion complex on Ishigaki Island, southern Ryukyus and its geologic implication to Late Mesozoic convergent margin of East Asia. *Memoir of Geological Society of Japan*, **33**, 259-275. (in Japanese with English abstract)]
- Jeong, H. and Lee, Y.I. (2004): Nd isotopic study of Upper Cambrian conodonts from Korea and implications for early Paleozoic paleogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **212**, 77-94.
- 金子慶之・川野良信・兼子尚知 (2003): 石垣島東北部地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 72p. [Kaneko, Y., Kawano, Y. and Kaneko, N. (2003): *Geology of the Ishigakijima-Tohokubu District*. Quadrangle Series 1:50,000, Geological Survey of Japan, 72p. (in Japanese with English summary)]
- 小林貞一 (1951): 日本地方地質誌総論. 朝倉書店, 353p. [Kobayashi, T. (1951): *Regional Geology of Japan: Overview (Nihon Chiho Chishitsushi Soron)*. Asakura Shoten, Tokyo, 353p. (in Japanese)*]
- Kobayashi, T. (1953): Geology of South Korea with special reference to the limestone plateau of Kogendo. *Journal of Faculty of Science, Imperial University of Tokyo*, Sec. 2, **8**(4), 145-233.
- Lee, K.-S., Chang, H.-W. and Park, K.-H. (1998): Neoproterozoic bimodal volcanism in the central Oghcheon belt, Korea: Age and tectonic implication. *Precambrian Research*, **89**, 47-57.
- Maruyama, S., Liou, J.G. and Terabayashi, M. (1996): Blueschists and eclogites of the world and their exhumation. *International Geology Review*, **38**, 485-594.
- 丸山茂徳・大森聡一・千秋博紀・河合研志・Windley, B.F. (2011): 太平洋型造山帯—新しい概念の提唱と地球史における時空分布—. 地学雑誌, **120**, 115-223. [Maruyama, S., Omori, S., Senshu, H., Kawai, K. and Windley, B.F. (2011): Pacific-type orogens: New concepts and variations in space and time from present to past. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **120**, 115-223. (in Japanese with English abstract)]
- 西山忠男 (2010): 八重山変成岩. 日本地質学会編: 日本地方地質誌 (8) 九州・沖縄地方. 朝倉書店, 354-356. [Nishiyama, T. (2010): Yaeyama metamorphic rocks. *Regional Geology of Japan (8) Kyushu and Okinawa Region* edited by Geological Society of Japan, Asakura Shoten, 354-356. (in Japanese)*]
- Oh, C.W. and Kusky, T. (2007): The Late Permian to Triassic Hongseong-Odesan collision belt in South Korea, and its tectonic correlation with China and Japan. *International Geology Review*, **49**, 636-657 (日本地質学会 News, 11(1), 14 (2008) および geo-Flash, No. 19, Art. 4 (2008) に石渡の解説がある).
- Om, H.Y., Kim, Y.H. and Ryang, C.C. (1993): Paleozoic Era. in *Geology of Korea* edited by Paek R.J. et al., Foreign Languages Books Publishing House, Pyongyang, 80-164.
- 大森聡一・磯崎行雄 (2011): 古生代日本と南北中国地塊衝突帯の東方延長. 地学雑誌, **120**, 40-51. [Omori, S. and Isozaki, Y. (2011): Paleozoic Japan and the eastern extension of the collisional suture between the North China and South China cratons. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **120**, 40-51. (in Japanese with English abstract)]
- 邵 濟安・唐 克東 (1995): 吉林省延辺開山屯地区蛇綠混雜岩. 岩石学報, **11**, 増刊, 212-220. [Shao, J.-A. and Tang, K.-D. (1995): The ophiolite melange in Kaishantun, Jilin Province, China. *Acta Petrologica Sinica*, **11**, Supplement, 212-220. (in Chinese with English abstract)]
- Taira, A., Saito, Y. and Hashimoto, M. (1983): The role of oblique subduction and strike-slip tectonics in the evolution of Japan. in *Geodynamics of Western Pacific-Indonesian Region, Geodynamics Series* edited by Hilde, T.W.C. and Uyeda, S., AGU, **11**, 303-316.
- Takeuchi, M., Kawai, M. and Matsuzawa, N. (2008): Detrital garnet and chromian spinel chemistry of Permian clastics in the Renge area, central Japan: Implications for the paleogeography of the East Asian continental margin. *Sedimentary Geology*, **212**, 25-39.
- 立石 巖 (1976): 朝鮮-日本列島地帯地質構造論考. 東京大学出版会, 654p. [Tateishi, I. (1976): *Considerations on Geological Structure of the Korea-Japan Area (Chosen-Nihon Retto Chitai Kozo Ronko)*. University of Tokyo Press, 654p. (in Japanese)*]
- 田沢純一 (1996): トゥーマン層. 新版地学事典. 平凡

- 社, 906. [Tazawa, J. (1996): Tuman Formation. *Cyclopedia of Earth Sciences*. Heibonsha. 906. (in Japanese)]
- Tazawa, J. (2001): Middle Permian brachiopod faunas of Japan and South Primorye, Far East Russia: Their palaeobiogeographic and tectonic implications. *Geosciences Journal*, **5**, 19–26.
- 寺岡易司・鈴木盛久・川上久美 (1998): 西南日本中軸帯の白亜紀-古第三紀堆積物の供給源. 地質調査所月報, **49**, 395–411. [Teraoka, Y., Suzuki, M. and Kawakami, K. (1998): Provenance of Cretaceous and Paleogene sediments in the Median Zone of Southwest Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **49**, 395–411. (in Japanese with English abstract)]
- 泊 次郎 (2008): プレートテクトニクスの拒絶と受容 戦後日本の地球科学史. 東京大学出版会, 258p. [Tomari, J. (2008): *Rejection and Acceptance of Plate Tectonics: A History of Earth Science in Post-war Japan*. University of Tokyo Press, 258p. (in Japanese)]
- 辻森 樹 (2010): 日本列島に記録された古生代高圧変成作用: 新知見とこれから解決すべき問題点. 地学雑誌, **119**, 294–312. [Tsujimori, T. (2010): Paleozoic subduction-related metamorphism in Japan: New insights and perspectives. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **119**, 294–312. (in Japanese with English abstract)]
- Yin, A. and Nie, S.-Y. (1993): An indentation model for the North and South China collision and the development of the Tan-Lu and Honam fault systems, eastern Asia. *Tectonics*, **12**, 801–813.
- Zhai, M.G., Guo, J.H., Zhong L., Chen, D.Z., Peng, P., Li, T.S., Hou, Q.L. and Fan, Q.C. (2007): Linking the Sulu UHP belt to the Korean Peninsula: Evidence from eclogite, Precambrian basement, and Paleozoic sedimentary basins. *Gondwana Research*, **12**, 388–403.
- Zhang, K.-J. (1997): North and South China collision along the eastern and southern North China margins. *Tectonophysics*, **270**, 145–156.
- 張 旗・張 魁武・李 秀雲・邵 濟安・唐 克東 (1995): 吉黒東部の鎂鉄-超鎂鉄岩の特徴. 邵 濟安・唐 克東編: 中国東北地体与東北亜大陸邊緣演化. 北京, 地震出版社, 72–98. [Zhang, Q., Zhang, K., Li, X., Shao, J. and Tang, K. (1995): Characteristics of the mafic and ultramafic rocks in the Eastern parts of Jilin and Heilongjiang Provinces. in *Terranes in Northeast China and Evolution of Northeast Asia Margin, Chapter 5* edited by Shao, J. and Tang, K., Seismic Press, Beijing, 72–98. (in Chinese) *]
- * Title etc. translated by A.I.

(2011年7月14日受付, 2012年4月24日受理)