

## 北海道東部における古地磁気研究とその意義

片桐 貴浩<sup>※</sup>

Paleomagnetic Studies of Eastern Hokkaido and its Implications for Tectonics  
Takahiro KATAGIRI<sup>※</sup>

### Summary

Hokkaido is located at a plate boundary where the Northeast Japan arc (west) and the Kuril arc (east) collided. In this paper, we summarize the paleomagnetic studies in eastern Hokkaido, which implies that the arc-arc collision has already started in the Eocene.

The eastern Hokkaido is located at the southwestern end of the Kuril arc, where Cretaceous to Paleogene deposits are exposed. These strata crop out both in the eastern side and the western side of the Kushiro-Marsh. The eastern area of the Kushiro-Marsh is called Konsen-coastal region, and the western area of the Kushiro-Marsh is called Shiranuka-hill region. The strata observed in these two regions are deposited in the same sedimentary basin, while the paleomagnetic declinations obtained from these two regions are entirely different. In the Konsen-coastal region, the paleomagnetic declinations measured from the Nemuro and Urahoro Groups indicated 10-30° counterclockwise rotation after the deposition. On the other hand, 60° clockwise, 30° clockwise, and 10° counterclockwise rotations were detected from Paleocene Nemuro group, Eocene Urahoro Group and Oligocene Otonbetsu Group, respectively. These paleomagnetic data imply that Shiranuka-hill region experienced clockwise rotation before and after the deposition of the Urahoro Group (Middle Eocene). Also, it was suggested that the Konsen-coastal and Shiranuka-hill region experienced 10-30° counterclockwise rotation after Oligocene.

These rotations can be interpreted as the results of the following tectonic processes. The Paleogene successions in the eastern Hokkaido were formed in the fore-arc region of the Kuril Arc. In the middle Eocene, the Kuril Arc collided with the Northeast Japan Arc, which was located to the southwestern end of the Kuril Arc, and this collision presumably caused the clockwise rotation recorded in the Nemuro and Urahoro Groups in the Shiranuka-hill region. Then, the Kuril Basin opened as a back-arc basin of the Kuril Arc in the Miocene. It is thought that this back-arc opening caused the counterclockwise rotations recorded in the Onbetsu Group of the Shiranuka-hill region and Nemuro and Urahoro Groups of the Konsen-coastal region. The collision between these two arcs continued after the Miocene in association with the Hidaka orogenic movement, resulting in the the present tectonic framework of Hokkaido.

### はじめに

北海道は、二つの島弧-海溝系の会合部に位置し、日高山脈を境に、西側の東北日本弧と東側の千島弧が衝突するプレート境界である(図1:伊藤, 2000など)。現在も続くこの島弧衝突は、日高山脈の前縁盆地堆積物の堆積年代や、そこに含まれる礫岩の放射年代測定とその閉鎖温度から、少なくとも後期漸新世(およそ3200万年前)には始まっていたと考えられている(在田, 2001)。しかし、それより前のいつの時代から衝突が始まっていたかについては、日高山脈周辺に古第三系の地層が露出しないことから議論が難しく

かった。このような漸新世以前のテクトニクスに対して制約を与えたのが、北海道東部に分布する白亜系~古第三系の地層の古地磁気偏角に着目した研究である(Fujiwara et al., 1995; Katagiri et al., 2020)。これらの研究の結果、古第三紀始新世(およそ4000万年前)にはすでに島弧衝突が開始していたと考えられるようになった(Katagiri et al., 2020)。本論は、北海道東部で行われた古地磁気研究の結果を、北海道の古第三系テクトニクスに着目して要約し、紹介する。

※ 株式会社 INPEX

地質概説

北海道東部は、カムチャッカ半島から北東-南西方向に伸びる千島弧の南西端にあたり、千島弧に露出する堆積物の中で最も古い白亜系および古第三系の地層が観察される地域である(図1; Nakanishi et al., 2007など)。これらの地層は、下位より白亜系根室層群、始新統浦幌層群、漸新統音別層群に分けられる(図2)。根室層群は深海～浅海成の堆積物および火山岩類からなり、千島弧の前弧海盆堆積物と解釈されている(Kiminami, 1983; Naruse, 2003)。浦幌層群は根室層群を不整合で覆う陸成および浅海成の

地層である(Matsui, 1962など)。音別層群は浦幌層群を不整合に覆う、深海成の堆積物である(Matsui, 1962など)。

これらの地層は根室から釧路に至る海岸沿い(根釧海岸地域)および釧路市西方に位置する白糠丘陵地域に露出し、両地域間に位置する釧路湿原では現世の堆積物に覆われて地下に伏在する(図1-b)。根釧海岸地域と白糠丘陵地域に見られる地層は、地質構造が大きく異なることが特徴である。東側の根釧海岸地域に分布する地層は東西走向を示し、10度以下の緩い南西傾斜を示す(片桐ほか、

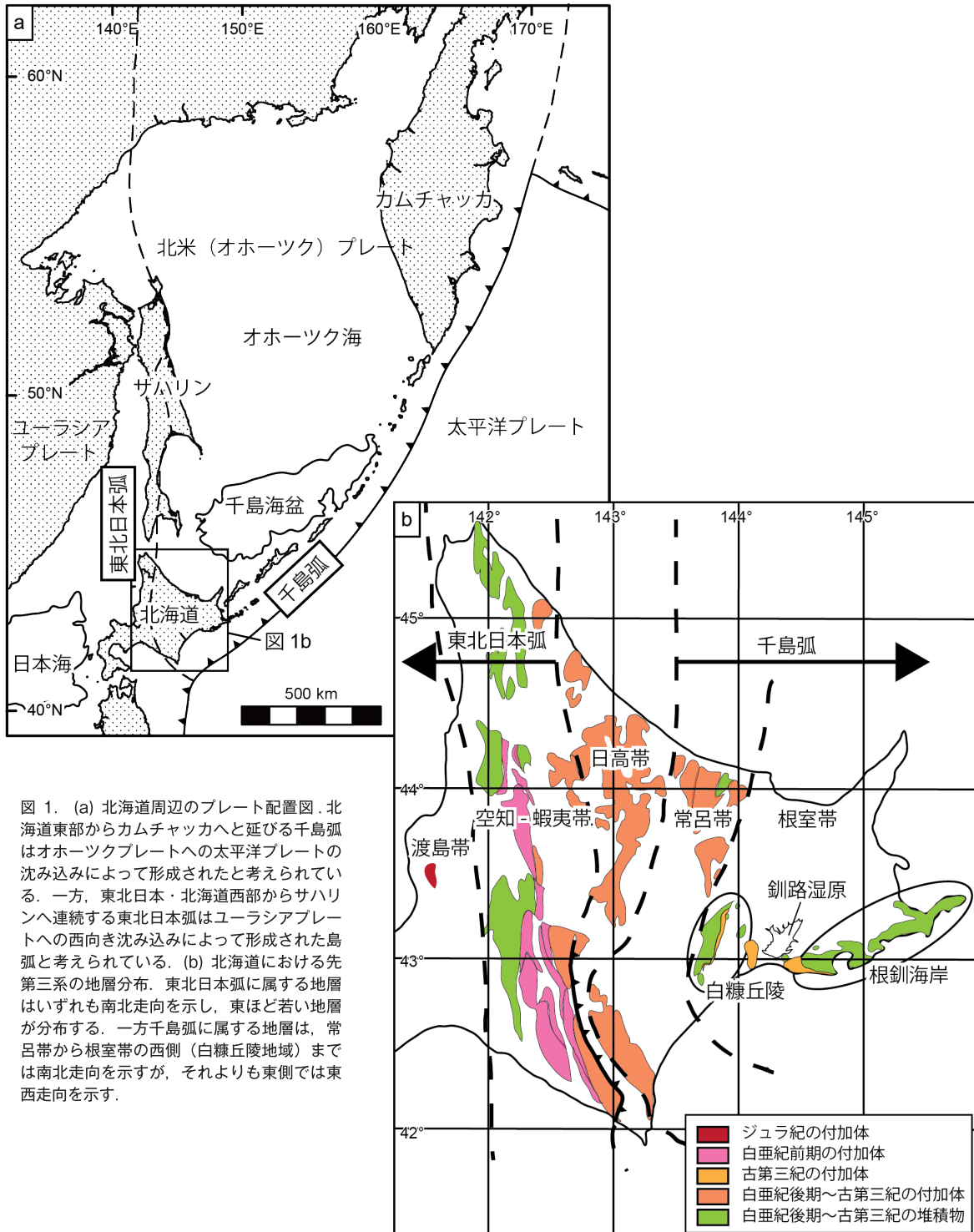


図 1. (a) 北海道周辺のプレート配置図。北海道東部からカムチャッカへと延びる千島弧はオホーツクプレートへの太平洋プレートの沈み込みによって形成されたと考えられている。一方、東北日本・北海道西部からサハリンへ連続する東北日本弧はユーラシアプレートへの西向き沈み込みによって形成された島弧と考えられている。(b) 北海道における先第三系の地層分布。東北日本弧に属する地層はいずれも南北走向を示し、東ほど若い地層が分布する。一方千島弧に属する地層は、常呂帯から根室帯の西側(白糠丘陵地域)までは南北走向を示すが、それよりも東側では東西走向を示す。

2016など)。一方、西側の白糠丘陵地域に分布する地層の多くは南北走向を示す。また、地層傾斜は場所によって異なるが根釧海岸地域に比べ傾斜がきつ、最も高傾斜などころではほぼ90度の傾斜を持つ (Katagiri et al., 2020など)。

### 北海道東部の先第三系における古地磁気研究

本章では、古地磁気偏角を用いてテクトニクスの推定を行った研究に多く言及するため、初めにその手法について簡単に述べる。古地磁気学では、地層が堆積した際に記録される初生的な磁化方位 (初生磁化成分) を測定する。地層が堆積後にテクトニックな変動を全く受けていない場合、初生磁化成分は堆積時の地球磁場方位と同じになる。地層が何らかの原因で堆積後に回転している場合、初生磁化成分はその回転角の分だけ堆積時の地球磁場からずれた方位を示す。したがって、対象地域で得られた古地磁気偏角の方位と、堆積後にほとんど回転を被っていないと考えられる地域 (安定大陸地塊など) における同時代の地層の古地磁気方位を比較することで、対象の地層が堆積後に被った回転量を推定することができる (小玉, 1999)。

北海道東部に分布する先第三系の地層から得られた古地磁気偏角と、安定大陸地塊と考えられる同時代の東アジア大陸の古地磁気偏角 (Cogné et al., 2013) のデータに基づき、北海道東部に分布する地層が堆積後に被ったと考えられる回転角を図3にまとめた。

白糠丘陵地域に分布する地層に着目すると、この地域の古第三系は、下位の地層ほど大きく時計回り回転をしていることが分かる。すなわち、根室層群は約60°、浦幌層群は約30°の時計回り回転を、音別層群は約10°の反時計回り回転をしている。このことから、白糠丘陵地域は、根室層群の堆積後、浦幌層群の堆積までの間および浦幌層群の堆積後、音別層群の堆積までの間に、それぞれ30-40°程度時計回り回転をしたと考えられる。また、常呂体に属する幽仙峡層や、日高帯に属する上豊似層は、それぞれ約130°および160°の大きな時計回り回転を示す (図3)。これらの地層が回転した時代についての詳しい制約は難しいが、データの乏しい現在は、白糠丘陵地域の回転と同時期であるともみなすことにする。

一方、根釧海岸地域に分布する根室層群および浦幌層群は、堆積後に約10-30°の反時計回り回転をしている (図3)。これは、白糠丘陵地域の音別層群の回転角 (約10°の反時計回り回転) とほぼ同じであり、音別層群の堆積後、根釧海岸地域および白糠丘陵地域の両方が10-30°の反時計回り回転をしたと解釈するのが自然である。

### 北海道のテクトニクス

以上の先第三系の地層分布や古地磁気偏角データを踏まえて、北海道の形成史は図4のように推定されている (Katagiri et al., 2020)。古地磁気偏角から推定される回転角に基づき、地層の堆積時の分布を復元すると、北海道東部に分布する先第三系は、もともと東西方向に長くのびる分布を持ち、南側ほど若い付加帯が分布していたと考えられる (図4-a)。このことは、これらの地層が北向き沈み込み帯で形成されたことを意味し、現在のプレート配置を踏まえると、千島弧で形成されたと考えるのが妥当である (Kiminami, 1983; Nanayama et al., 1993)。また、これらの地層が形成された白亜紀後期~始新世前期には、東北日本弧も成立していたと考えられている (木村・楠, 1997など)。したがって、後期白亜紀~始新世前期にかけては、図4-aのような古地理が推定される。

その後、始新世中期頃には、前章で述べた白糠丘陵地域以西の地層の時計回り回転が起こった。この時代に堆積した浦幌層群には、南西側からの礫岩の供給があったことが記録されており (長浜ほか, 1980など)、プレート境界側に隆起帯が形成されていたことを示唆する。このような、千島弧の西縁部が時計回り回転をしつつ隆起したという地質的イベントに基づき、この時代には千島弧が東北日本弧に衝突し始めたと考えられている (図4-b; 木村・楠, 1997; Katagiri et al., 2020)。

中新世になると、千島海盆が形成された (図4-c; Maeda, 1990)。千島海盆は、その北東端付近を回転の中心として、海盆南縁側を約20°反時計回りに開いた形状をしている (図1)。このことから、根釧海岸地域の先第三系や白糠丘陵地域の音別層群で見られる東アジア大陸に対する10-30°の反時計回り回転は、千島海盆の拡大によるものと考えられている (田中・内村, 1989)。さらにその後、千島前弧域の西進に伴い日高造山運動が起こり、現在の地帯構造の大枠が形成されたと考えられている。

### まとめと今後の研究展望

北海道東部で行われた古地磁気調査によって、白糠丘陵地域以西に分布する始新統以前の地層は大きく時計回り

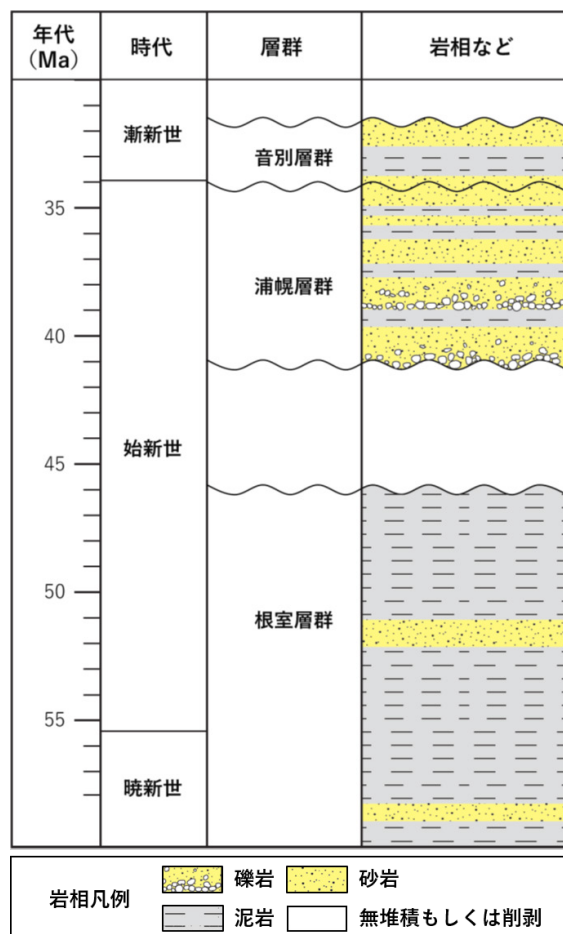


図2 北海道東部に分布する古第三系の層序

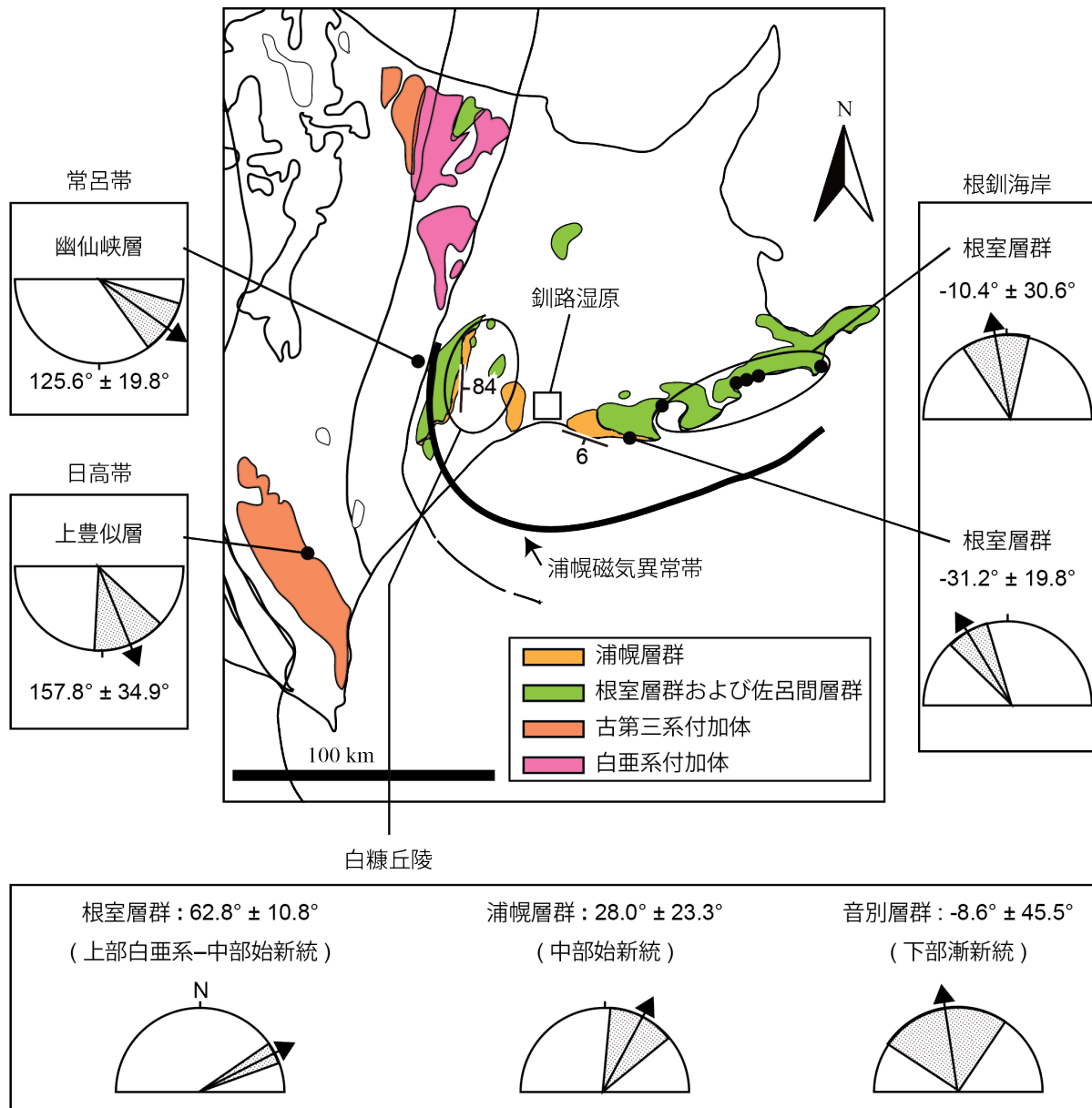


図3. 北海道東部の地層分布および古地磁気偏角測定結果のまとめ。白糠丘陵地域以西の白亜系～前期始新統（幽仙峡層・上豊似層・白糠丘陵地域の根室層群）は約60°-160°の時計回り回転を示す。一方、根釧海岸地域の根室層群は約10°-30°の反時計回り回転を示す。また、白糠丘陵地域の古第三系は若い地層ほど小さな時計回り回転を示す。

回転をしていること、一方で白糠丘陵地域に分布する漸進統や、根釧海岸地域に分布する先第三系は10-30°の反時計回り回転をしていることが明らかになった。これらの古地磁気データに基づき、始新世中期ごろに千島弧と東北日本弧が衝突し、白糠丘陵以西の地域のみが大規模な時計回り回転をしたこと、そしてその後、中新世に起こった千島海盆の拡大に伴い、白糠丘陵地域と根釧海岸地域の両方を含む広い地域が20°程度の反時計回り回転をしたことが想定されている。

上記の解釈には、根室層群～音別層群の連続露頭が観察される白糠丘陵地域の古地磁気測定結果が大きく寄与している。本地域では複数の検討によって、根室層群・浦幌層群・音別層群のそれぞれで古地磁気測定が実施されているが、検討ごとに測定の精度が異なるといった問題点が残る。そのため、白糠丘陵地域に露出する根室層群から

音別層群、さらにはその上位の地層を対象に、改めて古地磁気測定および堆積年代の測定を行うことには大きな意義があると考えられる。また、東北日本弧と千島弧の境界に位置する常呂帯～日高帯の様々な地層で古地磁気偏角の調査を実施することで、それぞれの地層の島弧への帰属関係や堆積時の位置関係についての理解が進むことが期待される。

#### 謝辞

本稿を含む筆者の研究は、指導教官の成瀬元准教授をはじめ、石川尚人教授、平田岳史教授からの多大なご指導を賜り実施した。特に成瀬准教授には、本稿の執筆に際しても大変有益なアドバイスを頂いた。釧路市立博物館石川孝織氏をはじめ、釧路市および白糠町の方々にはこの研究を進めるにあたり大変お世話になった。以上の方々に深謝

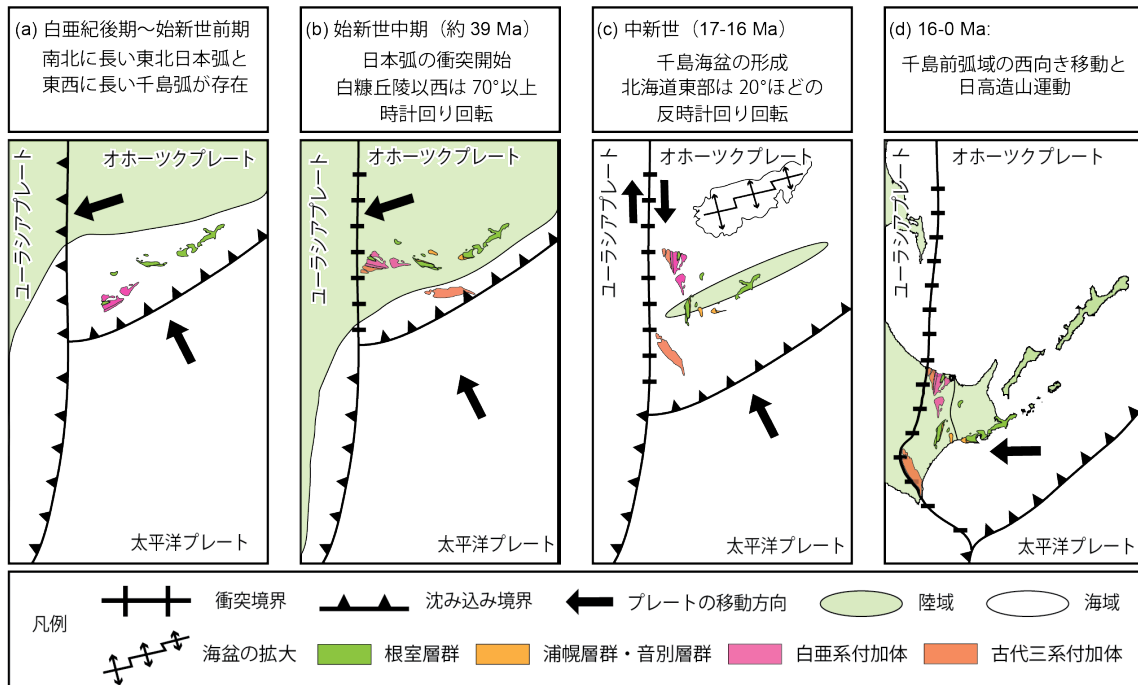


図 4. 北海道の形成にかかるテクトニックモデル。(a) ~ (c) 始新世中期ごろに白糠丘陵地域以西は 70° 以上時計回り回転した。(c) ~ (d) 17-16 Ma 頃に起こった千島海盆の形成・拡大により、北海道東部全体が 20° 程度反時計回りした。

します。また、いつも助けてくれる家族にも感謝しています。

引用文献

在田一則・雁澤好博・板谷徹丸. 2001. 日高山脈のテクトニクスと上昇過程—熱放射年代学からの検討. *地震研究所彙報*. 76. 93-104.

伊藤谷生. 2000. 日高衝突帯—前縁褶曲・衝上断層帯の地殻構造. *石油技術協会誌*. 65 (1). 103-109.

片桐貴浩・成瀬元・平田岳史・服部健太郎. 2016. 北海道東部に分布する浦幌層群に含まれる細粒凝灰岩層の U-Pb 年代. *地質学雑誌*. 122(9). 495-503.

Katagiri T., Naruse H., Ishikawa N., Hirata T. 2020. Collisional bending of the western Paleo-Kuril Arc deduced from paleomagnetic analysis and U-Pb age determination. *Island Arc*. 29:e12329. <https://doi.org/10.1111/iar.12329>

金松敏也・七山太・岩田圭示・藤原嘉樹. 1992. 白糠丘陵西部地域、網走構造線西縁に分布する帰属不明の先第三系—北海道中生界、根室帯と常呂帯の構造関係についての一考察—. *地質学雑誌*. 98 (12). 1113-1128.

Kiminami K. 1983. Sedimentary history of the late Cretaceous-Paleocene Nemuro Group, Hokkaido, Japan: a forearc basin of the Paleo-Kuril arc-trench system. *Journal of the Geological Society of Japan*. 89. 607-624.

木村学・楠香織. 1997. 日高帯形成の背景、日高造山運動と島弧会合部のテクトニクス. *地質学論集*. 47. 295-305.

Cogné, J.-P., Besse, J., Chen, Y., Hankard, F. 2013. A new Late Cretaceous to Present APWP for Asia and its

implications for paleomagnetic shallow inclinations in Central Asia and Cenozoic Eurasian plate deformation. *Geophysical Journal International*, 192(3), 1000-1024.

小玉一人. 1999. 古地磁気学. 東京大学出版会.

田中秀文・内村英雄. 1989. 古地磁気学による北海道のテクトニクス. *月刊地球*. 11 (5). 298-306.

Nakanishi A. et al. 2009. Crustal evolution of the southwestern Kuril Arc, Hokkaido Japan, deduced from seismic velocity and geochemical structure. *Tectonophysics*. 472(1-4). 105-123.

長浜春夫・照井一明・長沼幸男・佐藤松男. 1980. 斜層理・礫からみた浦幌層群の供給源. *日本地質学会学術大会講演要旨 第 85 年学術大会*. p. 200.

Nanayama F., Kanamatsu T., Fujiwara Y. 1993. Sedimentary petrology and paleotectonic analysis of the arc-arc junction: the Paleocene Nakanogawa Group in the Hidaka Belt, central Hokkaido, Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 105. 53-69.

Naruse, H. 2003. Cretaceous to Paleocene depositional history of North-Pacific subduction zone: reconstruction from the Nemuro Group, eastern Hokkaido, northern Japan. *Cretaceous Research*. 24(1). 55-71.

Nifuku K., Kodama K., Shigeta Y., Naruse H. 2009. Faunal turnover at the end of the Cretaceous in the North Pacific region: Implications from combined magnetostratigraphy and biostratigraphy of the Maastrichtian Senpohshi Formation in the eastern Hokkaido Island, northern Japan. *Palaeogeography,*

- Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 271, 84-95.
- 浜野洋三・網川秀夫・斎藤靖二・木川栄一. 1986. 北海道東部の古地磁気. *月刊地球*. 8. 434-438.
- Fujiwara Y., Kanamatsu T. 1990. Magnetostratigraphy of the Nemuro Group, east Hokkaido, Japan. *Rock Magnetism and Paleogeophysics*, 17, 38-41.
- Fujiwara Y., Kanamatsu T., Nanayama F. 1995. Tectonic evolution of two paleo arc-trench systems in Hokkaido, northern Japan. *Geofisica Internacional*, 478, 45-48.
- Maeda, J. 1990. Opening of the Kuril Basin deduced from the magmatic history of Central Hokkaido, North Japan. *Tectonophysics*. 174, 235-255.
- Matsui, M. 1962. Sedimentological study of the Paleogene basin of Kushiro in Hokkaido, Japan. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University. Series 4, Geology and Mineralogy*. 11(3), 431-480.