

日本列島の古地理復元と恐竜博物館における展示

野田 芳和・後藤 道治

福井県立恐竜博物館
福井県勝山市村岡町寺尾51-11

要 旨

恐竜博物館1階の「地球の科学」ゾーンに、パーソナル・コンピュータを利用した「大陸移動」のシミュレーション展示がある。その中で「日本列島の成り立ち」と題して、6,500万年前以降の日本列島の古地理復元を行っている。これまで日本列島の成立に関する古地理図は数多く公表されているが、6,500万年前以降、100万年～数百万年単位で現在に至る一連の図を公表したものはなく、多くの文献情報をまとめた今回の古地理復元のデータは、学術研究や博物館展示のみならず、広く学校教育の素材としても大いに利用できるものと考えている。今回のデータについては、まだ議論が必要な点も多くあり、問題点も少なくないと考えられるので、多くの方々のご意見・ご批判を仰ぎ、より完成されたシミュレーションに近づけ、よりよい展示として活かしたいと考えている。

キーワード：古地磁気，古地理図，新生代，展示，日本海拡大，日本列島

NODA, Yoshikazu and Michiharu GOTO (2003) Paleogeographic maps of the Japanese Islands and their application to exhibition of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum. Mem. Fukui Pref. Dinosaur Mus. 3: 47-63.

There is exhibited the interactive computer simulated program, titled "Formation of the Japanese Islands" and "Continental drift", in the "Earth Sciences" exhibition zone on the first floor of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum. The former program shows paleogeographic maps from 65 Ma to the recent, and the visitors can see how the Japanese Islands were formed. To display smooth movement of the Japanese Islands in the computer program, we needed paleogeographic data in every 1 million years. We researched data from a lot of studies, checked marine strata and non-marine strata in various ages and areas, and compiled paleogeographic maps.

"Formation of the Japanese Islands" includes the opening of the Japan Sea. It is generally accepted that Japan was a part of the Chinese (Asian) continent, and that around 16 Ma when the Japan Sea began to open there were a lot of islands in the Japan Sea area. Paleomagnetic studies have revealed that northeastern part of the Japanese Islands rotated counterclockwise and southwestern Japan rotated clockwise, and the rotation took place so quickly. But there are still a few problems remained; that is, when the sea invaded in the Japan Sea area, when the rotation of the Japanese Islands began and ended, and so on.

There are a lot of paleomagnetic data about the Honshu (main island of Japan), but rare about the rest of Japanese Islands such as Hokkaido and Kyushu. Also we needed data of Sakhalin, Korean Peninsula and Chinese continent, but we did not research sufficiently.

Here, these data and maps are provided, so that we ask critics widely.

Corresponding author — Yoshikazu NODA
Fukui Prefectural Dinosaur Museum
51-11, Terao, Muroko-cho, Katsuyama, Fukui 911-8601, Japan
Phone: +81-779-88-0001, Fax: +81-779-88-8720
E-mail: y-noda@dinosaur.pref.fukui.jp (*を半角@に変えてご入力ください)



FIGURE 1. Exhibition of "Earth Sciences", 1st floor of the museum. The arrow shows the simulation system (Fig. 2).



FIGURE 2. Exhibition of the computer simulation, "Formation of the Japanese Islands" and "Continental drift".

はじめに

福井県立恐竜博物館では、恐竜を中心とした古生物や岩石・鉱物などの地学・古生物学的素材を元に、地球史全体を体系的に学習できる展示を目指している。展示は、「恐竜の世界」、「生命の歴史」、「地球の科学」のゾーンに区分され、特に「地球の科学」では、地球というグローバルな視点と身近なフィールド（野外現場）を関連付け、岩石や地層の観察など体験できる展示物を通して、観覧者の意識をフィールドへと誘引する展示を展開している。その展示物の一つとして、コンピュータグラフィックスを駆使して作成した「日本列島の成り立ち」がある (Figs. 1, 2)。

1997年から1998年にかけて福井県立恐竜博物館の展示実施設計が行われた。1階「地球の科学」ゾーンの展示のひとつにマルチメディア展示として「大陸移動シミュレーション」があり、その中で「日本海の形成シミュレーション」が議論された。当初はインタラクティブ性（双方向性）のないいわゆる「動くグラフィック」として検討されたが、その後、「日本海」部分を独立させることや、来館者がインタラクティブにシミュレーションできるようにすることとなった。「日本海」については、陸の移動だけでなく、海流や気候の変化を示せるとよいなどの意見もあったが、古地理図に入れるほどの細かなデータを集めることが困難と判断し、陸地の移動をシミュレートするというシンプルなものとした。

日本列島の移動および日本海の拡大に関しては、数多くの研究があり、統一見解があるとはいえない状況である。例えば古地磁気の研究から明らかになった日本列島の“観音開きモデル”(“Double door” mode: Otofujii et al., 1985b)においても、その回転角や回転極をどこにするのか、またいつ回転が始まったのか、いつ日本海が開いた（日本海側に海が浸入した）のかなど、現在進行形で議論されているものもある。

実際の古地理復元の作業にあたって、本州弧については古地磁気の多くの研究があり、古地理復元のためのデータもある程度そろっているといえるが、北海道および九州については確からしいデータというものが数少なく、またサハリンや朝鮮半島、中国本土についても、データに乏しい。作業は過去の研究をまとめることを主として行った。

古地理図をコンピュータデータとし、シミュレーション・プログラムを作成する作業は展示業者が行ったが、コンピュータで陸地の移動を滑らかに行うために、細かな時代ごとのデータが必要であった。ほぼ100万年（1 Ma）ごとに古地理図を描いていったが、特に16Ma前後の日本列島の回転のピークについては、その間の古地理も復元する必要があった。さらに日本海に登場する多くの島々を時代ごとに対応させて指示する必要があった。一方、日本海拡大以前については、1 Maというほどの細かなデータがないことや日本列島を中国大陸に付けたままで古地理を描くことが許されるという状況から、一つの古地理図で数Maを代表することとした。

最終的に、65Maから現在に至るまでの日本列島の移動シミュレーションを作成することができた。本論文におい

てこの復元した古地理図を示すことで、各方面の研究者諸氏のご意見を仰ぎ、最新の研究成果を加味してデータを改正していきたい。それがよりよい博物館の展示に活用できることを願っている。

古地理図復元のための基本コンセプト

日本列島の移動の古地理復元のためには、大きく分けて二つの基本データが必要である。一つは海岸線のデータであり、もう一つは日本列島の古位置のデータである。前者については、鹿野ほか (1991) をベースとした。鹿野ほか (1991) は、それまでの数多くの研究をまとめ、統一された視点で新生代の日本の地史を編んでおり、連続的に古地理を見ることが出来るものである。しかしその古地理図は現在の日本列島の位置の上に描かれたものであって、過去の日本列島の位置でその古地理を表現する必要がある。

後者の基本データは、古地磁気の研究成果に基づくものであるが、研究者によって必ずしも一致していない。ここでは、林田ほか (1989) を基本として、さらに複数の研究成果をできるだけ矛盾のないように適用した。

実際の作業は、16Ma前後の陸域の分布図からスタートした。その図には、湊 (1973) を始め、上記の鹿野ほか (1991)、IGCP-114 National Working Group of Japan (1981)、Chinzei (1986)、Chiji et al. (1988, 1990)、千地ほか (1989)、小笠原 (1993)、Ogasawara and Nagasawa (1992) など、数多くのものがある。今回は、古地磁気や古生物学的データなどを総合的に議論・検討したIGCP-114およびIGCP-246という新第三紀の国際対比研究に基づき、その結果を踏まえて作成された小笠原 (1993) およびOgasawara and Nagasawa (1992) を16Ma前後の図として採用し、それをメインとしてほかの時代の図を作成していった。

日本海拡大の開始時期・終了時期

日本海の拡大の開始がいつだったのかという問題については、さまざまな議論がある。西南日本については、残留磁気方位が著しく東偏するのが16Ma以前のものであるということではほぼ一致している (林田ほか, 1989; Nakajima and Hirooka, 1986; 中島・中川, 1994: Otofujii et al., 1986など)。したがって、西南日本は17Maまでは回転していないものとした。

Hayashida (1986) および林田ほか (1989) によれば、西南日本は15Maでは回転途中にあった。中島・中川 (1994) でも15Ma以降には古地磁気の偏角変化が終息している。したがって西南日本の回転は14Maには終わっているものとした。

Otofujii et al. (1985a, b, 1986) は、東北地方の反時計回りの回転が約21Maから11Maまでの間の時期に起こったことを示した。その後、林田ほか (1989) は17Maを日本海拡大以前とし、林田 (1994) は、岩手県の門の沢地域では、回転が21Ma以降に始まり、16Maには終了したとしている。Hoshi and Takahashi (1999) は、東北日本の反時計

回りの回転が21Ma~18Maにかけて起こったとしている。したがって本論文では、21Maにはまだ回転していないものとした。

東北日本の回転について、Hirooka et al. (1986) は、14 Ma以降も東日本にはテクトニックな回転運動が継続していたとしている。Hirooka et al. (1990) は、14Ma以降にも東北日本に古地磁気の西偏を認めている。今回の復元では12Maにはその回転が終了していたものとした。

日本海側への海の侵入

日本海側への海の侵入の時期について、鹿野ほか(1991)では、約20Maに島根半島(成相寺層)、17.5Maで隠岐(久見層)および北田(網野層)に海成層があったとされている。さらに鹿野ほか(1991)では、富山・金沢の岩稲層の海成層の始まりが17Ma、能登北部の東印内層の始まりが18Maとなっている。高安ほか(1992)は、山陰地方での全体的な海進が始まるのは16.5Ma以降としているが、海生軟体動物化石の産出から16.5Ma以前に山陰中央部に断続的な海進があったとし、山内・吉谷(1992)はその一部(大田湾入部)の化石産出層準を23Maとしている。藤井ほか(1992)も北陸地域での本格的な海進は黒瀬谷期(16.5~16Ma)であるが、その前の岩稲期(20~18Ma)後期および医王山期(18~17Ma)での海生軟体動物化石の報告があったことを述べている。今回の古地理図の作成にあたっては、こうした16.5Maころと考えられる大海進より前の海が存在することが困難であったため、17Maで基本とした小笠原(1993)の図に移行できるように考え、18Maでは海が島根半島付近に達している図とした。

また16.5Maをピークとする海進以前には、いわゆるグリーンタフをもたらした活発な火山活動があり、日本海拡大の前駆的な活動があった。陥没盆地の形成に伴って数多くの湖などの淡水域があったと考えられている(湊, 1973; 高安ほか, 1992など)。こうした淡水域についても今回の古地理図には表現しなかった。

日本列島の回転と古位置

日本列島の回転の手順は次のように行った(Table 1)。東北日本については、林田ほか(1989)に基づき、21Ma以前の位置をOtofuji et al. (1985a)の回転極(北緯44°東経146°)で時計回りに47°回転させたところとした。林田ほか(1989)では、この回転を棚倉構造線以北の東北日本としているが、この研究では棚倉構造線以南のブロックも結合させている。棚倉構造線を境にその南と北のブロックが異なった動きをしているという研究があるが(Hoshi and Takahashi, 1999)、展示制作の時期的な問題もあって、その成果を取り入れることができなかった。

東北日本の16Maの古位置は、同じ回転極で時計回りに29°回転させたところとした。さらに16Maの古地理図として採用した小笠原(1993)およびOgasawara and Nagasawa(1992)に合わせて、これを北東に移動させた。この移動に伴い、前述の21Ma以前の古位置も北東に移動した。15

Maでは、林田ほか(1989)に従い、現在の位置から同じ回転極で時計回りに14°回転させたところに配置した。12Maには、東北日本は現在の日本列島と同じところにあるものとした。

上記の位置に配置した後、その間の古位置については、時間的に均等に移動させた。北海道南西部は東北日本と同じ動きとした。

九州を除く西南日本の古位置については、林田ほか(1989)に基づいている。17Ma以前の位置は、Otofuji and Matsuda(1983)の回転極(北緯34°東経129°)で現在の西南日本を反時計回りに47°回転させたところとした。16Maの位置は、北緯34.65°、東経130.29°を回転極として、現在の西南日本を反時計回りに47°回転させた位置とし、17Maから16Maにかけては西南日本を平行移動させた。15Maの位置は、現在の位置から16Maの回転極で反時計回りに25度回転させた位置である。これは林田ほか(1989)によれば、16Maの位置から現在の位置への回転が50%達成された状況にある。そして14Maで現在の西南日本の位置とした。

中部地方については、東北日本とも西南日本とも違った古地磁気方位の変化をもっている(たとえば Itoh, 1988)。今回、林田ほか(1989)に従い、17Maまでは、西南日本と同じように回転させた後、北緯39.90°、東経134.16°の回転極の周りに時計回りに47.5°の回転を与えた(2回の回転)。以降は、西南日本と同じように動くが、回転せず、ほぼ平行移動させている。

データの少ない九州ではあるが、広岡(1994)によれば、九州主部は時計回りに回転しているが、中国地方以東の西南日本ほど回転角が大きくなり、また西九州はほとんど回転していない。回転角のデータを得ることができなかったため、九州主部の17Ma以前における古位置は、小笠原(1993)およびOgasawara and Nagasawa(1992)における位置とした。以降の回転において、西南日本の回転角47°より若干緩いため、微妙に調整をして、14Maに現在の位置になるようにした。長崎などの西九州は、九州主部と同じ移動をしながらも、回転させなかった。

北海道については、過去の古地理図の復元では除外されている(林田ほか, 1989; 千地ほか, 1989など)か、または現在と同じ形で考えたもの(Chinzei, 1978, 1986, 1991; 鎮西, 1986; Ogasawara and Nagasawa, 1992; 小笠原, 1993; 鹿野ほか, 1991など)が多い。一方、新妻ほか(1986)、君波(1989)、福沢・小泉(1994)などは、北海道を石狩低地帯の西縁と網走構造線によって大きく3分し、千島海盆の形成やプレートの動きと絡めて北海道の古位置を復元している。北海道の古地磁気学的研究は、藤原(1989)や広岡ほか(1994)などがある。北海道の古位置について、統一的な見解を見ることができないこと、時代的な連続データを得ることができないことから、今回は基本的に現在の北海道と東北日本との位置関係をそのまま使っている。石狩低地帯以西の道南地域および樺戸山地は、東北日本と同じ動きとした。道央は日高山脈の隆起までは海の中と考え、17Ma以降に現れ、道南と同じ動きをする。道東については、広岡ほか(1994)に基づいて回転さ

TABLE 1. Paleoposition by the rotation of Japanese Islands applied in this study.

Area	Age	Pivot	Rotation (paleoposition)
Northeast Japan	Before opening of Japan Sea (~21Ma)	Northern pivot 146°E, 44°N	47° clockwise from recent position
	16Ma	Northern pivot 146°E, 44°N	29° clockwise from recent position
	15Ma	Northern pivot 146°E, 44°N	14° clockwise from recent position
	12Ma~	Recent position	
Southwest Japan	17Ma	129°E, 34°N	47° counterclockwise from recent position
	16Ma	130.29°E, 34.65°N	47° counterclockwise from recent position
	15Ma	130.29°E, 34.65°N	25° counterclockwise from recent position
	14Ma~	Recent position	
Chubu area (Nohi area including Noto Peninsula)	~17Ma	129°E, 34°N	47° counterclockwise from recent position
		134.16°E, 39.90°N	47.5° clockwise from the above rotated position
	14Ma~	Recent position	
Kyushu (except western part)	~17Ma	Position according to Ogawasara and Nagasawa (1992)	
	14Ma~	Recent position	
Western Kyushu		Moved with main Kyushu without rotation	

せた。すなわち33Maまでは、現在の道東を時計回りに120°回転させ、32Ma~18Maはそこから反時計回りに80°回転させた。そして17Maで現在の形としている。それらの回転極についてのデータは得ることができなかったため、現在の北海道主部との位置関係のまま回転させている。

日本列島の古地理図

海岸線は、鹿野ほか(1991)の図をもとに、彼らの地域ごとのデータから、海成層の時代変遷をとらえて作図した。ただし付加体についてはこの地域になかったものとして加味していない。

18Ma以前 (Fig. 3-1~19)

日本列島の古位置については、17Ma以前ではすべて同

一のものを使用している。北海道道東のみ、32Maより前と以降とで異なっている。古地理図は鹿野ほか(1991)に基づいているが、西九州、北九州、山口県西部~山陰、瀬戸内、常磐、久慈、北海道など各地における海成層の時空分布(鹿野ほか, 1991による)を加味して、海岸線を作図した。

17Ma (Fig. 3-20)

古地理図は、小笠原(1993)を基本としている。日本海側については、鹿野ほか(1991)および高安ほか(1992)を参考にした。

16Ma (Fig. 3-24)

海岸線は小笠原(1993)を基本として加筆した。高安ほか(1992)および秦ほか(1982)を参考に隠岐島と奥尻島に陸域を加えた。

ここで、実際にコンピュータシミュレートするにあたって、17Ma~16Maにかけての日本列島の移動が急速で、かつ古地理も大きく変化することから、その間の古地理図が必要となった。そこで16.75, 16.50, 16.25Maの古地理図を作成した (Fig. 3-21~23)。この3枚の図の作成にあたっては、高安ほか (1992: 山陰地域)、藤井ほか (1992: 北陸地域)、白石・的場 (1992: 秋田・山形地域) などを参考にしつつも、17Maの陸域が16Maの多島海の状態になるように海域を拡大し、林田ほか (1989) における大和堆など日本海の海台や海膨の動きを考慮して海の侵入を描いた。

15Ma (Fig. 3-25)

北海道を除く日本列島の古地理と大陸の海岸線は、千地ほか (1989) にしたがっている。北海道は、16Maと13Maの図の間を描いている。

14Ma (Fig. 3-26)

鹿野ほか (1991) の古地理図をベースに、陸成層の分布を鹿野ほか (1991) のデータから抽出し、全体としては、15Maと13Maの中間の図を描いた。対馬海峡は、鎮西 (1986) や千地 (1986) に従い、貝類化石群が暖流系から寒流系に急激に変化したことや有孔虫の急激な変化 (Foram. Sharp Line) などから、15Ma以降、閉鎖に向かったと考え、14Maでは閉じたものとした。

13Ma (Fig. 3-27)

古地理図は、鹿野ほか (1991) を採用し、大陸の海岸線については加筆した。

12Ma (Fig. 3-28)

岩崎 (1981) およびChinzei (1986) に基づいて作図した。対馬海峡周辺については、鹿野ほか (1991) を参照した。伊豆半島については、約5~3Maに本州に衝突したとされており (広岡, 1986)、この図以降、6Maの図までは表現していない。

10Ma (Fig. 3-29)

鹿野ほか (1991) に従った。大陸の海岸線については加筆した。

8 Ma (Fig. 3-30) および 6 Ma (Fig. 3-31)

参考となるような日本列島全体を示した古地理図が見当らなかったため、10Maと4.5Maの古地理図を埋めるような形で作図した。各地の陸域の分布については、鹿野ほか (1991) による陸成層や海成層の時空分布、不整合の存在などを参考にした。対馬海峡は、8Ma以降開いたものとした。茨木 (1986) によれば、浮遊性有孔虫は中・後期中新世 (Blow, 1969のN.13~N.17下部) に日本海側において消滅した後、後期中新世 (N.17上部) で再び出現する。これは7Ma~6Maあたり、その頃には対馬海峡が開いていたと考えて作図した。

4.5Ma (Fig. 3-32)

鹿野ほか (1991) に基づいて作図した。大陸の海岸線は加筆した。

2.5Ma (Fig. 3-33)

鹿野ほか (1991) に基づいている。大陸の海岸線については、Ogasawara (1986) に従った。

1 Ma (Fig. 3-34)

鹿野ほか (1991) に基づいて作図した。大陸の海岸線は加筆した。

12万年前 (Fig. 3-35)

日本第四紀学会 (1987) に基づいている。大陸については、鮎野ほか (1992) に従った。

2万年前 (Fig. 3-36)

日本第四紀学会 (1987) を基にした。大陸については、湊 (1973)、郷原 (1975) および鮎野ほか (1992) を参考にした。

今後の課題

今回の日本列島の古地理図の復元について、これまでのすべての研究を網羅することはできず、またその中から何をベースにするかは重要な課題であった。すでに述べたように、今回の復元では、林田ほか (1989) と鹿野ほか (1991) を基本的に採用している。復元にあたっては、そうした多くのデータを多面的に検証し、作業を行うべきであることは十分に承知しているが、博物館の展示という、時間的にも制約された、特別な条件の中での一定の成果であると思っている。

具体的な問題点を挙げればきりがないかもしれないが、特に今後の課題として重要だと思うのは、東北日本の回転についてで、それは西南日本と違っていくつかのブロックとしての挙動が認められており、たとえばHoshi and Takahashi (1999) は、棚倉構造線を境にその南北のブロックでの異なる動きを指摘している。こうしたブロックとしての移動や回転は研究も検証もたやすいことではないと思われるが、無視しては通れないものである。

また東北日本の回転の終了時期についても多くの見解がある。林田 (1994) は、岩手県門の沢地域の回転運動が16Maには終了したと述べているが、東北日本の回転は21~18Maにかけて起こったとする見解もある (Hoshi and Takahashi, 1999)。こうした早期の回転終了も、地域的な差異 (ブロックの差別的な回転運動) によるものかもしれない。今回、そのようなブロックの回転を古地理図の復元に反映することはできなかったが、今後はそれぞれのブロックについての古地理復元を検討する必要があると思われる。

さらに付け加えるならば、約5~3Maに本州に衝突したとされる伊豆半島 (広岡, 1986) について、今回は詳細な検討をすることができず、過去の位置を表現できなかった。また伊豆半島は衝突後もさらに北上を続けたと考えられ、本州弧は少なからず変形を被ったと思われるが、こうした表現もできていない。過去の位置については、北海道やサハリン、千島列島なども正確さを欠いており、今後の検討課題である。

おわりに

この稿を起こすにあたって、すでに展示用に古地理図を作成してから5年近くの歳月が流れており、参考にした研究論文を読み直すことから始まった。作成時も含め、論文

を完全に理解したとはいえない状況で作図したものもあり、先達の成果を誤解したものがあるかもしれないことをお断りしておきたい。したがって、この拙稿をもし引用される場合は、原論文にあたって頂きたい。

すでに記したように、この古地理図作成後もさまざまな研究が進み、網羅することはできず、これからも調査研究を行って、最新のデータであらためて展示に活かしていくことができるよう願っている。

引用文献

- Blow, W. H. 1969. Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy; pp. 199–421 in Bronniman, P. and Renz, H. H. (eds.), *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils*, Geneva, 1967. 1. E. J. Brill, Leiden.
- 千地万造. 1986. 日本海の形成とそれに伴う地史的イベントに関する2, 3の問題. 月刊 海洋科学 18(3):188–191.
- Chiji, M. and IGCP-246 National Working Group of Japan. 1988. Paleogeographic change and bioevents related to the opening of the Sea of Japan. *Journal of the Paleontological Society of Korea* 4 (1): 55–60.
- Chiji, M. and IGCP-246 National Working Group of Japan. 1990. Paleogeography and environments during the opening of the Sea of Japan; pp. 161–169 in R. Tsuchi (ed.), *Pacific Neogene Events: Their Timing, Nature and Interrelationship*. University of Tokyo Press, Tokyo.
- 千地万造・IGCP-246国内ワーキンググループ. 1989. 日本海形成に伴う古地理・古環境の復元; pp. 57–63, 日本海の形成とそれに伴う新第三紀地史的イベント. IGCP-246 国内ワーキンググループ, 京都. IGCP-246 "Pacific Neogene Events in Time and Space" <PANETS>, 静岡.
- Chinzei, K. 1978. Neogene molluscan faunas in Japanese Islands: an ecologic and zoogeographic synthesis. *The Veliger* 21 (2): 155–170.
- 鎮西清高. 1986. 中新世に於ける日本海域の海洋環境の変化と日本海の拡大. 月刊 海洋科学 18(3): 181–187.
- Chinzei, K. 1986. Faunal succession and geographic distribution of Neogene molluscan faunas in Japan; pp. 17–32 in T. Kotaka (ed.), *Japanese Cenozoic molluscs — Their origin and migration —*. Palaeontological Society of Japan, Special Papers 29.
- Chinzei, K. 1991. Late Cenozoic zoogeography of the Sea of Japan area. *Episodes* 14 (3): 231–235.
- 藤井昭二・粕野義夫・中川登美雄. 1992. 北陸地域における新第三系の層序対比と新第三紀古地理; pp. 85–95, 小林巖雄・立石雅昭・高安克己・的場保望・秋山雅彦 (編), *古日本海の新第三系—層序・古地理・古環境—*. 地質学論集 37.
- 福沢仁之・小泉 格. 1994. ODP日本海の掘削試料と日本海・オホーツク海沿岸陸域第三系との比較検討. 月刊地球 16(3): 154–163.
- 藤原嘉樹. 1989. 北海道における新第三紀の磁化方位の特徴. 月刊 地球 11(6): 368–372.
- 郷原保真. 1975. 氷河時代の日本列島. *アーバンクボタ* 11: 4–11.
- 秦 光男・瀬川秀良・矢島淳吉. 1982. 奥尻島北部および南部地域の地質. *地域地質研究報告* (5万分の1図幅). 地質調査所, つくば, 83 pp.
- Hayashida, A. 1986. Timing of rotational motion of Southwest Japan inferred from paleomagnetism of the Setouchi Miocene Series. *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity* 38 (5): 295–310.
- 林田 明. 1994. 門の沢地域の古地磁気方位と東北日本の回転. 月刊 地球 16(3): 135–138.
- 林田 明・鳥居雅之・広岡公夫. 1989. 日本列島の古位置復元の試み; pp. 51–56, 日本海の形成とそれに伴う新第三紀地史的イベント. IGCP-246国内ワーキンググループ, 京都. IGCP-246 "Pacific Neogene Events in Time and Space" <PANETS>, 静岡.
- 広岡公夫. 1986. 古地磁気から見た新第三紀の古地理的イベント. 月刊 海洋科学 18(3): 169–174.
- 広岡公夫. 1994. 概説: 日本列島の古地理的変遷—新第三紀における変動—. 月刊 地球 16(3): 133–134.
- Hirooka, K., H. Sakai, T. Takahashi, H. Kinoto and A. Takeuchi. 1986. Tertiary tectonic movement of central Japan inferred from paleomagnetic studies. *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity* 38 (5): 311–323.
- 広岡公夫・田中彰子・森定 尚・福沢仁之. 1994. 道東・北部地域の第三系の古地磁気. 月刊 地球 18(3): 186–190.
- Hirooka, K., R. Yamada, M. Yamashita and A. Takeuchi. 1990. Paleomagnetic evidence of the rotation of central Japan and the paleoposition of Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 77 (3/4): 345–354.
- Hoshi, H. and M. Takahashi, 1999. Miocene counterclockwise rotation of Northeast Japan: a review and new model. *Bulletin of the Geological Survey of Japan* 50 (1): 3–16.
- 茨木雅子. 1986. 浮遊性有孔虫からみた新第三紀のイベント. 月刊 海洋科学 18(3): 154–161.
- IGCP-114 National Working Group of Japan. 1981. Paleogeographic map of the Japanese Islands during 16–15 Ma, the earliest Middle Miocene; pp. 105–109 in R. Tsuchi (ed.), *Neogene of Japan — Its biostratigraphy and chronology —*. IGCP-114 National Working Group of Japan, Shizuoka.
- Itoh, Y. 1988. Differential rotation of the eastern part of southwest Japan inferred from paleomagnetism of Cretaceous and Neogene rocks. *Journal of Geophysical Research* 93 (B4): 3401–3411.
- 岩崎泰頼. 1981. 塩原(型)動物群—中・後期中新世の浅海棲貝類化石群—; pp. 251–258, 波部忠重・大森昌衛 (監修), *軟体動物の研究* (大森昌衛教授還暦記念論文集). 大森昌衛教授還暦記念論文集出版会, 新潟.

- 鹿野和彦・加藤碩一・柳沢幸夫・吉田史郎. 1991. 日本の新生界層序と地史. 地質調査所報告 274: 1—114.
- 粕野義夫・三浦 静・藤井昭二. 1992. 丘陵と平野のなりたち—第四紀の北陸の変遷—. アーバンクボタ 31: 20—37.
- 君波和雄. 1989. 北海道周辺のテクトニクスに関するいくつかの新提案. 月刊 地球 11(6): 309—315.
- 湊 正雄(監修). 1973. [目で見る]日本列島の成り立ち. 築地書館, 東京.
- Nakajima T. and K. Hirooka. 1986. Clockwise rotation of Southwest Japan inferred from paleomagnetism of Miocene rocks in Fukui Prefecture. *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity* 38 (5): 513—522.
- 中島正志・中川登美雄. 1994. 西南日本の2段階回転モデルと日本海の拡大. 月刊 地球 16(3): 143—146.
- 新妻信明・平 朝彦・斎藤靖二. 1986. 日本海拡大前の日本列島; pp. 249—252, 平 朝彦・中村一明(編), 日本列島の形成—変動帯としての歴史と現在—. 岩波書店, 東京.
- 日本第四紀学会(編). 1987. 日本第四紀地図. 東京大学出版会, 東京. 119 pp.
- Ogasawara, K. 1986. Notes on origin and migration of the Omma-Manganzian fauna, Japan; pp. 227—244 in T. Kotaka (ed.), *Japanese Cenozoic Molluscs—Their Origin and Migration—*. Palaeontological Society of Japan Special Papers 29.
- 小笠原憲四郎. 1993. 本邦新生代における寒冷系貝類化石群の成立過程とその変遷. 平成4年度科学研究費補助金一般研究(C)研究成果報告書. 15 pp.
- Ogasawara, K. and K. Nagasawa. 1992. Tropical molluscan association in the Middle Miocene marginal sea of the Japanese Islands: an example of mollusks from the Oyama Formation, Tsuruoka City, Northeast Honshu, Japan. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, 167: 1224—1246.
- Otofujii, Y. and T. Matsuda. 1983. Paleomagnetic evidence for the clockwise rotation of Southwest Japan. *Earth and Planetary Science Letters* 62 (3): 349—359.
- Otofujii, Y., T. Matsuda and S. Nohda. 1985a. Paleomagnetic evidence for the Miocene counter-clockwise rotation of Northeast Japan—rifting process of the Japan arc. *Earth and Planetary Science Letters* 75 (2—3): 265—277.
- Otofujii, Y., T. Matsuda and S. Nohda. 1985b. Opening mode of the Japan Sea inferred from the palaeomagnetism of the Japan Arc. *Nature* 317: 603—604.
- Otofujii, Y., T. Matsuda and S. Nohda. 1986. Brief review of Miocene opening of the Japan Sea: paleomagnetic evidence from the Japan arc. *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity* 38 (5): 257—294.
- 白石建雄・的場保望. 1992. 秋田・山形地域における新第三系の層序と古地理・古環境; pp. 39—51, 小林巖雄・立石雅昭・高安克己・的場保望・秋山雅彦(編), 古日本海の新第三系—層序・古地理・古環境—. 地質学論集 37.
- 高安克己・山崎博史・上田哲郎・赤木三郎・松本俊雄・野村律夫・岡田昭明・沢田順弘・山内靖喜・吉谷昭彦. 1992. 山陰地方の中新統層序と古地理; pp. 97—116, 小林巖雄・立石雅昭・高安克己・的場保望・秋山雅彦(編), 古日本海の新第三系—層序・古地理・古環境—. 地質学論集 37.
- 山内靖喜・吉谷昭彦. 1992. 日本海南部およびその沿岸域における中新世の構造運動; pp. 311—326, 小林巖雄・立石雅昭・高安克己・的場保望・秋山雅彦(編), 古日本海の新第三系—層序・古地理・古環境—. 地質学論集 37.

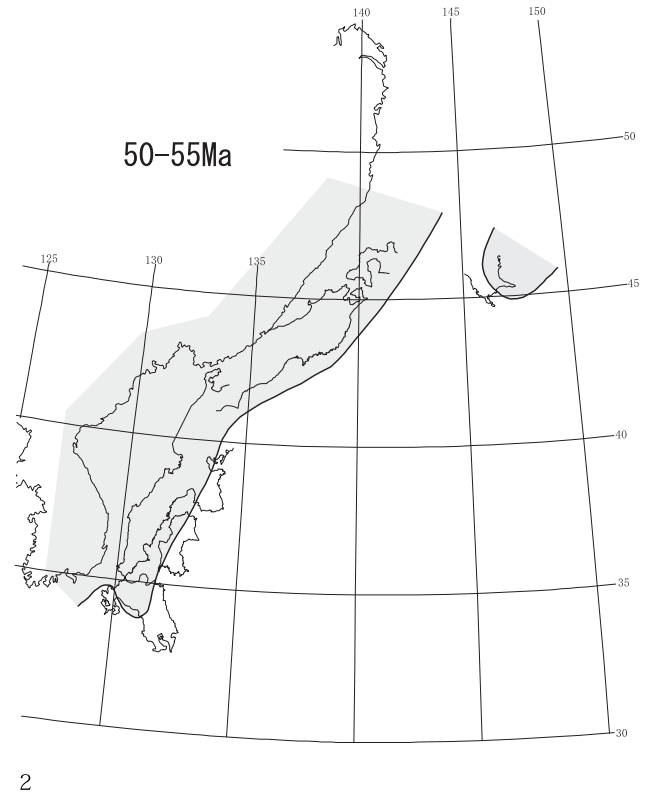
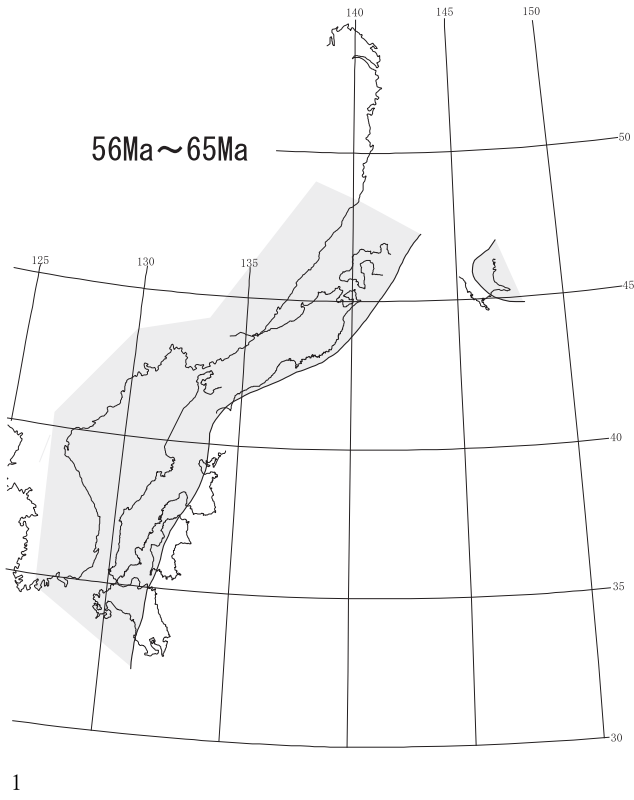


FIGURE 3. Paleogeographic maps of Japanese Islands. Shaded areas are the presumed land.

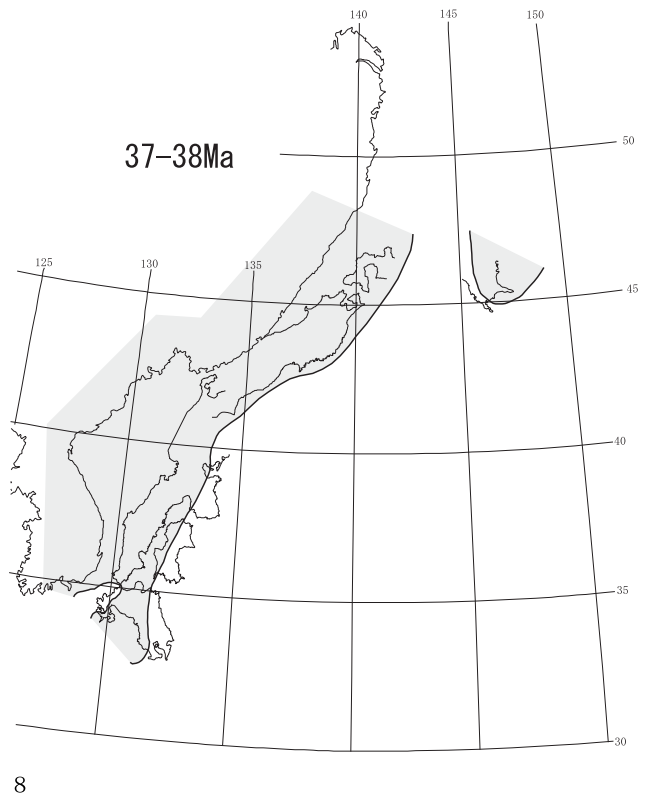
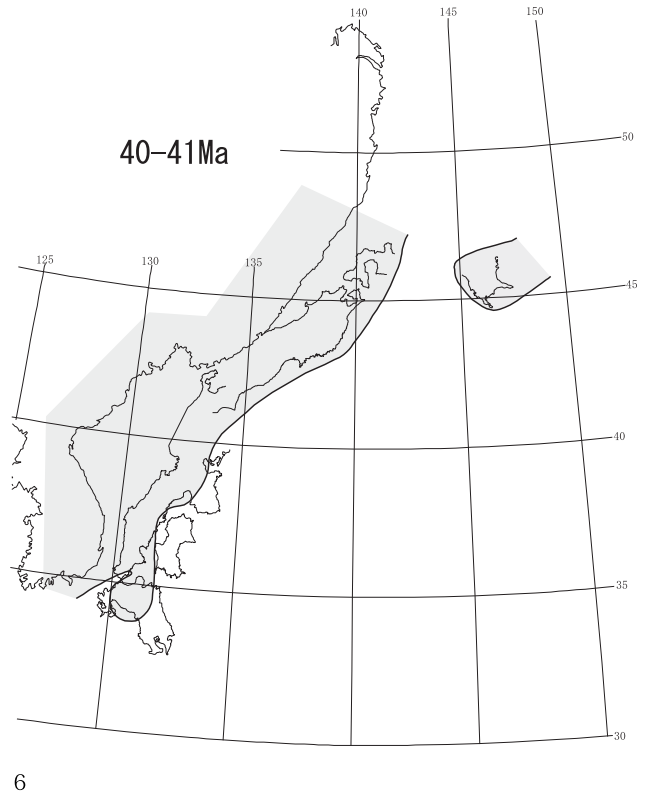
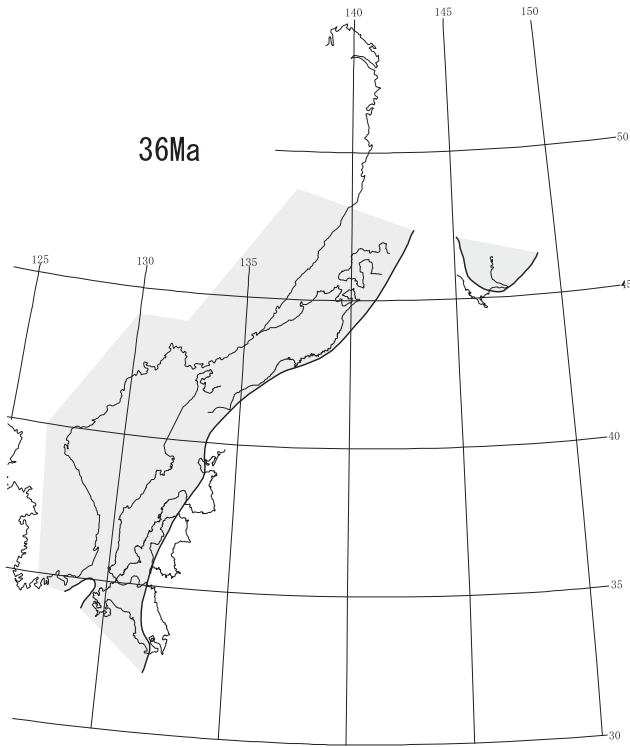
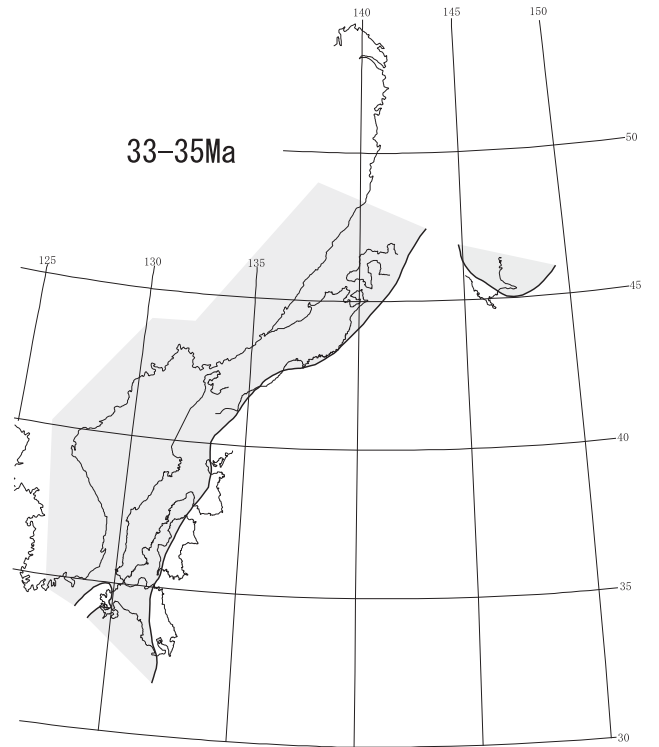


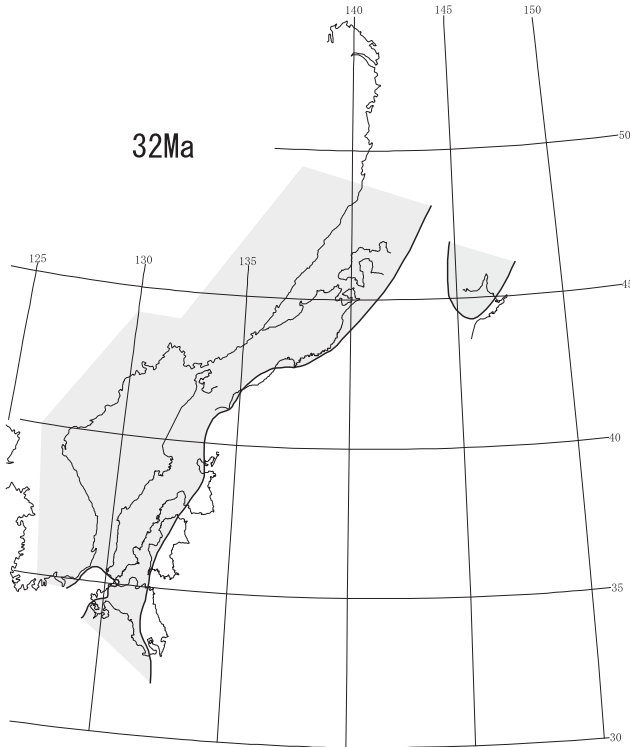
FIGURE 3. (continued)



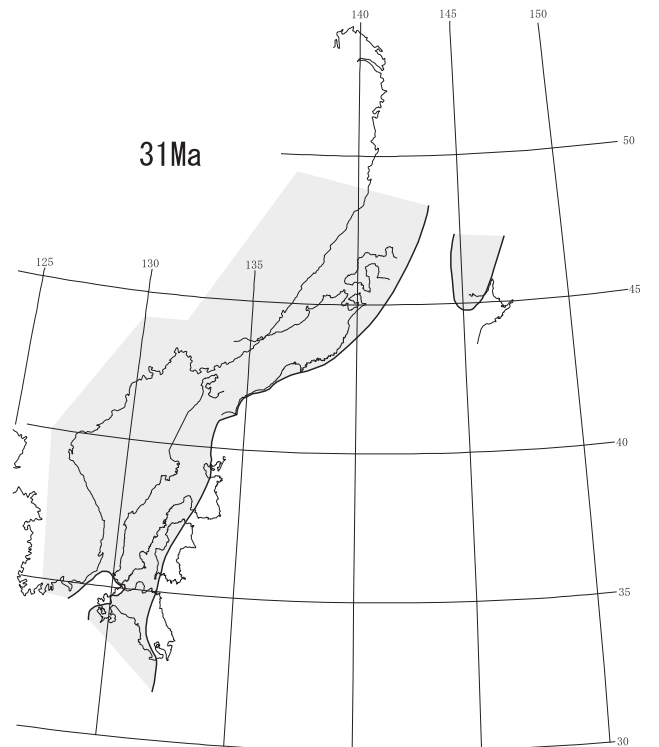
9



10

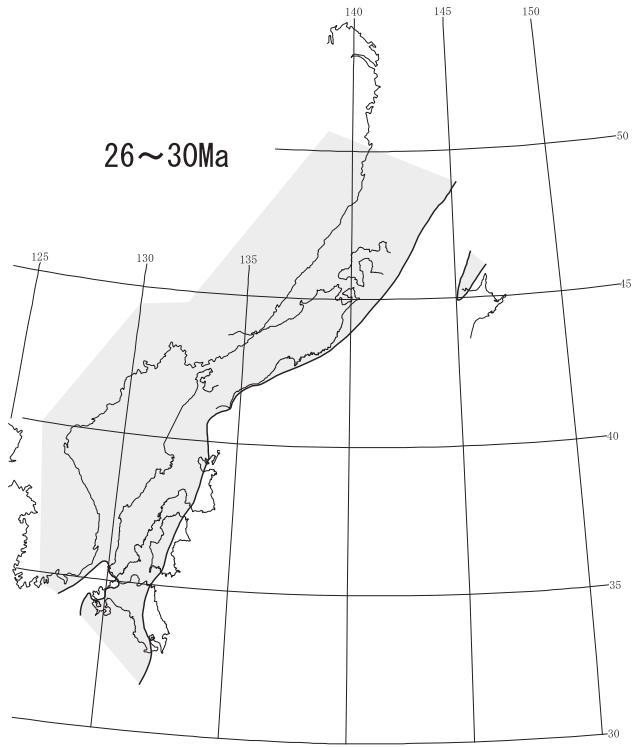


11

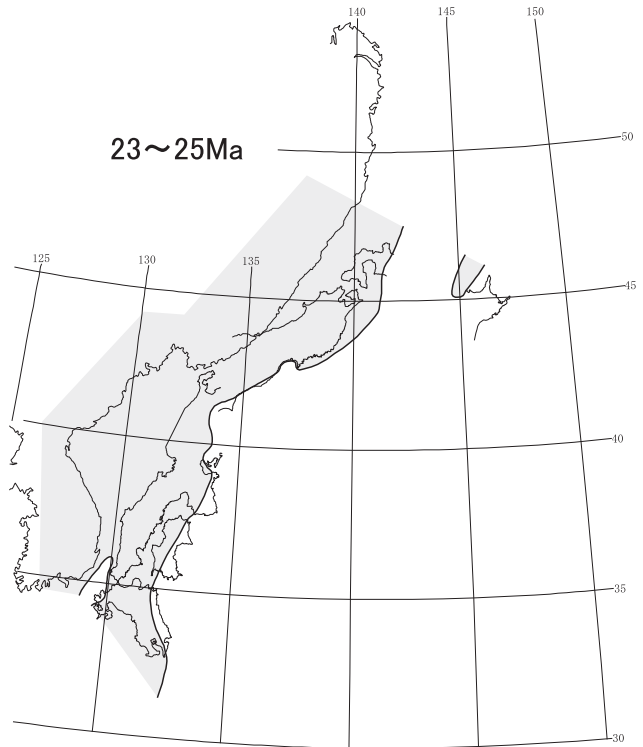


12

FIGURE 3. (continued)



13



14

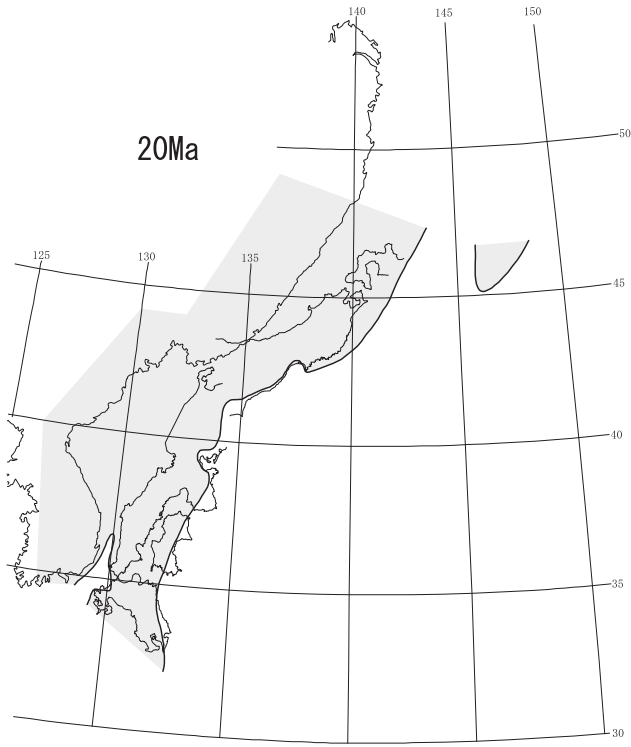


15

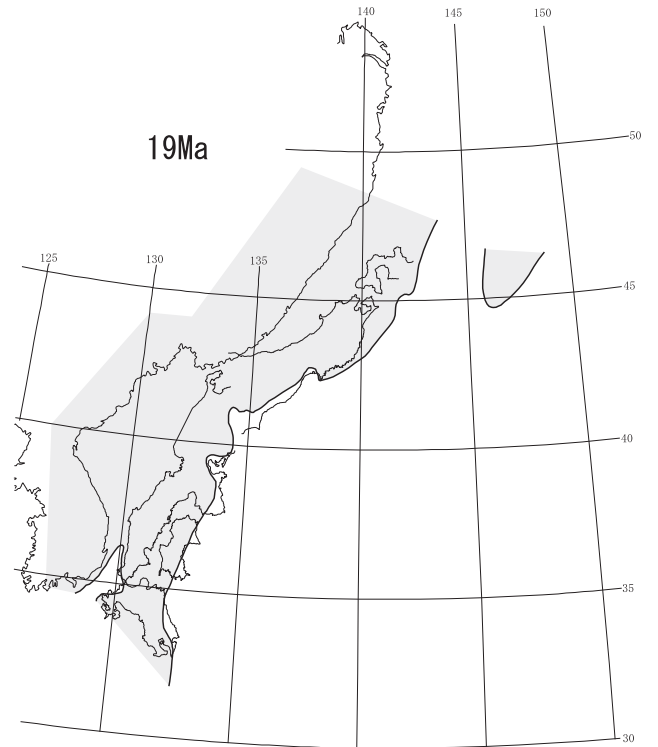


16

FIGURE 3. (continued)



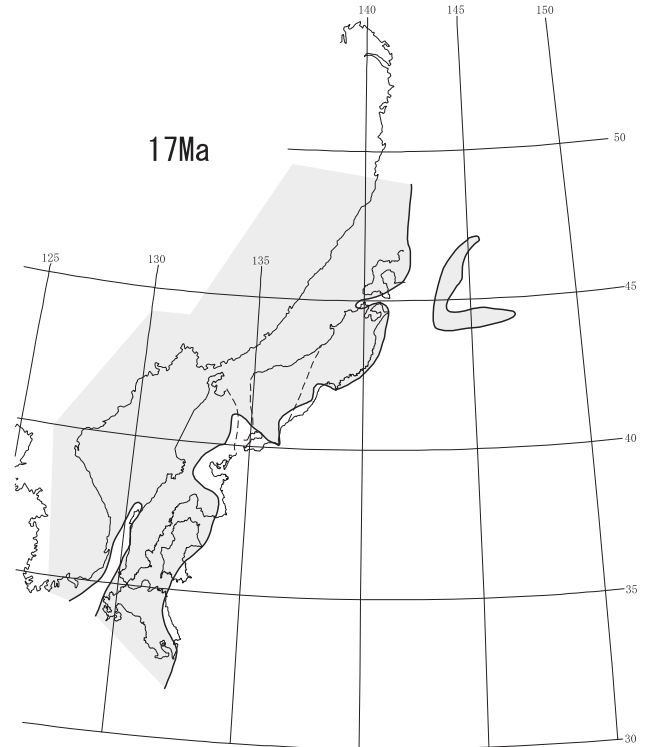
17



18

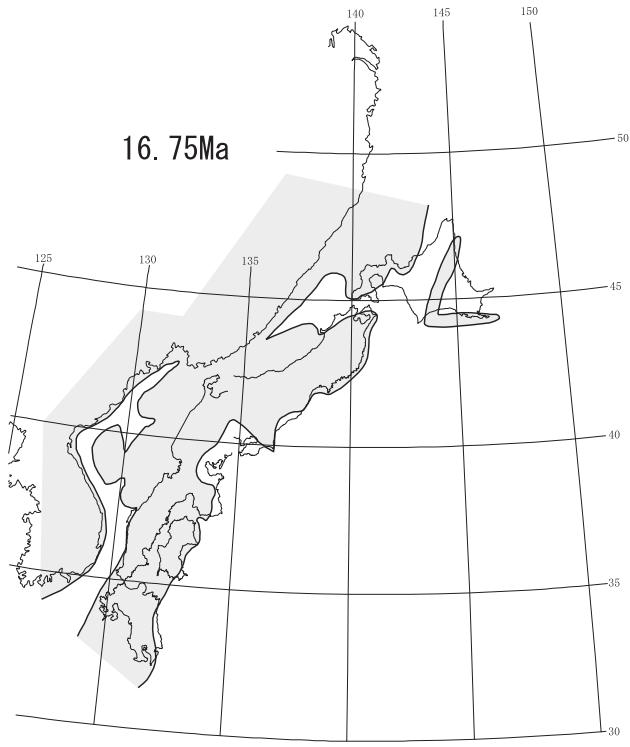


19



20

FIGURE 3. (continued)



21



22



23

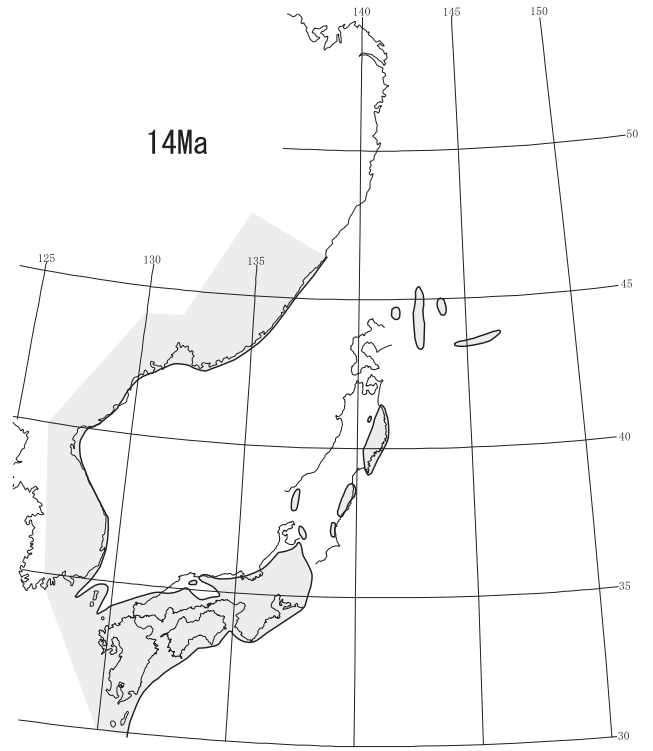


24

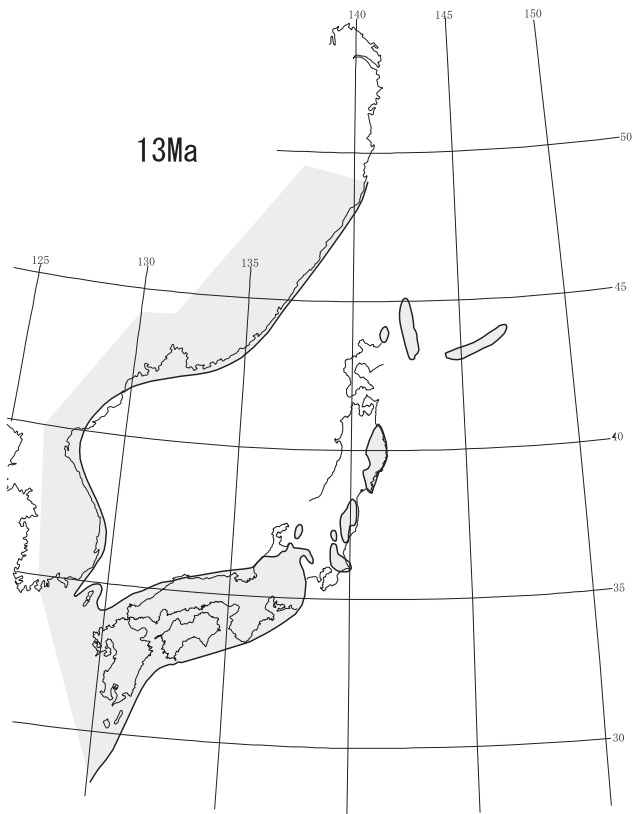
FIGURE 3. (continued)



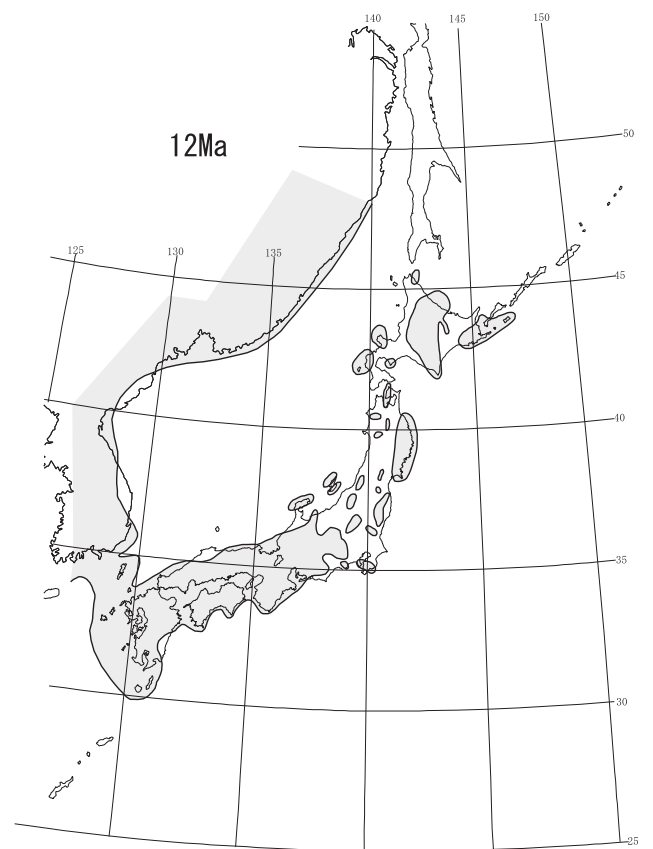
25



26



27



28

FIGURE 3. (continued)



29



30



31

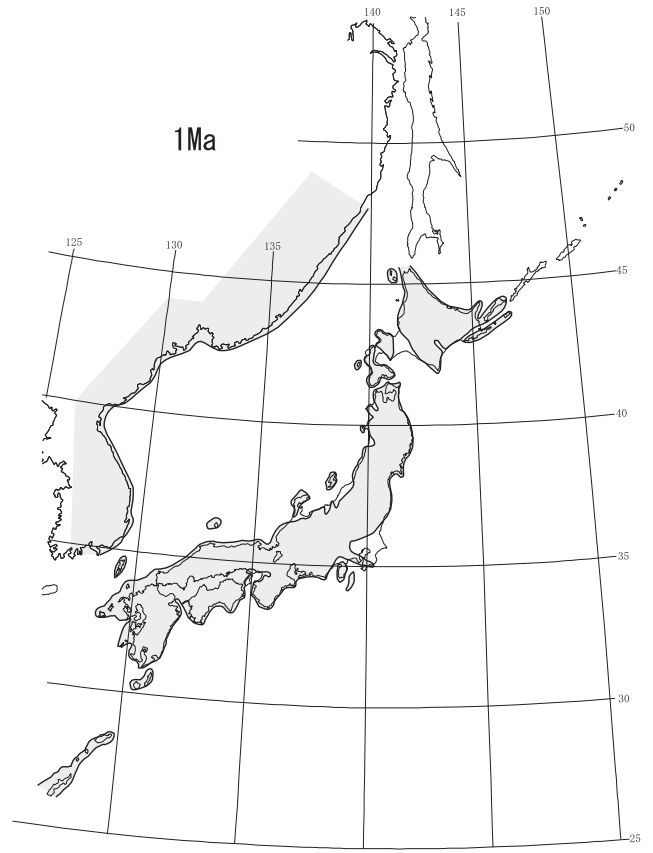


32

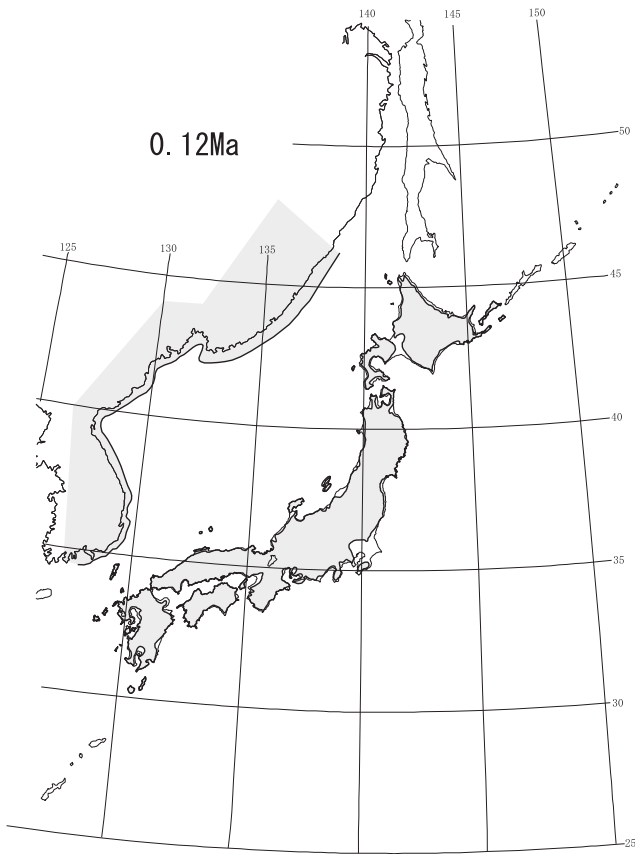
FIGURE 3. (continued)



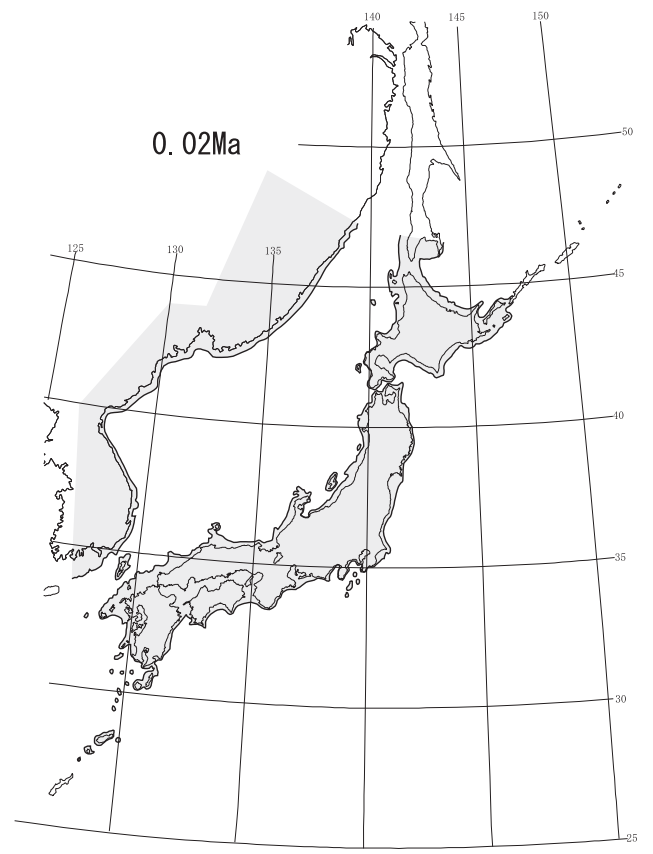
33



34



35



36

FIGURE 3. (continued)