

阿仁合型植物群及び台島型植物群の年代

鹿野和彦* 柳沢幸夫*

KANO, K. and YANAGISAWA, Y. (1989) Ages of the Aniai-type and Daijima-type floras in Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 40 (12), p. 647-653.

Abstract: The Aniai-type (cool-temperate type) and Daijima-type (warm-temperate type) floras are late Tertiary floras in Japan, but their reliable ages have been unsettled. Based on the compiled radiometric ages and biostratigraphical data for the formations which include the floras, the ages of the Aniai-type and Daijima-type floras are assigned to latest Oligocene to earliest Miocene (ca. 26-22 Ma) and earliest Miocene to early Middle Miocene (ca. 22-14 or 13 Ma), respectively. This indicates an abrupt climatic change from cool-temperate to warm-temperate around 22 Ma. However, cool-temperate type floras which have been assigned to the Aniai type flora are found to be ca. 19-18 Ma and 16-15 Ma in age, suggesting that the warm-temperate climate since 22 Ma was interrupted intermittently by short cooling episodes. The climatic changes during Late Oligocene through early Middle Miocene inferred from the fossil plant records in Japan coincide with the global climatic changes which almost synchronized with the repeated growth and decay of polar ice sheets.

The Daijima-type flora is believed to have constituted lowland forests and occurs extensively in the lake deposits of the circum-Japan Sea. The age assignment for the Daijima-type flora thereby possibly indicates that the origin of the Japan Sea basin dates back older than 22 m. y..

1. はじめに

阿仁合型植物群及び台島型植物群(藤岡, 1949, 1963)は, 日本の下部中新統の示準化石植物群(TANAI, 1961; 藤岡, 1963; HuzioKA, 1964)として良く知られている。藤岡(1963, 1972)は, 阿仁合型植物群は温帯北部に分布する落葉樹林の組成を示し, 長い冬期, しかも氷結と降雪を伴う内陸高地の森林を, 一方, 台島型植物群は亜熱帯ないし温帯南部の常緑, 落葉混合広葉樹林の組成を示し, 高温多湿な海洋的気候に育った森林を構成していたと推定している。阿仁合型植物群は朝鮮半島にも, また台島型植物群は, 朝鮮半島, 沿海州, サハリンにも分布しており, 阿仁合型植物群から台島型植物群への変遷は, 明らかに当時の日本周辺の気候が全体として温暖化したことを示す(藤岡, 1972)。また, 藤岡(1972)は, 台島型植物群が海洋に面した低地の群集であることから, この時期に既に日本海域に大規模な堆積盆が生じ, 暖流がそこに流入していたと考えた。

このように, 阿仁合型植物群及び台島型植物群は, 示準化石植物群としてだけでなく, 日本海の生成時期を考

* 地質部

える上で重要な化石植物群と考えることができる。しかし, 阿仁合型植物群や台島型植物群の詳しい年代については, いまだに不明である。そこで, 本論では, 最新の生層序学的資料と最近急速に増えつつある放射年代値を文献から集め, 阿仁合型・台島型両植物群の年代を推定する。また, 有孔虫殻の酸素同位体に基づいて独立に推定されている汎世界的気候変化の変遷と比較検討しながら両植物群の年代の妥当性について議論する。更に, 両植物群の推定年代と関連して日本海堆積盆の生成時期にまつわる地質学的問題にも触れる。

本論をまとめるに当たり, 島根大学沢田順弘助教授, 地質調査所宇都浩三技官に未公表放射年代値を教えていただいた。また, 同所尾上 亨・秦 光男両技官には本論の内容について討論していただいた。

2. 植物群の年代

先ず最新の海生微化石層序学的資料から阿仁合型・台島型両植物群の年代をどの程度まで絞り込めるか検討する。

阿仁合型植物群の産出層準より下位と考えられる層準からは, 温帯-暖帯樹林の組成を示す相浦型植物群(棚

第1表 阿仁合型植物群産出層準の放射年代値

地域	産出層	測定試料	測定方法	年代(Ma)	文献
秋田	阿仁合夾炭層	同層準付近の玄武岩	全岩 K-Ar	23.9	今田・植田(1980)
	萩形層	同層の岩見杉沢流紋岩	全岩 K-Ar	25.1	今田・植田(1980)
		〃	ジルコン F.T.	24.3	雁沢(1983)
		〃	全岩 K-Ar	21.9	木村(1986)
	門前層	産出層準より上位の真山流紋岩	ジルコン F.T.	25.3±0.2	鈴木(1980)
		〃	〃	23.7±0.7	雁沢(1987)
		〃	全岩 K-Ar	24.4	木村(1986)
		産出層準より下位の潜岩溶岩類	ジルコン F.T.	27.1±1.3	鈴木(1980)
		〃	〃	31.5±1.7	〃
〃	〃	〃	29.8±0.6	雁沢(1987)	
横根峠層	同層の安山岩	全岩 K-Ar	26.2	木村(1986)	
雄勝川層 (=飯沢層)	同層南沢溶結凝灰岩	ジルコン F.T.	26.1±1.5	鈴木(1982)	
大築層	同層のデイサイト	全岩 K-Ar	21.9	木村(1986)	
佐渡	真更川層	同層の凝灰岩	ガラス K-Ar	26.9	今田・植田(1980)
		同層のデイサイト	全岩 K-Ar	21.5	〃
		産出層準直下の凝灰岩	ジルコン F.T.	24.1±2.4	雁沢(1982)
福井	糸生層	産出層準より上位の凝灰岩	ジルコン F.T.	15.4±2.0	中島ほか(1983)
		産出層準より下位の凝灰岩	〃	16.0±1.8	広岡ほか(1972)
隠岐	時張山層	産出層準より下位の凝灰岩	ジルコン F.T.	26.0±4.2	鹿野・中野(1985)

井・尾上, 1956) が芦屋動物群と共に産する。芦屋動物群を産出する芦屋層群は、浮遊性有孔虫化石では, Blow (1969) の P 21 の下部 (30-31Ma) 付近に位置づけられる (Tsuchi *et al.*, 1987)。したがって、阿仁合型植物群はこれより新しい、すなわち後期漸新世か又はそれより新しいことは確かである。一方、台島型植物群を産する地層は、東北日本の日本海側においては、Blow (1969) の N8-9 の海成層と指交し (藤岡ほか, 1981)、隠岐では Akiba (1986) の *Crucidentricula kanayae* Zone に対比される海成層に漸移する (高安ほか, 1989)。したがって、台島型植物群の下限は少なくとも 16-17Ma より古いといえる。日本では、内陸地域の一部を除いて、N8-9 以後は海成層が卓越して大型植物化石を産しないため、台島型植物群の産出層準の上限のはっきりした年代は不明であるが、山野井 (1985, 1986) が台島型植物群に対応する花粉帯として識別した NP-2 の上限が新潟県胎内川ルートでの珪藻化石層序 (小林・渡辺, 1985) からおよそ 14-13Ma と推定できるので、台島型植物群の上限もほぼこのあたりになる可能性が高い。

以上のように、海生微化石層序学的資料からは、阿仁合型植物群の下限は後期漸新世か又はそれより新しいこと、台島型植物群の下限は 16-17Ma より古く、上限はおよそ 13-14Ma になることがわかる。しかし、阿仁合

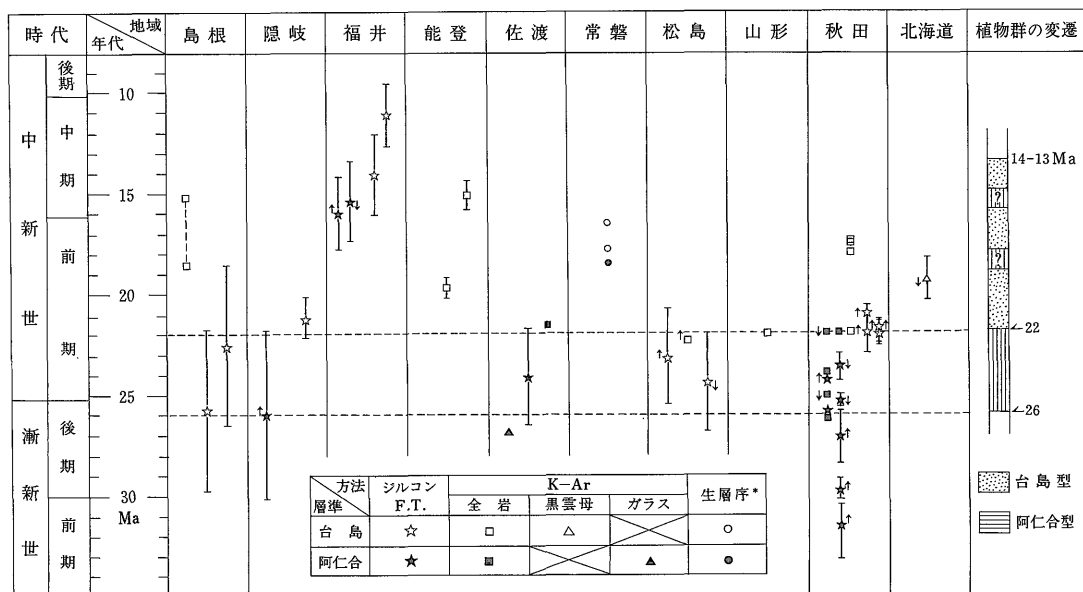
型植物群や台島型植物群を産出する地層の多くは非海成で火山岩が卓越するため、海生微化石層序学によって両植物群の年代をこれ以上詳しく知ることはできない。そこで、以下では放射年代資料に基づいて更に詳しい年代を推定する。

第1表及び第2表に阿仁合型植物群と台島型植物群の産出層準の放射年代資料をまとめて示す。表を作成するに当たっては、Tanai (1961)、藤岡 (1972, 1974) によって示された両植物群の産出層について、できる限り産出層準に近い試料の放射年代値を探した。第1図はこれらを整理したものである。得られた測定値の数が少ないので、第1図には常磐地域のみではあるが、鈴木 (1989)、柳沢ほか (1989) の生層序学的考察に基づいて推定される年代も示してある。

第1図に示されるように、両植物群産出層の放射年代値が最も多く揃っているのは秋田地域である。ここでの測定値は、その数が多いことだけではなく、全岩 K-Ar 法とジルコン F.T. 法という異なる方法によって得られた値である点において、他の地域よりも信頼性が高いと考えることができる。秋田地域のデータが示す阿仁合型植物群産出層準の下限はおよそ 26 Ma、阿仁合型植物群産出層準と台島型植物群産出層準の境界はおよそ 22Ma である。的場 (1989) は同様の考察から阿仁合型植物群

第2表 台島型植物群産出層準の放射年代値

地域	産出層	測定試料	測定方法	年代(Ma)	文献
北海道	羽幌層	同層上位の三毛別層の凝灰岩	黒雲母 K-Ar	19.3±1.0	保柳・松井(1985)
秋田	台島層	同層の帆掛島のアイサイト	ジルコン F.T.	20.9±0.3	鈴木(1980)
		〃	〃	22.0±1.0	〃
		〃	〃	21.8±0.6	雁沢(1987)
		〃	〃	21.9±0.7	〃
	畑村層	同層直上の浮蓋玄武岩	全岩 K-Ar	22	今田・植田(1980)
		〃	〃	18.0	木村(1986)
		同層の玄武岩	〃	17.4	〃
		〃	〃	17.5	〃
山形	善宝寺層	同層の玄武岩	全岩 K-Ar	22.1	今田・植田(1980)
松島	佐浦町層	同層上位の網尻層の凝灰岩	ジルコン F.T.	24.4±1.7	石井ほか(1983)
		同層下位の塩釜層の安山岩	全岩 K-Ar	22.3	今田・植田(1980)
		同層下位の塩釜層の凝灰岩	ジルコン F.T.	23.1±2.4	石井ほか(1983)
能登	柳田層	同層の安山岩	全岩 K-Ar	15.2±0.6	柴田ほか(1981)
		〃	〃	19.7±0.5	〃
福井	国見層	同層の凝灰岩	ジルコン F.T.	11.1±1.5	中島・水島(1984)
		〃	〃	14.1±2.0	中島ほか(1983)
隠岐	郡層	同層の凝灰岩	ジルコン F.T.	21.2±1.0	山崎・雁沢(1989)
島根	古浦層	同層の凝灰岩	ジルコン F.T.	22.6±4.0	鹿野・吉田(1984)
		〃	〃	25.8±4.0	〃
	高窪夾炭層	同層と同時異相とされている川合層の安山岩	全岩 K-Ar	15.2-18.6	沢田(私信)



*: 鈴木(1989), 柳沢ほか(1989)の生層序学的研究より推定される年代
 †: 植物群産出層準より下位の層準から採取した岩石の放射年代値
 ‡: 植物群産出層準より上位の層準から採取した岩石の放射年代値
 ---: 多数の放射年代値の分布する範囲
 —: 放射年代値の測定誤差範囲

第1図 阿仁合型及び台島型植物群産出層準放射年代値の分布

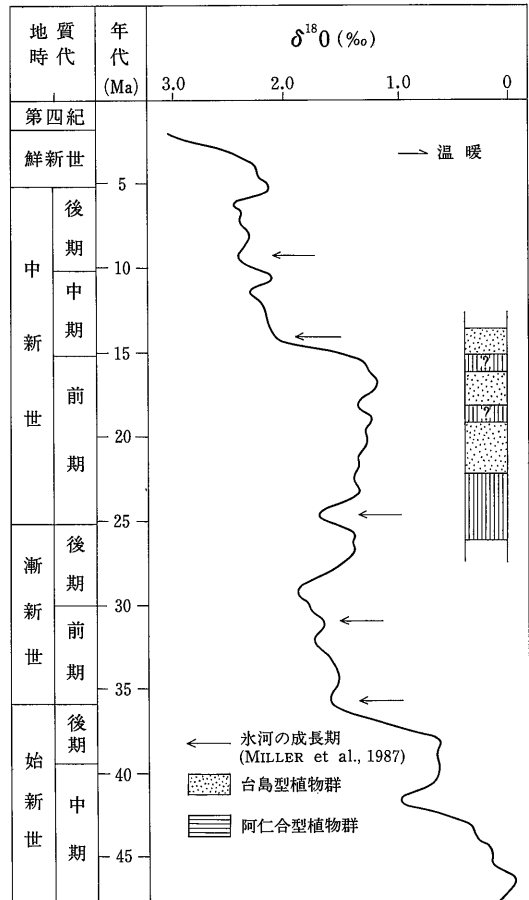
を後期漸新世, 台島型植物群を前期中新世の植物群とみなした。

西南日本から北海道まで地域を広げて調べてみても, 緯度が広い範囲にまたがっているにもかかわらず, 両植物群の年代範囲は測定誤差の範囲内で, 秋田地域で推定された年代と矛盾しない。このことは, 阿仁合型植物群の年代は 26-22Ma にまたがること, 台島型植物群の年代は 22Ma 以後であること, しかも日本各地でほぼ同時に阿仁合型から台島型へと植物群が交替したことを示す。

しかしながら, 阿仁合型植物群産出層準の年代の中に 22Ma より若いものがある。一つは福井地域糸生層中の植物群 (三浦・東, 1974) の年代 16-15Ma であり, もう一つは常磐地域の紫竹植物群 (TANAI and ONOE, 1959) の年代 19-18Ma である。前者の年代は植物群産出層の上・下位層から得られたジルコンの F. T. 年代値から推定されたもので, 2つの測定値は層序学的関係と矛盾しない。また, 後者の年代は珪藻化石層序などに基づいて推定されたものである。したがって, これらの推定年代は何らかの誤りとして安易に退けることはできない。むしろこのことは, 台島型植物群が 22Ma の頃に出現した後も, 少なくとも 2回, 19-18Ma 頃と 16-15Ma 頃に気温が低下して阿仁合型とされてきた冷温型の植物群が繁茂した時期があったことを示唆する可能性が高い。もちろん, この2つの植物群についてはそれらが生育していた地域が温帯南部にあっても高地であれば冷温な種組成を示すことも考えられる。しかしながら, 紫竹植物群などについて鈴木 (1963, 1989) が指摘しているように, これらの含有層が海成層あるいは汽水成層に漸移することを考えればその可能性は低い。最近, 秦・佐藤 (1989) は北海道の松前半島南部において, 17-18Ma から 14Ma にかけての時代に, 花粉群集からみて温暖→冷温→温暖→冷温→温暖と気候が変化した, すなわち台島型植物群が出現し, 消滅するまでの間に2回の冷温期があったことを報告している。これら2回の冷温期は, 年代がややずれるものの, 筆者らの推定した2回の冷温期に相当するものであろう。

3. 植物群の変遷と気候変化

近年, 海洋堆積物中の底生・浮遊性有孔虫化石の $\delta^{18}O$ の変化から古海水温を推定する試みが行われている。その結果, 始新世の終わりから漸新世の初めにかけて大規模な大陸氷河が出現し, それ以後, 氷河が成長・縮退を繰り返しながら地球が冷温化してきたことが明らかになっている。この種の最近の研究 (MILLER *et al.*, 1987)



第2図 底生有孔虫化石の $\delta^{18}O$ の汎世界的変化 (WILLIAMS, 1988) と植物群の変遷

では, 36-35Ma 頃に大量の氷河が成長し始め, その後, 間に縮退期を挟みながら, 31Ma, 25Ma, 14.5-14Ma 前後に, そしておそらく 10-8Ma 前後にも氷河が成長した時期があったとされている (第2図)。氷河が大量に成長し始めた 36-35Ma の頃というのは, 植物群から推定される始新世末の気温の急激な低下期, すなわち WOLFE (1978) の “terminal Eocene event” に当たる。

大変興味深いことに, 3番目の氷河の成長期に当たる 25Ma 頃というのはちょうど筆者らが推定した阿仁合型植物群の年代に, 次に氷河が成長し始める 14Ma までの温暖な時期は台島型植物群の年代にほぼ一致する。嶋崎ほか (1972), 山野井 (1985, 1986) は花粉群集の研究から西黒沢-女川期の境界付近で, 台島型植物群の生育した時期よりは冷温になった (ただし現在よりも暖かい) こと, そして, 8Ma 頃には更に気温が低下したことを指摘している。また, 棚井 (1989) も葉の全緑率の変化から同様の結論を得ている。これらの時期も MILLER *et al.*

(1987) が指摘した氷河の成長期にほぼ一致している。このように、阿仁合型植物群出現以後の日本の植物群の変遷は、氷河の消長に示されるような汎世界的な気温の変化によって十分に説明することができる。

また、22-14Ma の間に 19-18Ma 頃と 16-15Ma 頃の 2 回阿仁合型とされてきた冷温型の植物群が出現した時期があった可能性についても、微妙ではあるけれども底生有孔虫化石の $\delta^{18}O$ から推定される底層水の温度 (第 2 図) がほぼ同じ頃、すなわち、18-16Ma 前後に低下した (ただし、25Ma 頃ほどは低下しなかった) ことがうかがわれることから、いちがいに否定することはできない。

今回まとめた放射年代値の数は少なく、阿仁合型・台島型両植物群の年代をそれらのみで決めることは早計かもしれない。しかしながら、汎世界的な気候の変化と連動して日本の植物群が変遷しているようにみえることから、ここで推定した両植物群の年代はほぼ妥当だと考えられる。もしこのことが事実なら、阿仁合型・台島型植物群のような大型植物群のみならず、山野井 (1985, 1986) などの花粉帯も生層学的に地層の年代を推定する上で重要な手がかりとなろう。斉藤 (1983) も、古気候変遷が年代層序樹立の有効な手法となり得ることを指摘している。

4. 日本海堆積盆の生成時期

ところで、藤岡 (1972) が指摘したように、もし日本海の生成時期が台島型植物群の出現時期にほぼ等しいとするならば、日本海の生成は 22Ma まで遡ることになる。しかし、日本海沿岸にある前期中新世堆積物のうち、現在生層学的に推定し得る最も古い海成堆積物の年代は、浮遊性有孔虫では BLOW (1969) の N8, 石灰質ナンノ化石では OKADA and BUKRY (1980) の CN3, 珪藻化石では AKIBA (1986) の *Crucidenticula kanayae* Zone 又は KOIZUMI (1985) の *Actinocyclus ingens* Zone であり、これらの微化石年代を尾田 (1986) の対比表に合わせてみると日本海側地域の海成堆積物の下限は 16.5Ma 前後となる。一方、放射年代値から推定し得る最も古い海成堆積物は島根半島成相寺層の 21.7 ± 3.0 Ma (鹿野・吉田, 1984) である。年代測定の誤差を考慮すると、堆積物から考え得る日本海はおそらく、およそ 17-19Ma 頃までしか遡れない。ただし、成相寺層の直下には古浦層と呼ばれる湖成層があるし、また、生層学的に最も古い年代を示す地層の一つである隠岐の郡層の大半は湖成層 (高安ほか, 1989) である。これら湖成層は台島型植物群を産し、岩相・化石とも類似し、しかも上位の海成層に漸移する。このことは海が侵入する以前の日本海

地域には既に広い湖があったことを暗示する。KOIZUMI (1988) も前期中新世の時期に日本海及びその沿岸地域に淡水湖が広がっていた可能性を指摘している。すなわち、日本海地域の堆積盆の始まりは 17-19Ma より更に古い可能性がある。近年、古地磁気学的手法と年代層序学的手法により、日本海が拡大したのは 16-14Ma (OTOFUJI and MATSUDA, 1983, 1984; 当舎, 1984; OTOFUJI *et al.*, 1985) と考えられるようになってきたが、それ以前の日本海地域に既に広大な堆積盆があった (藤岡, 1972; KOIZUMI, 1988) とすると、それはどのようにして生じたものか、日本海の生成と関連して今後検討すべき大変興味深い課題である。

4. ま と め

日本の中・下部中新統の示準化石植物群とされてきた阿仁合型・台島型両植物群産出層準の放射年代値を集め、両植物群の年代を推定した。また、台島植物群の出現に関連し日本海堆積盆の生成時期について検討した。

(1) 阿仁合型植物群産出層準の下限はおおよそ 26Ma であり、阿仁合型・台島型植物群産出層準の境界はおおよそ 22Ma 付近にある。

(2) 22Ma に台島型植物群が出現した以降にも少なくとも 2 回、19-18Ma, 16-15Ma 頃に阿仁合型とされてきた冷温型の植物群が存在した可能性がある。

(3) 阿仁合型植物群出現以後の日本の植物群の変遷は、氷河の消長に示されるような汎世界的な気候の変化を記録している有孔虫殻の酸素同位体変化曲線とよく一致する。

(4) 日本海沿岸地域の海成層の年代はおそらく 17-19Ma まで遡ることができるが、それ以前に日本海地域に台島型化石植物群が堆積した広大な堆積盆が存在した可能性がある。

文 献

- AKIBA, F. (1986) Middle Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy in the Nankai Trough and Japan Trench, and modified Lower Miocene through Quaternary diatom zones for middle-to-high latitudes of the North Pacific. In KAGAMI, H., KARIG, D. E., COULBOURN, W. T. *et al.*, *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, vol. 87, Washington (U. S. Government Printing Office).
- BLOW, W. H. (1969) Late Middle Eocene to

- Recent Planktonic foraminiferal biostratigraphy. In BRONNIMANN, P. and RENZ, H. (eds.), *Proceedings of the first International conference on Planktonic Microfossils, Geneva* (1967), 1, p. 199-422.
- 雁沢好博(1982) フィッション・トラック法によるグリーン・タフ変動の年代区分, その1—佐渡地域—, 地質雑, vol. 88, p. 943-956.
- (1983) フィッション・トラック法によるグリーン・タフ変動の年代区分, その2—富山県太美山地域—, 地質雑, vol. 89, p. 271-286.
- (1987) 東北日本弧内帯の白亜紀-第三紀火山岩のフィッショントラック年代—奥尻島・男鹿半島・朝日山地—, 地質雑, vol. 93, p. 387-401.
- 藤岡展介・大口健志・米谷盛寿郎・白田雅郎・馬場敬(1981) 東北裏日本地域における台島-西黒沢期の堆積物について, 石油技誌, vol. 46, p. 159-174.
- 秦 光男・佐藤誠司(1989) 松前半島南部の中新世前-中期における気温変化, 地質学論集, no. 32, p. 207-216.
- 広岡公夫・奥出恒夫・西村 進(1972) 福井県丹生山地火山岩の古地磁気, 福井大学教育学部紀要, 第II部 自然科学, no. 22, 第2集, p. 1-15.
- 保柳康一・松井 愈(1985) 北海道羽幌地域第三系, 三毛別層の K-Ar 年代, 地球科学, vol. 39, p. 74-77.
- 藤岡一男(1949) 東北日本内帯の台島期植物群の2型, 地質雑, vol. 55, p. 648-649.
- (1963) 阿仁合型植物群と台島型植物群, 化石, no. 5, p. 39-50.
- HUZIOKA, K. (1964) The Aniai Flora of Akita Prefecture, and the Aniai-type floras in Honshu, Japan. *Jour. Min. Coll. Akita Univ.*, ser. A, vol. 3, no. 4, p. 1-105.
- 藤岡一男(1972) 日本海の生成期について, 石油技誌, vol. 37, p. 233-244.
- (1974) 日本の中新世植物群, 植物化石研究誌, no. 5, p. 1-20.
- 石井武政・柳沢幸夫・山口昇一(1983) 松島湾周辺に分布する中新世軽石凝灰岩のフィッショントラック年代, 地調月報, vol. 34, p. 139-152.
- 鹿野和彦・中野 俊(1985) 山陰地方新第三系の放射年代と対比について, 地調月報, vol. 36, p. 427-438.
- ・吉田史郎(1984) 島根県中・東部新第三系の放射年代とその意義, 地調月報, vol. 35, p. 159-170.
- 木村勝弘(1986) 層位関係と放射年代からみた男鹿, 秋田と本荘-湯沢地域の中・下部第三系の年代層位区分, 北村 信教授還官記念論文集, p. 167-173.
- 小林巖雄・渡辺其久男(1985) 新潟油田東縁帯における新第三紀の地史的イベント—とくに, 中新-鮮新世の不整合について—, 新潟大学理学部地質研究報告, no. 5, p. 9-103.
- KOIZUMI, I. (1985) Diatom biochronology for late Cenozoic Northwest Pacific. *Jour. Geol. Soc. Japan*, vol. 91, p. 195-211.
- (1988) Early Miocene Proto-Japan Sea. *Jour. Paleontol. Soc. Korea*, vol. 4, p. 6-20.
- 今田 正・植田良夫(1980) 東北地方の第三紀火山岩の K-Ar 年代, 岩鉱特別号, no. 2, p. 343-346.
- 的場保望(1989) 男鹿半島と秋田市地域の第三系の対比と地質年代(その2), 古日本海(総合研究「日本海沿岸後期新生代層の層序と古環境の変遷」研究報告), no. 2, p. 12-15.
- MILLER, K. G., FAIRBANKS, R. G. and MOUNTAIN, G. S. (1987) Tertiary oxygen isotope syntheses, sea level history, and continental margin erosion. *Paleoceanography*, vol. 2, p. 1-19.
- 三浦 静・東 洋一(1974) 北陸積成区における下部中新統に関する諸問題, 福井大学教育学部紀要, 第II部 自然科学, no. 24, 第2集, p. 15-25.
- 中島正志・水島聡子(1984) 北陸地方の *Miogypsina-Operculina* 層準のフィッショントラック年代, 地質雑, vol. 90, p. 667-670.
- ・森本祐一郎・鈴木由紀江・渡辺 勇・三浦 静(1983) 福井県第三系のフィッショントラック年代, 福井大学教育学部紀要, 第II部 自然科学, no. 33, 第2集, p. 53-65.
- 尾田太良(1986) 新第三紀の微化石年代尺度の現状と問題点—中部および東北日本を中心とし

- て. 北村 信教授記念地質学論文集, p. 297-312.
- OKADA, H. and BURKY, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (BURKY, 1973, 1975). *Marine Micro-paleontology*, vol. 5, p. 321-325.
- OTOFUJI, Y. and MATSUDA, T. (1983) Paleomagnetic evidence for the clockwise rotation of Southwest Japan. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 62, p. 349-358.
- and ——— (1984) Timing of rotational motion of Southwest Japan inferred from paleomagnetism. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 70, p. 373-382.
- , ——— and NOHDA, S. (1985) Paleomagnetic evidence for the Miocene counter-clockwise rotation of Northeast Japan—rifting process of the Japan Arc. *Earth Planet. Sci. Lett.*, vol. 75, p. 265-277.
- 斉藤常正(1983) 年代層序樹立の手法としての古気候変遷と海水準変動. 石油技誌, vol. 48, p. 21-34.
- 柴田 賢・佐藤博明・中川正己(1981) 能登半島新第三系火山岩の K-Ar 年代. 岩鉱, vol. 76, p. 248-252.
- 嶋崎統五・徳永重元・尾上 亨(1972) 裏日本油田地域における花粉層序学的考察. 石油技誌, vol. 37, p. 391-398.
- 鈴木敬治(1963) 植物化石よりみた東北日本新第三系—中新統下部層と植物化石群—. 化石, no. 5, p. 63-77.
- (1989) 東北本州弧南部における中-下部中新統の植物化石層位について. 地質学論集, no. 32, p. 197-205.
- 鈴木達郎(1980) 男鹿半島第三紀火山岩類に関する fission track 年代. 地質雑, vol. 86, p. 122-123.
- (1982) 東北地方の下部新第三系に関する fission track 年代. 日本地質学会第 89 年講演要旨, p. 163.
- 高安克己・下末 恵・角館正勝・山崎博史(1989) 隠岐島後第三系層序の再検討. 古日本海, 総合研究「日本海沿岸後期新生代層の層序と古環境の変遷」研究報告, no. 2, p. 73-77.
- TANAI, T. (1961) Neogene floral change in Japan. *Jour. Fac. Sci. Hokkaido Univ.*, ser. 4, vol. 10, p. 119-398.
- 棚井敏雅(1989) 日本における新第三紀気候と植生分布. 日本古生物学会 1989 年学会予稿集, p. 125.
- ・尾上 亨(1956) 佐世保炭田産の植物化石群について(予報). 地調月報, vol. 7, p. 69-74.
- TANAI, T. and ONOE, T. (1959) A Miocene flora from the northern part of the Joban coal-field, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 10, p. 261-286, pls. 1-7.
- 当舎利行(1984) 東北日本の古地磁気学. 月刊地球, vol. 6, p. 601-609.
- TSUCHI, R., SHUTO, T. and IBARAKI, M. (1987) Geologic ages of the Ashiya Group, North Kyushu from a viewpoint of planktonic Foraminifera. *Rep. Fac. Sci., Shizuoka Univ.*, vol. 21, p. 109-119.
- WILLIAMS, D. F. (1988) Evidence for and against sea-level changes from the stable isotopic record of the Cenozoic. *Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Spec. Publ.*, no. 42, p. 31-36.
- WOLFE, J. A. (1978) A paleobotanical interpretation of Tertiary climates in the Northern Hemisphere. *Amer. Sci.*, vol. 66, p. 694-703.
- 山野井徹(1985) 花粉群集より見た新第三紀の古植生に関するイベント. 千地万造(編), コロキウム: 新第三紀地史イベント, 橋花女子大学, p. 11-16.
- (1986) 花粉からみた新第三紀の海岸気候事件. 月刊海洋科学, vol. 18, p. 140-145.
- 山崎博史・雁沢好博(1989) 隠岐島後第三系, 郡累層および油井累層のフィッション・トラック年代. 地質雑, vol. 95, p. 619-622.
- 柳沢幸夫・中村光一・鈴木祐一郎・沢村孝之助・吉田史郎・田中裕一郎・本田 裕・棚橋 学(1989) 常磐炭田北部双葉地域に分布する第三系の生層序と地下地質. 地調月報, vol. 40, p. 405-467.

(受付: 1989 年 6 月 19 日; 受理: 1989 年 8 月 5 日)