

兵庫県淡路島北部の第三系岩屋層から産出した始新世石灰質ナンノ・渦鞭毛藻化石とその意義

Eocene calcareous nannofossils and dinoflagellate cysts from the Iwaya Formation in Awajishima Island, Hyogo Prefecture, southwest Japan, and their geologic implications

山本裕雄*† 栗田裕司** 松原尚志***

Yasuo Yamamoto*†, Hiroshi Kurita**
and Takashi Matsubara***

1999年8月23日受付.
1999年12月13日受理.

* 大阪市立大学理学部地球学教室
Department of Geosciences, Faculty of Science, Osaka City
University, Osaka 558-8585, Japan

† 現住所: 大阪府堺市高倉台3丁2-4-607
Present Address: Takakuradai 3-2-4-607, Sakai, Osaka
590-0117, Japan

** 石油資源開発株式会社 技術研究所
JAPEX Research Center, Japan Petroleum Exploration Co.,
Ltd., Chiba 261-0025, Japan

*** 兵庫県立人と自然の博物館 地球科学研究部
Division of Earth Sciences, Museum of Nature and Human
Activities, Hyogo, Sanda 669-1546, Japan

Abstract: Geologic age of the "Miocene" Iwaya Formation in Awajishima Island is examined by means of calcareous nannofossils and dinoflagellate cysts. Calcareous nannofossil flora indicates biozone NP 17 to NP 20 or CP 14b to CP 15b and a late Middle Eocene to Late Eocene age. The dinoflagellate cyst assemblages also show approximately the same age. These results reveal that the Iwaya Formation is the constituent of the Eocene-Oligocene Kobe Group.

Molluscan assemblages resembling those from the Iwaya Formation have been known from the "Setouchi Miocene Series" in the coastal area of the eastern Seto Inland Sea. Molluscan fauna and stratigraphic correlation of the "Miocene" in this area should also be re-examined on the basis of precise geochronologic data.

Key words: Iwaya Formation, Kobe Group, Awajishima Island, calcareous nannofossils, dinoflagellate cysts, Eocene, "Setouchi Miocene Series"

はじめに

兵庫県の淡路島北部に分布する第三系は、岩屋層とよばれ(鹿間, 1938), 古くから海棲貝類化石を産することが知られている。本層は、明石海峡の対岸に位置する神戸市西部やその北方の三田地域に分布する第三系とともに神戸層群として一括され(Fig. 1), それらはすべて「瀬戸内中新統」を構成すると考えられてきた(藤田ほか, 1961; 柴田・糸魚川,

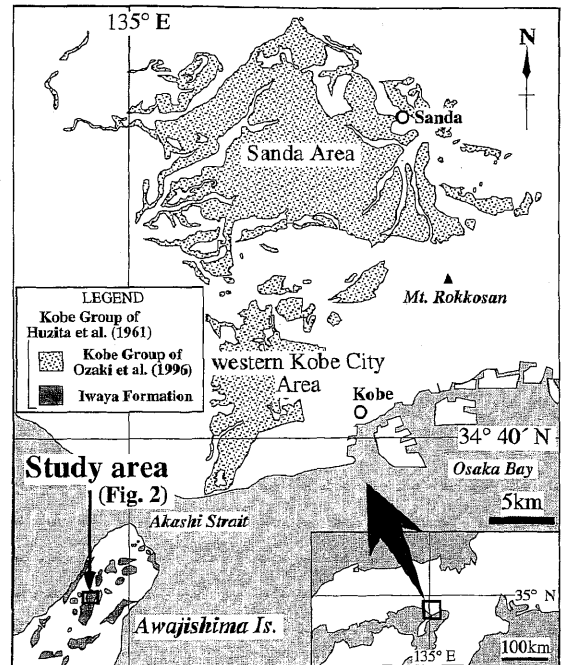


Fig. 1. Distribution of the Iwaya Formation and the Kobe Group, and situation of the study area (Modified from Ozaki et al., 1996).

1980 など)。

近年, 本州側に分布する神戸層群について放射年代測定が行われ, 後期始新世~前期漸新世を示す年代値が報告された(尾崎・松浦, 1988; 尾崎ほか, 1996 など)。尾崎ほか(1996)はさらに, 神戸市西部地域の神戸層群から産出した植物および貝類化石群についても, 後期始新世~前期漸新世の群集として位置づけた。一方, 岩屋層の年代については, 貝類および底生有孔虫化石群集から, 前期中新世最後期~中期中新世初期であるとされている(Tai, 1959; 藤田・前田, 1984; 佐藤・水野, 1990; 糸魚川・柴田, 1992 など)。尾崎ほか(1996)はこれらの結果をふまえ, 神戸層群を「神戸市西部および三田地域に分布する上部始新統~下部漸新統」として再定義し, 「中新統」岩屋層を本層群から分離すべきであるとした(Fig. 1)。しかしながら, これまでに岩屋層の浮遊性微化石や放射年代に関する検討は, なされていなかった。

本研究では, 北淡町野島常盤の岩屋層から試料を採取し, 石灰質ナンノおよび渦鞭毛藻化石の検出を試みた。その結果, 中期始新世末~後期始新世の年代を示す群集の産出を認めたので, 以下にその結果と意義について述べる。

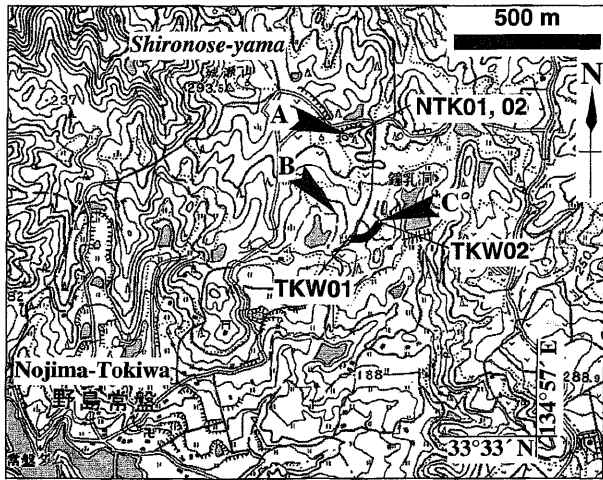


Fig. 2. Locations of the columnar sections (Fig. 3; A, B, C) and samples (NTK 01, 02 and TKW 01, 02). (Adopted from Geographical Quadrangle Map "Kariya" 1 : 25,000, Geographical Survey Institute of Japan).

層序および試料

岩屋層は、基盤の白亜紀花崗岩類を不整合で被覆して、淡路島北部に散在的に分布している (Fig. 1)。水野ほか (1990) は本層を、淘汰不良の砂岩・礫岩・泥岩よりなり垂炭層を伴う下部層、淘汰の良い砂岩および礫岩から構成される中部層、および海成の泥岩・砂岩を主体とする上部層に区分した。岩屋層の微化石試料は、兵庫県津名郡北淡町野島常盤北東方に位置する2つのセクションから、2試料ずつ、合計4点を採取した (Figs. 2, 3)。試料を採取した層準はすべて、水野ほか (1990) の上部層に含まれる。

これらの2つのセクション付近では、本層下部層は分布せず、中部層の礫質粗粒砂岩～細礫岩が、基盤岩を直接被覆している。これを整合に覆う上部層は、下位より、細礫岩 (層厚 0.3 m)、カキ類の殻を主とする石灰岩 (3~5 m)、暗灰色を呈する塊状泥岩 (6 m+)、およびバカガイ類などの貝類および腕足類の密集層を伴う極細粒～中粒砂岩 (12 m+) よりなる (Fig. 3)。石灰岩より上位の部分の岩相は、大局的には上方粗粒化を呈する。なお、Tai (1959) が底生有孔虫化石群を報告した層準は、石灰岩より上位の泥岩部分に相当すると考えられる。

石灰質ナノ化石

採取した4試料について、高山 (1978) の方法でスミアスライドを作成し、簡易偏光観察装置を装着した倍率 1500 倍の生物顕微鏡で検鏡を行ったところ、試料 TKW02 のみから石灰質ナノ化石の産出を確認した。18 mm 四方のカバーガラス 2枚全面の検鏡で、217 個体の同定・カウントを行うことができた。

Braarudosphaera bigelowii および小型 (3 μm 以下) のプラコリスが、それぞれ全個体数のうち3割近くを占める。さらに *Criboecentrum reticulatum* が 19 個体、*Discoaster*

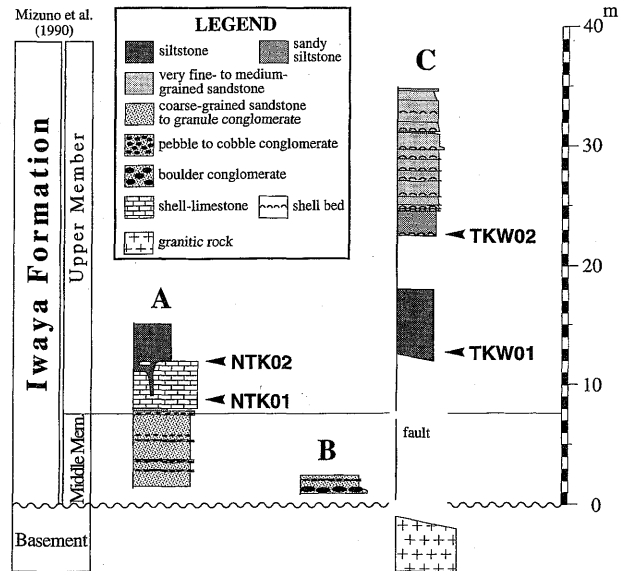


Fig. 3. Columnar sections of the Iwaya Formation with the sample horizons.

saipanensis, *Dictyococcites bisectus* などが、それぞれ 1~2 個体ずつ確認された (Table 1, Fig. 4)。

D. saipanensis の産出上限は、Martini (1971) の石灰質ナノ化石帯 NP20 帯の上限および Okada and Bukry (1980) の化石帯 CP 15 帯の上限を規定し、*C. reticulatum* の産出上限も、これと前後する層準にあるとされている (Wei and Wise, 1989; Wei and Thierstein, 1991 など)。また Percival (1984) などによると、*D. bisectus* の産出下限は、NP 17 帯あ

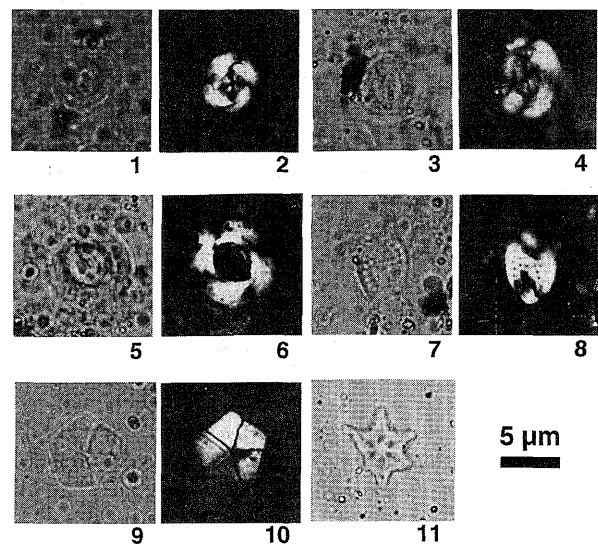


Fig. 4. Selected calcareous nannofossils from TKW 02 of the Iwaya Formation.

1, 3, 5, 7, 9, 11 : parallel light ; 2, 4, 6, 8, 10 : cross nicols.

1, 2 : *Criboecentrum reticulatum*

3, 4 : *Dictyococcites bisectus*

5, 6 : *Reticulofenestra* sp.

7, 8 : *Transversopontis pulcheroides*

9, 10 : *Braarudosphaera bigelowii*

11 : *Discoaster saipanensis*

Table 1. Occurrence of calcareous nannofossils and dinoflagellate cysts from the Iwaya Formation.

	sample	TKW01	TKW02
calcareous nannofossils	<i>Braarudosphaera bigelowii</i> (Gran and Braarud, 1925) Deflandre, 1947	-	64
	<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich, 1877) Schiller, 1930	-	15
	<i>Cribocentrum reticulatum</i> (Gartner and Smith, 1967) Parch-Nielsen, 1971	-	19
	<i>Cribocentrum</i> sp. cf. <i>C. coenurum</i> (Reinhardt, 1966) Parch-Nielsen, 1971	-	9
	<i>Cyclargoliffus</i> spp.	-	2
	<i>Dicyoococites bisectus</i> (Hay, Mohler and Wade, 1966) Bukry and Percival, 1971	-	2
	<i>Dicyoococites scrippsae</i> Bukry and Percival, 1971	-	4
	<i>Dicoaster saipanensis</i> Bramlette and Riedel, 1954	-	1
	<i>Ericsonia</i> sp. cf. <i>E. formosa</i> (Kamptner, 1963) Hag, 1971	-	1
	<i>Pontosphaera</i> spp.	-	7
	<i>Reticulofenestra</i> spp.	-	6
	<i>Traversopontis gulcheri</i> (Deflandre in Deflandre and Fert, 1954) Parch-Nielsen, 1967	-	2
	<i>Traversopontis pulchereoides</i> (Sullivan, 1964) Baldi-Beke, 1971	-	8
	<i>Traversopontis</i> spp.	-	17
	smaller (< 3 μm) placoliths	-	60
(total counted)		(217)	
dinoflagellate cysts	<i>Achomophora ramulifera</i> (Deflandre, 1937) Eviit, 1963	+	-
	<i>Aptodinium</i> sp.	+	-
	<i>Areosphaeridium diktyoplokum</i> (Klunpp, 1953) Eaton, 1971	+	-
	? <i>Cardosphaeridium inodes</i> (Klunpp, 1953) Eisenack, 1963	+	-
	<i>Deflandrea leptodermata</i> Cookson and Eisenack, 1965	+	-
	<i>Deflandrea</i> sp. indet.	+	-
	<i>Enneadocysta</i> sp. cf. <i>E. deconinckii</i> Stover and Williams, 1995	+	-
	<i>Glaphrocysta</i> sp. cf. <i>G. exubarens</i> (Deflandre and Cookson, 1955) Stover and Eviit, 1978	+	+
	<i>Glaphrocysta</i> sp. cf. <i>G. zuricua</i> (Eaton, 1971) Stover and Eviit, 1978	++	+
	<i>Phthanoperidinium comatum</i> (Mergensroth, 1966) Eisenack and Kjelström, 1971	+++	+++
<i>Rhombodinium draco</i> Gecht, 1955	-	+	
<i>Spiniferites ramosus</i> (Ehrenberg, 1838) Mantell, 1854	+	-	
<i>Spiniferites</i> spp.	+	+	

-, not recorded ; +, less than 1% ; ++, 1 to less than 5% ;
 +++, more than 95% ; in total flora.

るいは CP 14 b 亜帯の層準にあるとされている。Berggren et al. (1995) はこれらの生層準と古地磁気極性年代尺度との対応関係を整理し、*D. bisectus* の産出下限の年代を 38.0 Ma, *C. reticulatum* の産出上限年代を中～低緯度地域で 35.0 Ma, 南半球高緯度地域で 36.1 Ma とした。

以上のことから、岩屋層の試料 TKW 02 の層準は Martini (1971) の NP 17～NP 20 帯および Okada and Bukry (1980) の CP 14 b～CP 15 b 亜帯の間に対比され、その年代は 38～35 Ma (中期始新世末～後期始新世) の間と判断される。

渦鞭毛藻化石

渦鞭毛藻化石分析は、栗田・楠 (1997) の方法に基づいて行ったところ、4 試料のうち TKW01, TKW02 の 2 試料から渦鞭毛藻化石が産出した。

試料 TKW01, TKW02 いずれから得られた群集も、*Phthanoperidinium comatum* が全個体数の 95% 以上を優占している点で共通している。そのほかに、*Areosphaeridium diktyoplokum*, ? *Cordosphaeridium inodes*, *Enneadocysta* sp. cf. *E. deconinckii*, *Rhombodinium draco* および *Spiniferites ramosus* などの種が産出した (Table 1, Fig. 5)。これらの渦鞭毛藻化石は、すべて海生種である。

上記の種のうち、*A. diktyoplokum*, *P. comatum* および *R. draco* の 3 種が共存するのは、中期始新世後期～後期始新世 (Bartonian～Priabonian) の期間に限られる (Powell, 1992 ; Williams et al., 1993 ; Stover and Williams, 1995)。また、種の確定には至らなかったが、今回の分析で比較可能な個体を認めた *C. inodes* および *E. deconinckii* の 2 種の共存も、この年代範囲に矛盾しない (文献同上)。さらに、両群集ともに漸新統以上に産出が限られる種を全く含んでいない。したがって、これらの試料の年代は、渦鞭毛藻化石に基づき中期始新世後期～後期始新世 (Bartonian～Priabonian) と考えられる。

岩屋層の微化石年代とその意義

石灰質ナンノ化石群が示す岩屋層の年代は、38～35 Ma (中期始新世後期～後期始新世) と判断され、渦鞭毛藻化石群から推定される年代もこれと調和的である。藤田・前田 (1984) は、岩相の類似性に基づいて、岩屋層を神戸市西部地域に分布する神戸層群下部の多井畑層に対比している。本研究で得られた岩屋層の微化石年代と、尾崎ほか (1996) などによって報告されている本州側の神戸層群の放射年代 (36.9 ± 2.3～31.0 ± 3.3 Ma) は、この対比を支持する。以上のことから、岩屋層は神戸層群に含めるのが妥当と判断される。

近年、佐藤・水野 (1990)、水野ほか (1990) は岩屋層より産出する貝類化石群について再検討を行い、これを前期中新世最後期～中期中新世最初期に繁栄した門ノ沢動物群 (Otuka, 1939) の要素からなるとした。しかし本研究の結果は、岩屋層の貝類化石群が、年代的に門ノ沢動物群には含め

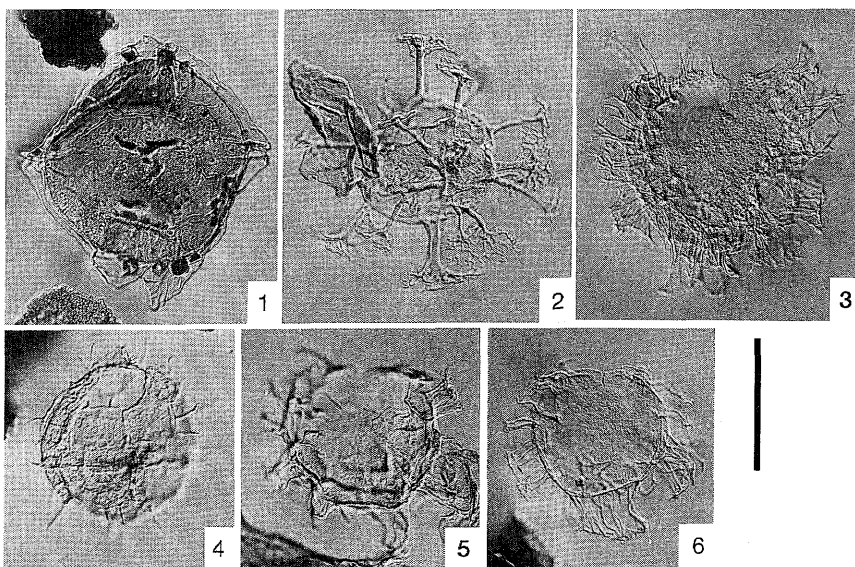


Fig. 5. Selected dinoflagellate cysts from the Iwaya Formation. All figures in interference contrast ; scale bar = 50 μm except for 4 where 30 μm. 2 and 5 from TKW01 ; 1, 3, 4 and 6 from TKW02.
 1 : *Rhombodinium draco*
 2 : *Areosphaeridium diktyoplokum*
 3 : *Glaphrocysta* sp. cf. *G. exubarens*
 4 : *Phthanoperidinium comatum*
 5 : *Enneadocysta* sp. cf. *E. deconinckii*
 6 : *Glaphrocysta* sp. cf. *G. intricata*

られ得ないことを示している。また、神戸市西部地域の神戸層群多井畑層からは、従来門ノ沢動物群の要素が知られてきたが(糸魚川, 1983), 尾崎ほか(1996)は同層から後期始新世～前期中新世初頭の浅貝・幌内動物群(Otuka, 1939; Honda, 1994など)の要素に比較される貝類化石を報告するとともに、それらが岩屋層の貝類化石群(佐藤・水野, 1990; 水野ほか, 1990)とは明らかに異なると結論づけた。岩屋・多井畑両層の貝類化石群の関係については、今後分類を含めた再検討に基づき議論する必要があると考えられる。

糸魚川(1969, 1983など)は、瀬戸内海東部沿岸地域の「瀬戸内中新統」産貝類化石群集について検討を行い、岩屋層の貝類化石群集と共通する群集が、香川県小豆島・豊島の土庄層群および岡山県南西部の浪形層などからも産出することを示した。これらの貝類化石群集は、中国地方の内陸部に広く散在的に分布する中新統備北層群およびその相当層から知られるものとは大きく異なるが、この相違は、同時代の海域環境の違いを反映していると考えられていた(糸魚川, 1983など)。これらの貝類化石群を含む「中新統」はすべて、「瀬戸内中新統」に認められる3回の海進のうち、「Ⅲ期」の海進の堆積物であるとされ(糸魚川, 1974; 柴田・糸魚川, 1980など)、この時期に淡路島北部を経て、現在の中国山地と紀伊水道付近とを結ぶ海域の存在が推定されている(糸魚川・柴田, 1992; 吉田, 1992など)。

今回岩屋層から中期始新世後期～後期始新世を示す石灰質ナンノ化石と渦鞭毛藻化石が得られたことは、岩屋層を含めた瀬戸内海東部沿岸地域の「瀬戸内中新統」産貝類化石群の年代的な位置づけについても、再検討を促すものである。これらの地層に関して、浮遊性微化石や放射年代の検討をすすめることは、「瀬戸内中新統」の層序対比、ひいては西南日本の第三紀古地理を考察する上で今後必要不可欠と考えられる。

謝辞 秋田大学工学資源学部の佐藤時幸博士からは、石灰質ナンノ化石の分類体系に関して、コメントをいただいた。石油資源開発株式会社には、渦鞭毛藻化石資料の公表を御許可いただいた。渦鞭毛藻化石用の試料前処理は、三浦垂洋子氏による。ここに厚く感謝します。

文 献

- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, C. C., III and Aubry, M. -P., 1995, A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In Berggren, W. A., Kent, D. V., Aubry, M. -P. and Hardenbol, J., eds., *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation*, SEPM Spec. Publ., 54, 129-212.
- Honda, Y., 1994, History of the Paleogene molluscan fauna of Japan: a paleobiogeographic approach. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 108, 295-309.
- 藤田和夫・弘原海 清・小島信夫・松本 隆・市原 実・池辺展生, 1961, 新生界。池辺展生編「兵庫県地質産産図および同説明書」, 兵庫県, 70-99.
- 藤田和夫・前田保夫, 1984, 須磨地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅説明書), 地質調査所, 101 p.
- 糸魚川淳二, 1969, 瀬戸内東部地域中新統の貝化石群集。化石, no. 17, 50-55.
- 糸魚川淳二, 1974, 瑞浪層群と第一瀬戸内累層群。瑞浪市化石博研報, no. 1, 353-364.
- 糸魚川淳二, 1983, 瀬戸内東部沿岸地域の中新世軟体動物群集。瑞浪市化石博研報, no. 10, 29-39.
- 糸魚川淳二・柴田 博, 1992, 瀬戸内区の中新統古地理(改訂版)。瑞浪市化石博研報, no. 19, 1-12.
- 栗田裕司・楠 香織, 1997, 北海道中央部, 襟裳層の渦鞭毛藻化石年代(後期漸新世)とその意義。地質雑, 103, 1179-1182.
- Martini, E., 1971, Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In Farinacci, A., ed., *Proceedings of the Second Planktonic Conference Roma 1970*, Tecnoscienza, Roma, 739-785.
- 水野清秀・服部 仁・寒川 旭・高橋 浩, 1990, 明石地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅説明書), 地質調査所, 90 p.
- Okada, H. and Bukry, D., 1980, Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *Mar. Micropaleontol.*, 5, 321-325.
- Otuka, Y., 1939, Tertiary crustal deformations in Japan (with short remarks on Tertiary Paleogeography). *Jubil. Pub. Comm. Prof. H. Yabe's 60th Birthday*, 1, 481-519.
- 尾崎正紀・松浦浩久, 1988, 三田地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅説明書), 地質調査所, 93 p.
- 尾崎正紀・松浦浩久・佐藤喜男, 1996, 神戸層群の地質年代。地質雑, 102, 73-83.
- Percival, S. F., 1984, Late Cretaceous to Pleistocene calcareous nannofossils from the South Atlantic, Deep Sea Drilling Project 73. In Hsü, K. J., LaBrecque, J. L. et al., eds., *Init. Repts. DSDP*, 73, Washington, D. C., U. S. Government Printing Office, 391-424.
- Powell, A. J., 1992 ed., *A stratigraphic index of dinoflagellate cysts*. Chapman & Hall, London, 290 p.
- 佐藤喜男・水野清秀, 1990, 淡路島岩屋累層産貝化石群の再検討。日本古生物学会第139回例会予稿集, 16.
- 柴田 博・糸魚川淳二, 1980, 瀬戸内区の中新世古地理。瑞浪市化石博研報, no. 7, 1-49.
- 鹿間時夫, 1938, 神戸層群とその植物群。地質雑, 45, 621-640.
- Stover, L. E. and Williams, G. L., 1995, A revision of the Paleogene dinoflagellate genera *Areosphaeridium* Eaton 1971 and *Eatonicysta* Stover and Evitt 1978. *Micropaleontology*, 41, 97-141.
- Tai, Y., 1959, Miocene microbiostratigraphy of west Honshu, Japan. *Jour. Sci. Hiroshima Univ. Ser. C*, 2, 265-395.
- 高山俊昭, 1978, 石灰質ナンノプランクトン。高柳洋吉編「微化石研究マニュアル」, 朝倉書店, 東京, 51-59.
- Wei, W. and Thierstein, H. R., 1991, Upper Cretaceous and Cenozoic calcareous nannofossils of the Kerguelen Plateau (southern Indian Ocean) and Prydz Bay (east Antarctica). In Barron, J. et al., eds., *Proc. ODP, Sci. Results*, 119, College Station, TX (Ocean Drilling Program), 467-493.
- Wei, W. and Wise, S. W., Jr., 1989, Paleogene calcareous nannofossil magnetobiochronology: results from South Atlantic DSDP Site 516. *Mar. Micropaleontol.*, 14, 119-152.
- Williams, G. L., Stover, L. E. and Kidson, E. J., 1993, Morphology and stratigraphic ranges of selected Mesozoic-Cenozoic dinoflagellate taxa in the Northern Hemisphere. *Geol. Surv. Can. Pap.*, 92-10, 137 p.
- 吉田史郎, 1992, 瀬戸内区の発達史一第一・第二瀬戸内海形成期を中心に。地質調査所月報, 43, 43-67.