

## 前期更新世における大阪堆積盆地北西部の環境変遷

田中俊雄<sup>1)</sup>\*・佐藤裕司<sup>2)</sup>\*\*・加藤茂弘<sup>3)</sup>

### The Early Pleistocene environmental change in the northwestern Osaka sedimentary basin, southwestern Japan

Toshio TANAKA<sup>1)</sup>\*, Hiroshi SATO<sup>2)</sup>\*\* and Shigehiro KATO<sup>3)</sup>

#### Abstract

Diatom assemblages in the sediments from two outcrops (Sites A and B) in the Nigawa green tract of land, Nishinomiya, were analyzed to clarify changes in sedimentary environments. These sites (120–130 m a.s.l.) exposing the clay/silt beds are situated below the nearby outcrop (149–153 m a.s.l.) with the sediments identified as the marine clay layer Ma1 of the Osaka Group, indicating the beds possibly correlative to any one of three marine clay layers (Ma-1, Ma0 or Ma0.5). We also performed the diatom analyses of the samples from these marine clay layers of the GS-K3 core at Higashinada, Kobe. Stratigraphic comparison between the two outcrops and three layers based on their species composition suggested that the sediments at Sites A and B can be correlated with the Ma-1 and Ma0, respectively. Thus, we derived the late Early Pleistocene environmental change in the northwestern area of the Osaka sedimentary basin. During the Ma-1 deposition at 1.24 Ma corresponding to Marine Isotope Stage (MIS) 37, this area was lacustrine environments. During the Ma0 deposition (MIS 35, 1.17 Ma), the environment was inner bay conditions, although the marine influence was weaker than the Ma1 deposition (MIS 31, 1.07 Ma).

**Key words:** diatom analysis, Early Pleistocene, GS-K3 core, Nigawa green tract of land, sedimentary environment, stratigraphic comparison.

(2018年9月12日受付, 2019年1月23日受理, 2019年12月27日発行)

---

<sup>1)</sup>兵庫県立宝塚西高等学校 〒665-0025 宝塚市ゆずり葉台 1-1-1

Hyogo Prefectural Takarazuka-Nishi High School; 1-1-1 Yuzurihadai, Takarazuka, 665-0025 Japan

\* Corresponding author, kendai16toshtan@gmail.com

<sup>2)</sup>兵庫県立大学自然・環境科学研究所 〒669-1546 三田市弥生が丘 6

Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo; 6 Yayoigaoka, Sanda, 669-1546 Japan

\*\* 併任：兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境評価研究部 〒669-1546 三田市弥生が丘 6

Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; 6 Yayoigaoka, Sanda, 669-1546 Japan

<sup>3)</sup>兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境評価研究部 〒669-1546 三田市弥生が丘 6

Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; 6 Yayoigaoka, Sanda, 669-1546 Japan

## はじめに

大阪湾や大阪平野からなる地域は、周囲を生駒山地、和泉山脈、淡路島、六甲山地、北摂山地などに囲まれ、東北東-西南西方向に長軸を有する楕円形の盆地を形成する(図 1)。盆地形成には地殻変動が深く関係しており、当該地域では後期鮮新世以降に基盤となる岩盤が沈降し続けている(杉山, 1992)。この一連の堆積場は「大阪堆積盆地」と総称され(北田・竹村, 2007)、そこには大阪層群で代表される鮮新-更新統や完新統が堆積している。大阪層群最下部層の年代から、大阪堆積盆地は約 350 万年前~330 万年前に形成され始めたかと推定されている(加藤ほか, 2008)。このような地殻変動による沈降に加えて、前期更新世以降には地球規模の周期的な気候変動を反映して、温暖期には海進により盆地内に海水が進入したために海成粘土層(Marine clay を略して Ma 層とよばれる)が形成された。最下位の Ma-1 層から現在の大阪湾底に堆積する Ma13 層まで、21 層の海成粘土層が認められており、海洋酸素同位体ステージ(Marine oxygen Isotope Stage: MIS)との対比から、それらの堆積時期も推定されている(Biswas et al., 1999; 吉川・三田村, 1999; 吉川, 2012)。

兵庫県西宮市甲山の周辺は大阪堆積盆地の北西縁部にあり、隆起域の六甲山地と沈降域の境界部分に位置している(図 1)。甲山の周辺には、現在も大阪層群の露頭が残されており、その層準は同層群下部に対比されている(林・市原, 1993)。田中ほか(2015)は、本地域において前期更新世に形成された Ma1 層が露出する露頭と、その近傍の西宮市仁川緑地内の 2 ヶ所の露頭から採取した試料の珪藻分析を行い、堆積環境を推定した。そして、Ma1 層の堆積環境は内湾であったことを明らかにするとともに、仁川緑地内には、Ma1 層とは異なる、それより下位の海成粘土層が存在することを示唆した。しかし、当地域では鍵層となる火山灰層が確認できず、仁川緑地内の地層の正確な堆積時期の推定は課題として残された。

本研究では、仁川緑地内の 2 ヶ所の露頭について分析層準を追加し、より詳細な珪藻分析を行うことにより、地層形成時の堆積環境の変化を明らかにする。次に、仁川緑地内の露頭が Ma1 層より下位の海成粘土層である Ma0.5 層、Ma0 層、Ma-1 層のいずれかの層準に対比できる可能性があることから、大阪堆積盆地北西縁部で採取され、層序が明らかになっている深層ボーリングコアを用い、Ma1 層より下位の海成粘土層(Ma0.5 層、Ma0 層および Ma-1 層)について珪藻分析を行う。そして、仁川緑地内の露頭とコアにおける珪藻化石群集の種組成の変化に着目して層序対比を試み、前期更新世における大阪堆積盆地北西部における堆積環境の変遷につ

いて考察した。

近年の大規模な都市開発の結果、大阪堆積盆地に海成粘土層が堆積し始めたころの地層を観察できる露頭は皆無に近い状態となっている。盆地北西縁部の限られた場所での観察であるが、研究で得られた成果は、大阪層群の形成過程や当該地域の地殻変動を明らかにする上で、大きな寄与を果たすと思われる。

## 試料と方法

### 露頭の試料

野外での調査地域は西宮市仁川緑地(北緯 34 度 46 分 43 秒~50 秒, 東経 135 度 20 分 17 秒~28 秒, 標高約 110 m~140 m)で、甲山の北東側に位置している(図 1)。近くの阪急仁川テニスクラブ横の道路沿いには Ma1 層とされる地層の露頭(標高約 149 m~153 m)があり、仁川緑地のすぐ西側に位置している(図 2)。仁川緑地内には主として粘土質やシルト質の堆積物から成る露頭が数ヶ所で残されている。その中で、層厚 1 m 以上の地層が露出し、粘土層やシルト層が上方にも側方にも連続性良く堆積している露頭(図 2 の A 地点および B 地点)において、珪藻分析のための試料を採取した。A 地点は上位はシルト層、下位はシルト質粘土層である。B 地点は大部分がシルト層であり、最下位にシルト質粘土層、最上位に細砂層・中砂層がある。各試料の層準の標高は、田中ほか(2015)と同様に水準測量で計測した。A 地点、B 地点内の試料採取点の標高はそれぞれ、約 121 m~124 m, 約 128.5 m~129.5 m の範囲にある(図 2)。

A 地点は 3 ヶ所の露頭断面を含み、そのうち最上位が田中ほか(2015)において St.1A とした断面である。St.1A に連続する下位の 2 ヶ所の露頭断面から各 1 試料(下位から A-1, A-2)を採取し、St.1A の断面からも 2 試料(A-3, 4)を採取した(図 2)。試料 A-1 はシルト質粘土層から、試料 A-2~A-4 はシルト層からの採取である。A 地点において試料を採取した露頭断面間の水平距離は、それぞれ約 16 m (A-1 と A-2 間)、約 12 m (A-2 と A-3, 4 間)である。現地での観察から、これらは連続している地層だと判断した。B 地点は、田中ほか(2015)において St.1B とした露頭断面である。この断面からは 5 試料(下位から B-1~B-5)を採取した。このうち、試料 B-1 は露頭表面から約 10 cm 掘り下げて風化層を除いた後、赤褐色シルト質粘土層から採取した。試料 B-2~B-4 は灰褐色シルト層、試料 B-5 は細砂層から、それぞれ採取した(図 2)。仁川緑地 A・B 地点およびそれらの間の場所の層相は、現地での実際の観察に基づいて記載した。A 地点と B 地点の間の場所では数ヶ所で穴を掘り、連続性

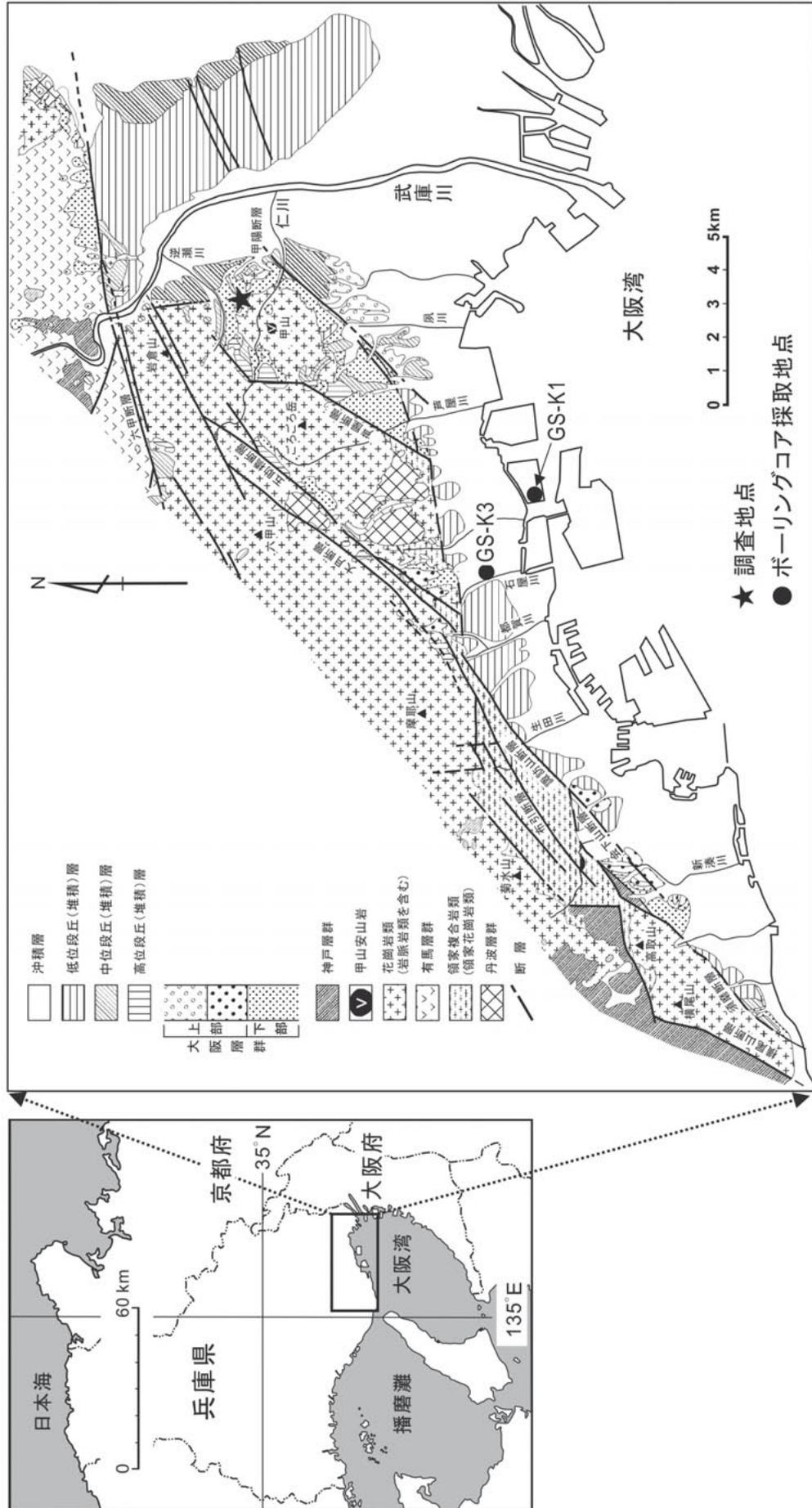


図1 調査地点(兵庫県西宮市仁川緑地)と深層ボーリングコア(GS-K1・K3)採取地点および周辺の地質図。地質図は林・市原(1993)を改変。

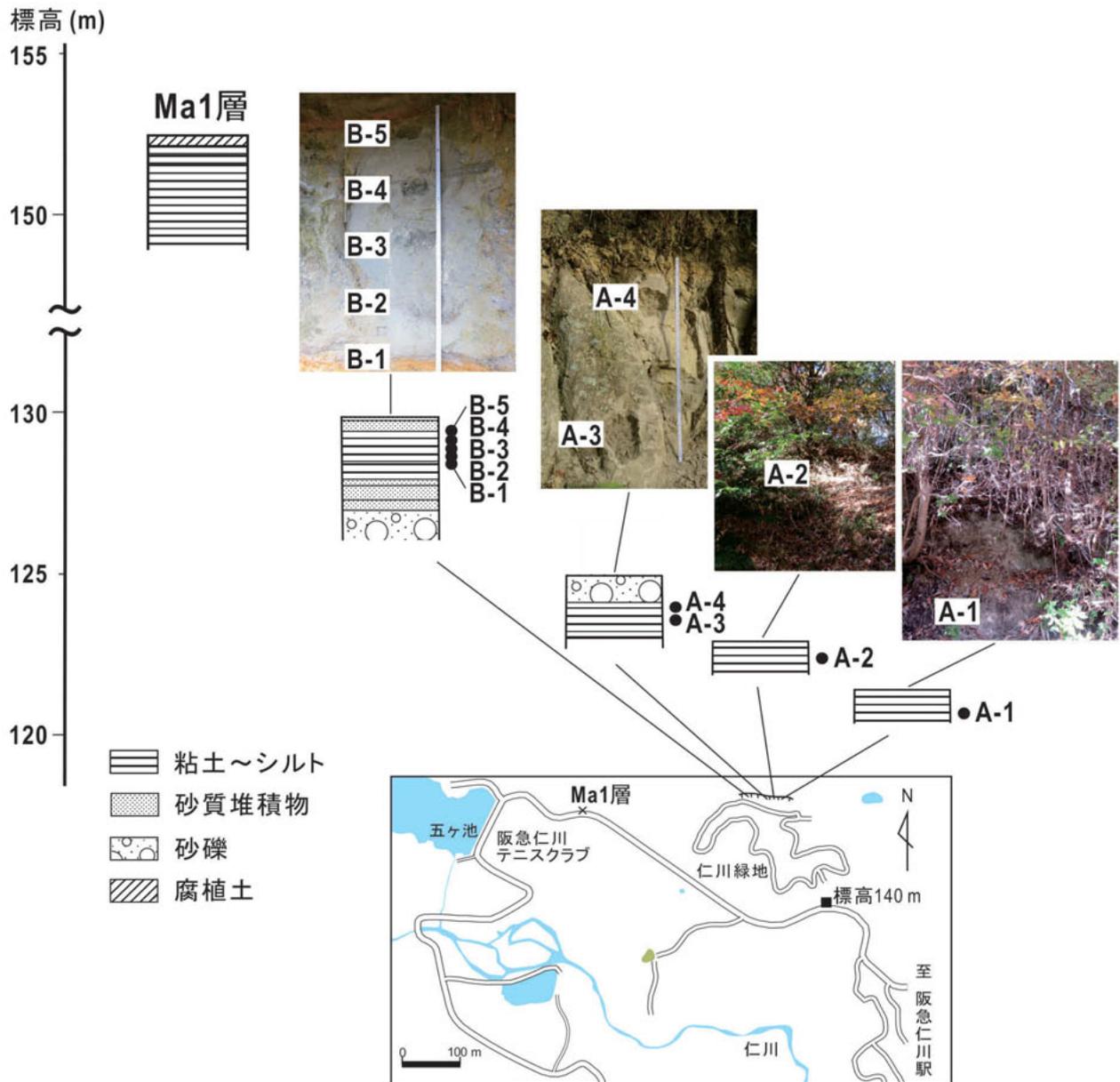


図2 西宮市仁川緑地内の試料 (A-1～A-4, B-1～B-5) 採取位置および近辺にある Ma1 層。

を確認しながら観察した。これらの観察結果に基づいて作成した総合地質柱状図を、試料採取位置とともに図3に示す。

#### 深層ボーリングコア (GS-K3) からの試料

本研究で用いたボーリングコアは、平成7年度(1995年度)に神戸市東灘区石屋川で掘削された「石屋川南ボーリング (GS-K3)」(伊藤ほか, 1998) (以下、「GS-K3 コア」という)であり、現在は兵庫県立人と自然の博物館に保管されている。掘削地点は北緯 34 度 43 分 14.4 秒、東経 135 度 14 分 48.0 秒、標高 34.67 m であり (図 1)、深度 680 m まで掘削された。GS-K3 コアについては、Kobayashi et al. (2002) により岩

相層序および火山灰層序が明らかにされている (図 4)。このコアにおいて Ma0.5 層 (深度 520.0 m～517.0 m)、Ma0 層 (深度 559.2 m～550.2 m)、Ma-1 層 (深度 598.4 m～590.2 m) と認定された地層、およびこれらの層との連続性が良いと判断した一部の近傍の地層より、約 30 cm～1 m の間隔で試料を採取し、珪藻分析を行った。採取に際しては、まずボーリングコアから約 5 mm～10 mm の厚さで分析領域を取り出し、さらに内部の新鮮な部分を削り出し細粒化して試料とした。採取した試料は Ma0.5 層から 4 試料 (Ma0.5\_1～Ma0.5\_4)、Ma0 層から 12 試料 (Ma0\_1～Ma0\_12)、Ma-1 層から 11 試料 (Ma-1\_1～Ma-1\_11) であり、それぞれ下位から上位に試料番号を付

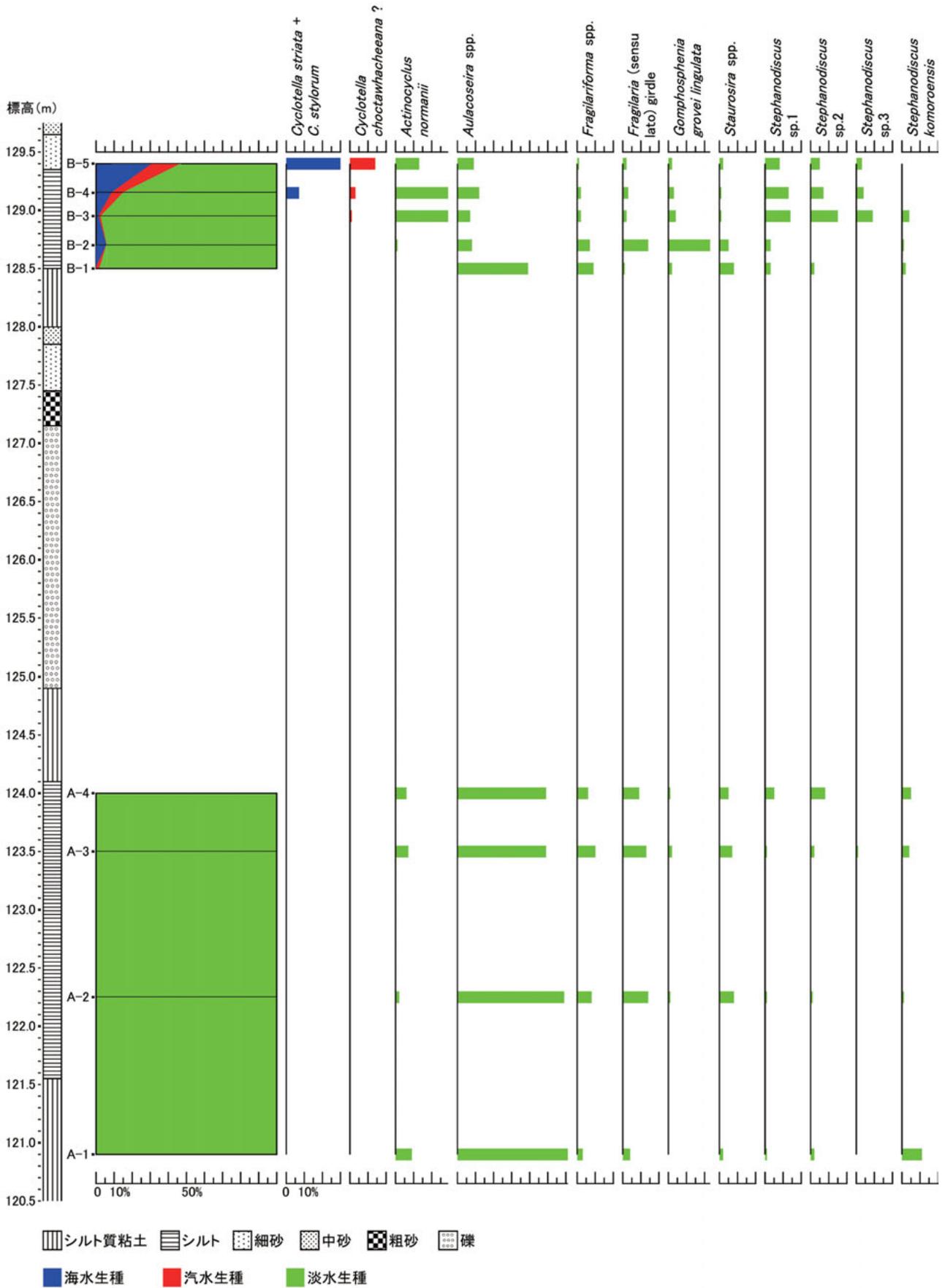


図3 仁川緑地の総合地質柱状図および出現珪藻の生態区分ごとの集計と主要珪藻が占める割合（下部：A地点，上部：B地点）。

した。Ma-1 層, Ma0 層および Ma0.5 層内の層相は、保管されている GS-K3 コアを観察して地質柱状図を作成し、試料採取位置とともに図 5 に示した。図 5 で Ma-1 層, Ma0 層, Ma0.5 層はそれぞれ a, b, c で示している。各層の間の領域は省略している。なお、図 4 は深度で表しているが、図 5 は標高で表している。

挟在する火山灰層について、GS-K3 コアの Ma0.5 層と Ma0 層では、Ma0.5 層の最下部の深度 520 m において火山灰層 K3-520 (層厚 2 cm), Ma0 層の下部の深度 558 m 付近において 2 枚の火山灰層 K3-558.1 と K3-558.9 (いずれも層厚 2 cm) が認められている (Kobayashi et al., 2002)。これらのうち、K3-558.1 もしくは K3-558.9 火山灰層は、イエロー II または III のいずれかの火山灰層に対比できるとされている (Kobayashi et al., 2002) (図 4, 5)。

### 珪藻分析について

光学顕微鏡観察用のプレパラートの作製については、田中ほか (2015) の方法に基づいた。観察は 400 倍 (接眼レンズ 10 倍, 対物レンズ 40 倍) で行った。西宮市仁川緑地 A・B 地点の各試料については 200 個以上の珪藻殻を観察した。GS-K3 コアは試料数が多いこともあり、150 個以上の観察を原則としたが、含まれる珪藻殻が少ない試料では 150 個に満たないものもあった。それでも、すべての試料で 100 個以上の珪藻殻を観察した。なお、多数の細胞によって群体を形成する珪藻もあるが、そのような場合も、一つのまとまりを 1 個の珪藻殻として計測した。

珪藻の同定は、Hartley et al. (1996), 小林ほか (2006), Krammer and Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, b), Round et al. (1990), 田中 (2014), 渡辺 (2005) などに従って行った。学名の表記は Hartley et al. (1996) を基本とした。海水生種 (M), 汽水生種 (B), 淡水生種 (F) の生態区分の分類は、Hartley et al. (1996) に基づいた。

属不明の種は生態区分も不明のため、(U) として区分した。また、*Actinocyclus normanii* の生態については、田中ほか (2015) と同様に、Round et al. (1990) に基づいて淡水生とした。

いくつかの珪藻について、同定や計数に際しての留意点を以下に説明する。

*Cyclotella* 属のうち、*C. striata* と *C. stylorum* は明確に識別できないことがあるため、これらを含む全体を *Cyclotella striata* + *C. stylorum* とした。*Stephanodiscus* 属については類似種が多く同定が困難なため、*Stephanodiscus* sp.1, *S. sp.2*, *S. sp.3*, *S. sp.4* の 4 グループに便宜的に分けて整理した。分類基準の一つは東間肋 (間東線) の本数で、*S. sp.1* は 20

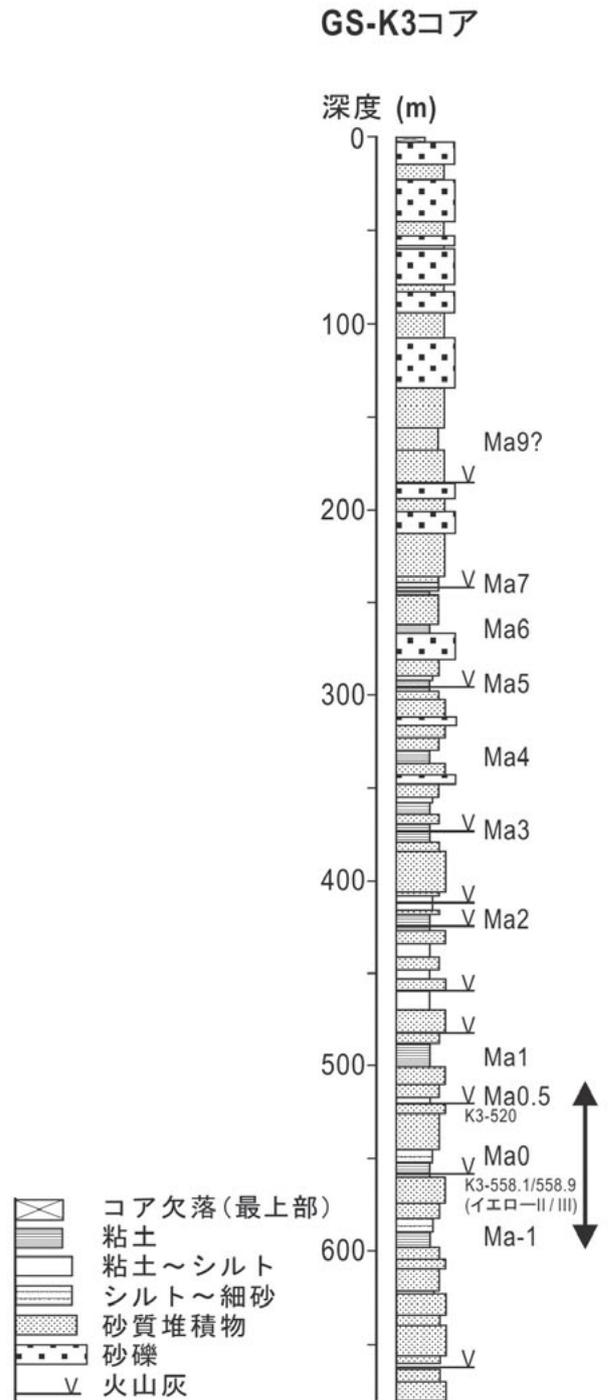


図 4 神戸市東灘区石屋川南ボーリング (GS-K3 コア) の地質柱状図。Kobayashi et al. (2002) に基づく。両矢印は本研究の分析層準を含む領域を示す。

本未満と少なく、*S. sp.2* は 20 本～39 本、*S. sp.3* と *sp.4* は 40 本以上とした。これらのうち、*S. sp.2* は *Stephanodiscus suzukii* Tuji & Kocielek との関連があると思われた。*S. sp.4* は 40 本よりも多くの東間肋があるほか、辺縁に 2 種類の突起を有し、そのうちの Y 字形をした突起は、他の種には見られない大きさを示した。このことから、*S. sp.4* は *Stephanodiscus*

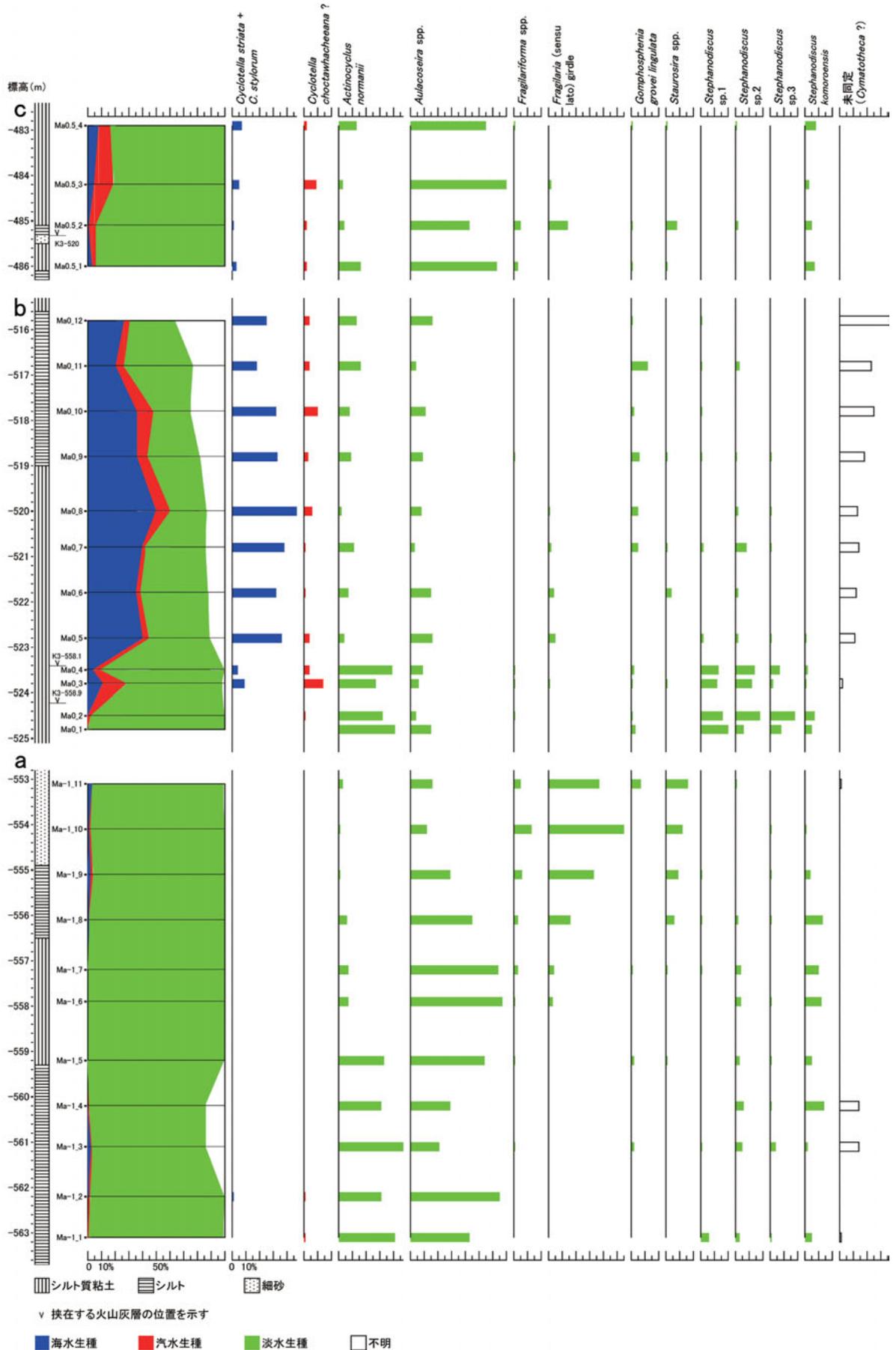


図5 GS-K3 コア Ma-1・Ma0・Ma0.5 層の地質柱状図および出現珪藻の生態区分ごとの集計と主要珪藻が占める割合 (a: Ma-1 層, b: Ma0 層, c: Ma0.5 層).

*komoroensis* H. Tanaka (田中, 2014) と同定した。ただし, *S. sp.4* は辺縁部が破損して突起を失っていることも多く, その場合には *S. sp.3* か *S. sp.4* かの判別はたいへん困難であった。

*Fragilaria* 属 (広義) の仲間には *Fragilaria* 属, *Fragilariforma* 属, *Martyana* 属, *Staurosira* 属, *Staurosirella* 属などがあるが, 群体状態となっている場合の帯面の形態は似通っているため, 分類は困難であった。試料によっては出現数も多く, 無視することはできないので, 帯面が *Fragilaria* 属 (広義) に属すると判断できるものについては *Fragilaria* (*sensu lato*) *girdle* として整理した (図 6)。

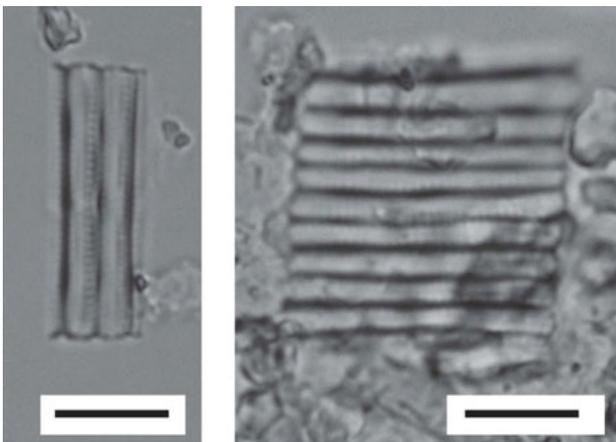


図 6 *Fragilaria* (*sensu lato*) *girdle* としての珪藻の例。スケールは 10  $\mu\text{m}$  を示す。

図 7 は, GS-K3 コアの Ma-1 層や Ma0 層で多く観察された珪藻殻であり, 南雲・安藤 (1984) において *Cymatotheca weissflogii* (Grun.) Hendey としている種と類似していた。しかし, 殻面は *C. weissflogii* の特

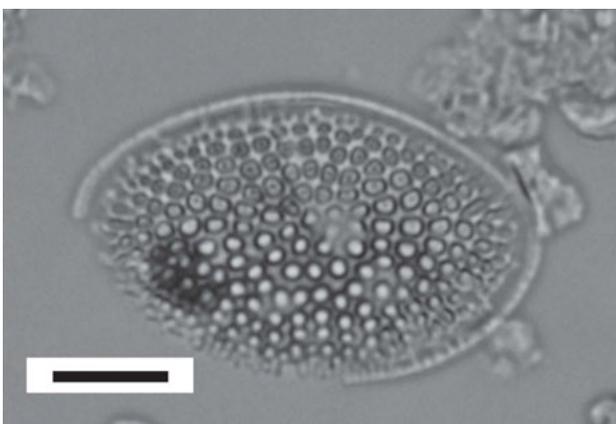


図 7 未同定 (*Cymatotheca* ?) としての珪藻。スケールは 10  $\mu\text{m}$  を示す。

徴である大きく波打つ構造にはなっておらず, また, 殻面上の胞紋は, *C. weissflogii* より粗いように思われた。したがって, この珪藻殻の正確な同定は現状では困難であるため, 未同定 (*Cymatotheca* ?) とし, 生態区分についても不明 (U) とした。

#### クラスター分析による類似性の解析

仁川緑地 A・B 地点と GS-K3 コアの各層から得た試料中の珪藻化石群集の類似性を定量解析するためにクラスター分析を行い, デンドログラムを作成した。土居・岡村 (2011) を参考にして, 解析には統計解析ソフトウェア R Ver. 3.3.0 (R Core Team, 2016) の生物群集解析パッケージ *vegan* (Oksanen et al., 2017) を用いた。類似度は Horn 指数 (Horn, 1966) で計算し, デンドログラム作成のための距離の定義は Ward 法 (Ward, 1963) による。

### 結 果

仁川緑地 A・B 地点と GS-K3 コアの Ma-1 層, Ma0 層, Ma0.5 層について, 各試料での出現珪藻とその計測数を表 1～表 5 に示す。種名は淡水生種 (F), 汽水生種 (B), 海水生種 (M), 不明 (U) の生態区分ごとにまとめ, 学名のアルファベット順に配列した。

各試料に含まれる珪藻化石群集は, 海水生種, 汽水生種, 淡水生種, 不明の生態区分ごとに集計して全計測数の中で占める割合を求めた。いずれかの試料で出現率が 10 % 以上を占めた種や属が 13 分類群あり, それらが全体の中で占める割合を示すことにより, 種組成の特徴も明らかにした。これらについて, 仁川緑地 A・B 地点は図 3 に, GS-K3 コア Ma-1・Ma0・Ma0.5 層は図 5 に示した。13 の分類群は以下の通りである。

*Cyclotella striata* + *C. stylorum*, *Cyclotella choctawhatcheeana* ?, *Actinocyclus normanii*, *Aulacoseira* spp., *Fragilariforma* spp., *Fragilaria* (*sensu lato*) *girdle*, *Gomphosphenia grovei* var. *lingulata*, *Staurosira* spp., *Stephanodiscus* sp.1, *Stephanodiscus* sp.2, *Stephanodiscus* sp.3, *Stephanodiscus komoroensis*, 未同定 (*Cymatotheca* ?)

#### 仁川緑地 A・B 地点の珪藻化石群集

仁川緑地 A 地点の珪藻化石群集は, 試料 A-1～A-3 では淡水生種が圧倒的に優占し, 海水生種や汽水生種は 0.5 % 未満であった。試料 A-4 は海水生種や汽水生種は認められず, すべて淡水生種であった。優占種はいずれの試料も湖沼浮遊性指標種である (千葉・澤井, 2014) *Aulacoseira* spp. が 49 % 以上を占め, 種組成も全体に似通っていた (表 1, 図 3)。

仁川緑地 B 地点の下位の試料 B-1, 2 の群集は淡水生種が 94 % 以上と優占した。試料 B-1 の優占種は湖沼浮遊性指標種の *Aulacoseira* spp. で 39 % であった。試料 B-2 の優占種は *Gomphosphenia grovei* var. *lingulata* (23 %) で特徴的に出現した。他の淡水生種では *Fragilariforma* spp. が 7 % ~ 9 %, *Staurosira* spp. が 5 % ~ 8 % 出現した。両試料では、13 の分類群に属さない種 (B-1 では *Pinnularia* spp. など, B-2 では *Navicula crucicula* など) が、ともに合計で 32 % 以上出現するなど、上位の試料 B-3 ~ B-5 の群集とは種組成が大きく異なっていた (表 2, 図 3)。

B 地点の試料 B-3 ~ B-5 では、上位に向けて海水生種が 2 % から 31 % へと大きく増加した。試料 B-3 の群集中で多かった湖沼浮遊性指標種である (千葉・澤井, 2014) *Stephanodiscus* spp. や, *Actinocyclus normanii* は、試料 B-5 ではそれぞれ 42 % から 16 %, 29 % から 13 % へと減少する一方、内湾指標種である (千葉・澤井, 2014) 2 種の *Cyclotella striata* + *C. stylorum* や、汽水生種の *Cyclotella choctawhatcheeana* ? は、それぞれ 0 % から 30 %, 1 % から 14 % へと増加した (表 2, 図 3)。

#### GS-K3 コアの珪藻化石群集

GS-K3 コアの Ma-1 層の珪藻化石群集は、下位の試料 Ma-1\_1, 2 ではほとんどが淡水生種 (97 % 以上) に占められた。その上位の試料 Ma-1\_3, 4 においても淡水生種 (83 % 以上) が優占し、海水生種と汽水生種の合計は、Ma-1\_3 で 3 %, Ma-1\_4 で 1 % とわずかであった。これら二つの試料では、未同定珪藻 (*Cymatotheca* ?) が、ともに 14 % 出現した。試料 Ma-1\_5 より上位では、試料 Ma-1\_1, 2 と同様に、ほとんどが淡水生種 (96 % 以上) に占められ、海水生種と汽水生種の合計は、最大でも 4 % とわずかであった。Ma-1 層内の共通の種組成としては、試料 Ma-1\_1 ~ Ma-1\_5 では、*Aulacoseira* spp. (湖沼浮遊性指標種) (21 % ~ 65 %) と *Actinocyclus normanii* (31 % ~ 47 %) をともに多く含んでいた。一方、試料 Ma-1\_6 ~ Ma-1\_11 では、*Actinocyclus normanii* は 7 % 以下へと大きく減少し、試料 Ma-1\_6 で多かった *Aulacoseira* spp. や *Stephanodiscus* spp. (湖沼浮遊性指標種) も上位に向けて徐々に減少した。その一方で、*Fragilaria* (sensu lato) *girdle*, *Fragilariforma* spp., *Staurosira* spp. が増加した。なお、*Fragilariforma* spp. や *Staurosira* spp. は、広義の *Fragilaria* 属に属するグループである (表 3, 図 5a)。

GS-K3 コアの Ma0 層では、下位の試料 Ma0\_1, 2 の珪藻化石群集は淡水生種 (98 % 以上) が優占し、試料 Ma0\_3 において、海水生種と汽水生種の合計は

28 % と増加したが、試料 Ma0\_4 では 9 % に減少した。しかし、それより上位の試料 Ma0\_5 ~ Ma0\_12 では、海水生種が再び増加した。特に試料 Ma0\_8 では、海水生種と汽水生種が合計 60 % を占めた。種組成についても、試料 Ma0\_1 ~ Ma0\_4 と試料 Ma0\_5 ~ Ma0\_12 では大きく異なっていた。試料 Ma0\_1 ~ Ma0\_4 では、*Stephanodiscus* spp. (湖沼浮遊性指標種) (26 % ~ 60 %) や *Actinocyclus normanii* (27 % ~ 41 %) が優占したが、試料 Ma0\_5 より上位では *Cyclotella striata* + *C. stylorum* (内湾指標種) が増加し、試料 Ma0\_5 ~ Ma0\_10 では優占種 (32 % 以上) であった。特に試料 Ma0\_8 では *Cyclotella striata* + *C. stylorum* が全体の 47 % と、ほぼ半数を占めた。未同定珪藻 (*Cymatotheca* ?) も試料 Ma0\_5 より上位に向けて増加し、試料 Ma0\_11, 12 では、これが優占種 (11 は 23 %, 12 は 36 %) であった (表 4, 図 5b)。

GS-K3 コアの Ma0.5 層は、8 m ~ 9 m の厚さの Ma0, Ma-1 層と比較して、3 m と薄い堆積層である。珪藻化石群集は、すべての試料において淡水生種が 82 % 以上出現し、海水生種と汽水生種は合計 6 % ~ 18 % で、上位では少し増加した。優占種はすべての試料において *Aulacoseira* spp. (湖沼浮遊性指標種) (43 % 以上) で、*Stephanodiscus* spp. (湖沼浮遊性指標種), *Actinocyclus normanii* も出現した。*Cyclotella striata* + *C. stylorum* (内湾指標種) や汽水生種の *Cyclotella choctawhatcheeana* ? が量は多くはないが、いずれの試料にも含まれていた。種組成は試料 Ma0.5\_2 を除くと、全体として似通っていた。試料 Ma0.5\_2 には *Fragilaria* (sensu lato) *girdle* や *Staurosira* spp. が他の 3 試料より多く含まれていた (表 5, 図 5c)。

#### クラスター分析による群集の類似度

クラスター分析は、仁川緑地の A 地点 (4 試料), B 地点 (5 試料), および GS-K3 コア Ma-1 層 (11 試料), Ma0 層 (12 試料), Ma0.5 層 (4 試料) の合計 36 試料について、各試料での出現珪藻の計測数 (表 1 ~ 表 5) を基にして行った。群集の種組成の類似度は Horn 指数 (Horn, 1966) により算出し、得られた結果を表 6 に示した。完全一致の場合の Horn 指数は 0, 完全不一致の場合は 1 である。また、距離の定義を Ward 法 (Ward, 1963) で行い、デンドログラムを作成した (図 8)。デンドログラム中の類似度は、距離から求めた数値であり、Horn 指数とは異なる。

分析の結果、珪藻化石群集は大きく二つのグループに分けられた。一つのグループは、仁川緑地 A 地点からの試料 (A-1 ~ A-4) と GS-K3 コアの Ma-1 層と Ma0.5 層からの試料から構成され、B 地点からの 2 試料 (B-1, 2) も含まれた。このグループの中では、A

地点の A-1 と GS-K3 コアの Ma-1 層の Ma-1\_7 の間の Horn 指数は 0.003 で全データの組み合わせの中で最小の値であった。また、Ma-1\_6 との間の Horn 指数も 0.007 と小さく、これらの層の珪藻化石群集の種組成が極めて類似していることを示している。A 地点の試料 A-1 は、Ma-1 層の試料 Ma-1\_6, 7 および Ma0.5 層の試料 Ma0.5\_1, 3, 4 と、類似度の高いクラスターを形成した。また、A 地点の試料 A-2 ~ A-4 は、Ma-1 層の試料 Ma-1\_8 および Ma0.5 層の試料 Ma0.5\_2 と、類似度の高いクラスターを形成した。全体としては、A 地点の試料 (A-1 ~ A-4) は、GS-K3 コアの Ma-1 層の試料 Ma-1\_6 ~ Ma-1\_8 と Ma0.5 層 (Ma0.5\_1 ~ Ma0.5\_4) および B 地点の B-1 とクラスターを形成した (表 6, 図 8)。このクラスターの群集は *Aulacoseira* spp. (湖沼浮遊性指標種) が優占し、堆積環境は淡水湖沼と共通している (図 3, 図 5a, 図 5c)。

もう一つのグループは、仁川緑地 B 地点からの 3 試料 (B-3 ~ B-5) と GS-K3 コアの Ma0 層のすべての試料 (Ma0\_1 ~ Ma0\_12) から構成された。このグループの中では、B 地点の試料 B-3, 4 は GS-K3 コアの Ma0 層の下位の試料 Ma0\_1 ~ Ma0\_4 と、また、試料 B-5 は Ma0 層の下位から中位にかけての試料 Ma0\_5 ~ Ma0\_9 とそれぞれクラスターを形成した。B 地点の B-3 と、GS-K3 コアの Ma0 層の Ma0\_4 との間の Horn 指数は 0.048、また、Ma0 層の Ma0\_2 との間の Horn 指数は 0.050 で、この二つの組み合わせが B 地点の中では小さい値であった。B 地点の B-4 で Horn 指数が最も小さいのは Ma0 層の Ma0\_4 との間の 0.055 であった。このことから、B 地点の B-3, 4 と GS-K3 コアの Ma0 層の Ma0\_4 の種組成の類似性が高いといえる。B 地点の試料 B-5 で Horn 指数が小さかったのは、Ma0 層の Ma0\_5, Ma0\_6, Ma0\_7 との間で、それぞれ 0.140, 0.153, 0.161 だった (表 6, 図 8)。

B 地点の B-3 ~ B-5 が Ma0 層との類似性が高いのに対して、B-1, 2 については、Ma0 層との類似性は低かった。B-1 で Horn 指数が最も小さかったのは、Ma0.5 層の Ma0.5\_2 との間で 0.075 であった。また、B-2 については、最も小さい Horn 指数でも、Ma-1\_11 との間の 0.371 であり、他との類似性が少ない層であることを示している (表 6, 図 8)。

### 考 察

#### 珪藻化石群集から見た仁川緑地 A・B 地点と GS-K3 コアの堆積環境

試料中の珪藻化石群集の珪藻分析の結果に基づき、仁

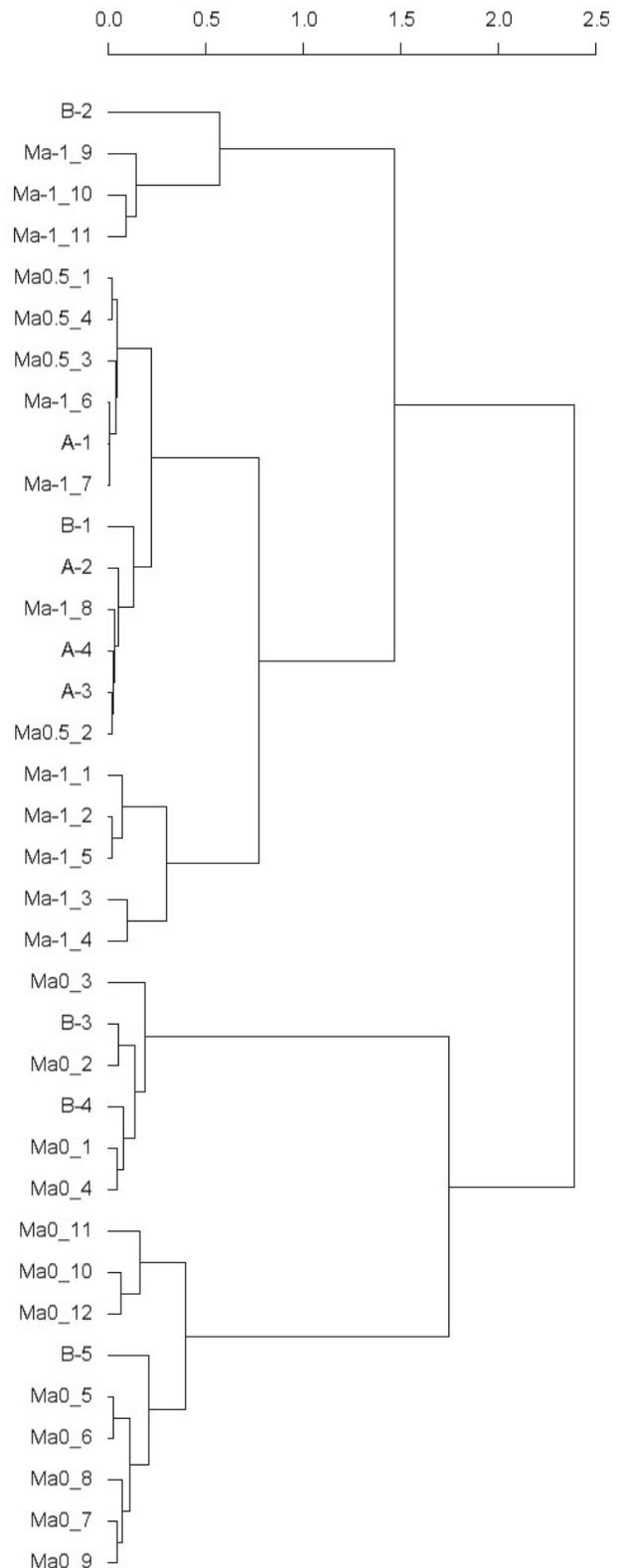


図 8 類似度に基づいて描いた、仁川緑地 A・B 地点と GS-K3 コア Ma-1・Ma0・Ma0.5 層から採取した試料中珪藻群集のデンドログラム。上部の数値は類似度を示す。

川緑地 A・B 地点と GS-K3 コアの Ma-1 層, Ma0 層 および Ma0.5 層の堆積環境を推定した。各層における珪藻化石群集と堆積環境との比較のために、Ma1 層に

対比されている阪急仁川テニスクラブ付近の露頭断面について、田中ほか（2015）のデータに基づく生態区分ごとの割合と、5 % 以上出現した分類群の割合を、参考として図 9 に示した。なお、図 9 で生態区分不明の分類群には、Ma-1 層や Ma0 層で観察された未同定珪藻 (*Cymatotheca* ?) は含まれない。

Ma1 層の珪藻化石群集はいずれの試料も 90 % 以上が海水生種と汽水生種で占められ、海水生種として *Cocconeis scutellum*, *Giffenia cocconeiformis*, *Grammatophora oceanica*, *Tryblionella granulata*, *Tryblionella lanceola*, *Cyclotella striata* + *C. stylorum*, *Paralia sulcata* など、内湾環境を特徴づける珪藻が多数出現したことから、その堆積環境は内湾と推定された（田中ほか，2015）。GS-K3 コアの Ma1 層の分析は今回行わなかったが、GS-K3 コアより約 3 km 南東の海側で採取された東灘 1700 m ボーリングコア（GS-K1 コア）（井川・衣笠，1998）（図 1）の Ma1 層では、*Cyclotella striata* + *C. stylorum*, *Paralia sulcata*, *Thalassionema* 属, *Thalassiothrix* 属などの内湾環境を特徴づける珪藻が優占しており（Kitaba et al., 2013），その堆積環境は内湾と推定される。

仁川緑地 A 地点の珪藻化石群集では、全層準を通じて湖沼浮遊性指標種の *Aulacoseira* spp. が優占した。このことから、A 地点の堆積環境は、安定した淡水環境の湖沼であったと推定される。

仁川緑地 B 地点の下位の地層（B-1, 2）は淡水生種が優占したことから、淡水環境と推定される。淡水生種として *Gomphosphenia grovei* var. *lingulata* や *Pinnularia* 属などの付着性種が見られたことから、水深がより浅い湖沼環境が考えられる。上位の地層（B-3 ~ B-5）では、B-3 で多かった湖沼浮遊性指標種の *Stephanodiscus* spp. や、*Actinocyclus normanii* が減少する一方で、内湾指標種の *Cyclotella striata* + *C. stylorum* が B-4, 5 で増加したことから、淡水湖沼であった B 地点に海水の影響が及び、内湾へと変化していったことが示唆される。試料 B-3, 4 の層準は海水の影響がまだ弱い段階に、また、試料 B-5 の層準は海水の影響が強まった段階に、それぞれ形成されたと推定される。しかし、仁川の Ma1 層が示す内湾環境に比べると、*Cyclotella striata* + *C. stylorum* 以外に内湾を特徴づける珪藻はほとんど認められず、海水の影響は Ma1 層の形成時に比べて弱かったと思われる（図 3, 図 9）。

GS-K3 コアの Ma-1 層の試料 Ma-1\_5 ~ Ma-1\_8 では、珪藻化石群集の 100 % 近くが淡水生種によって占められた（図 5a）。これらの試料中では、湖沼浮遊性指標種の *Aulacoseira* spp. が優占し、堆積環境は淡水湖沼と推定される。

Ma0 層では、下位の試料 Ma0\_1 ~ Ma0\_4 の群集

は淡水生種が優占し、湖沼浮遊性指標種が出現したことから、堆積環境は淡水湖沼と推定される。それより上位の試料 Ma0\_5 ~ Ma0\_12 では、海水生種が増加し、海進により海水の影響が及んだことが示される。試料 Ma0\_5 ~ Ma0\_10 では、内湾指標種の *Cyclotella striata* + *C. stylorum* が優占したことから、堆積環境は湖沼から内湾へと変化したと考えられる（図 5b）。ここでも、*Cyclotella striata* + *C. stylorum* 以外に内湾を特徴づける珪藻はほとんど認められず、海水の影響は、仁川の Ma1 層や、GS-K1 コアにおける Ma1 層（Kitaba et al., 2013）に比べて弱かったと思われる。

Ma0.5 層は、湖沼浮遊性指標種の *Aulacoseira* spp. が優占種であり、*Stephanodiscus* spp., *Actinocyclus normanii* も出現した。海水生種と汽水生種がわずかに出現したことから、淡水が優勢する湖沼で、海水の影響がわずかに及ぶ環境であったと推定される（図 5c）。

#### 仁川緑地 A・B 地点と GS-K3 コアとの層序対比

珪藻分析を行った仁川緑地 A・B 地点の地層は Ma1 層より下位にあることから、Ma0.5 層、Ma0 層および Ma-1 層のいずれかに対比される可能性がある。そこで、仁川緑地 A・B 地点と GS-K3 コアの各層との間で、珪藻化石群集と堆積環境の類似性を検討し、両地点の層序対比を考察する。

大阪層群の海成粘土層 Ma1 層、Ma0.5 層、Ma0 層、Ma-1 層の堆積年代は、温暖な高海面期に相当する海洋酸素同位体ステージの MIS 31, MIS 33, MIS 35, MIS 37 に対比されている（Biswas et al., 1999；吉川・三田村，1999；吉川，2012）。海洋酸素同位体データスタック LR04（Lisiecki and Raymo, 2005）の年代モデルによれば、Ma1 層、Ma0.5 層、Ma0 層、Ma-1 層の堆積年代は、それぞれ約 107 万年前、約 111 万年前、約 117 万年前、約 124 万年前になる。

仁川緑地 B 地点の珪藻化石群集は、下位から上位に向かって海水生種が増加し、試料 B-5 では 31 % に達した（図 3）。GS-K3 コアでは、Ma0 層の試料 Ma0\_4, 5 において B 地点と同様の海水生種の増加が見られ、試料 Ma0\_4 では海水生種は 4 % であるのに対して、試料 Ma0\_5 では 40 % を占めた（図 5b）。B-5 と Ma0\_5 は、堆積環境において海水の影響が明瞭に認められる点で共通する。全体としては、B 地点の試料 B-3, 4 は GS-K3 コアの Ma0 層の下位の試料 Ma0\_1 ~ Ma0\_4 と、また、試料 B-5 は Ma0 層の下位から中位にかけての試料 Ma0\_5 ~ Ma0\_9 とそれぞれクラスターを形成した（図 8）。内湾指標種の *Cyclotella striata* + *C. stylorum* は、B 地点では B-3 ~ B-5 で、Ma0 層では Ma0\_3 ~ Ma0\_12 で出現した（表 2, 4）。その中で、B 地点の B-5 および Ma0 層の

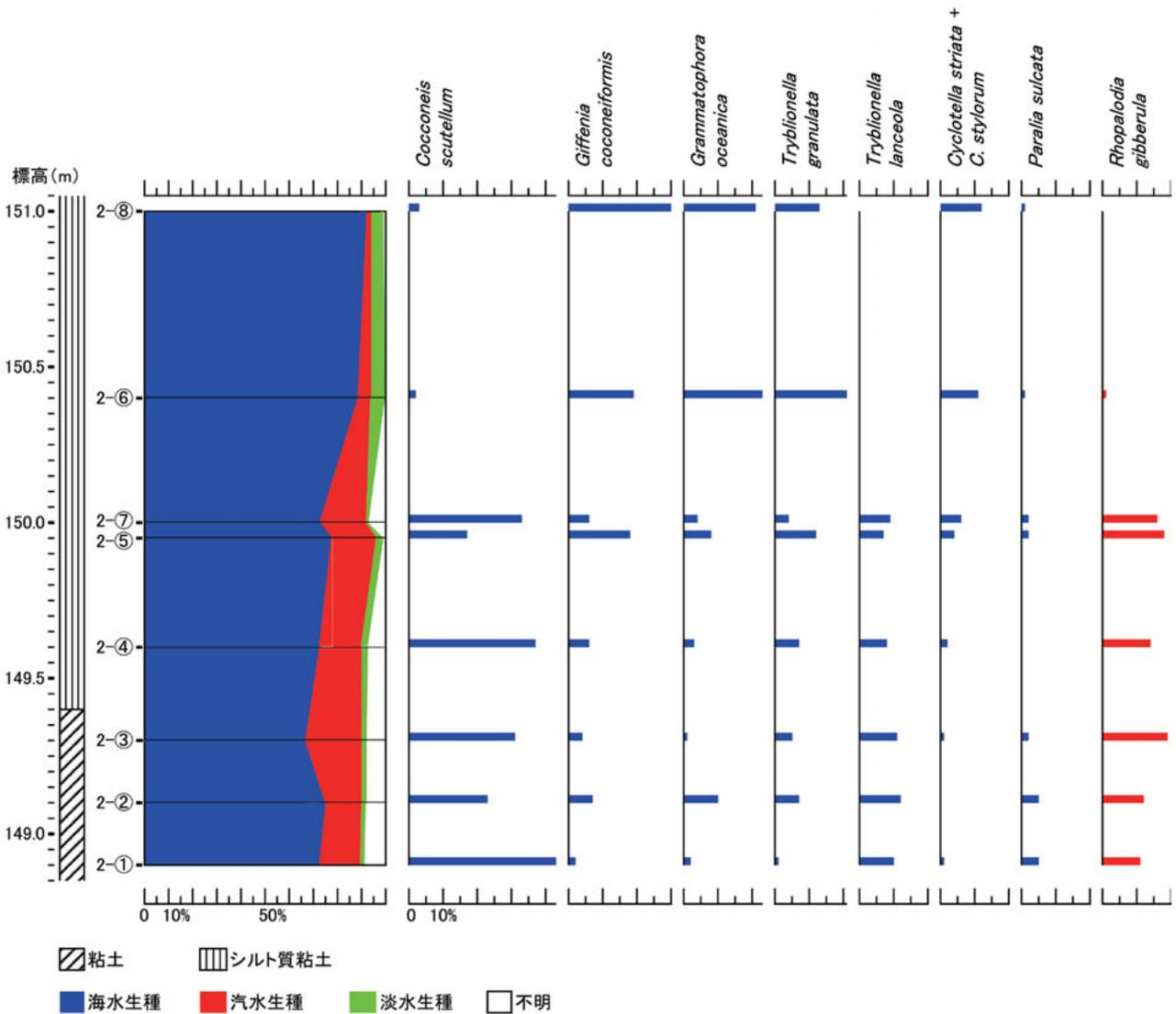


図9 仁川緑地の西方にある Ma1 対比層の総合地質柱状図および出現珪藻の生態区分ごとの集計と主要珪藻が占める割合。

Ma0\_5 ~ Ma0\_10 の群集は、*Cyclotella striata* + *C. stylorum* がいずれも 30 % 以上出現した (図 3, 5b)。すなわち、B 地点の B-1, 2 と Ma0 層の形成開始時期の Ma0\_1, 2 は淡水の影響が極めて強いが、その後はともに内湾の要素を持ち始める点で類似しており、B 地点における上方への海水の影響の増加は、海進開始期に相当する Ma0 層の下部におけるそれと良く一致している (図 3, 5b)。

以上のような珪藻化石群集と堆積環境の類似性から判断して、B 地点の分析層準 B-3 ~ B-5 は、MIS 35 (約 117 万年前) の時期に形成された Ma0 層の下部に対比される可能性が高い。

B 地点の珪藻化石群集の種組成については、大阪堆積盆地北部の Ma0 層とも共通性がある。中西ほか (1969) は、千里山・茨木・高槻などで観察したイエ

ロー火山灰層準に含まれる海水生または汽水生の主要な珪藻群集種として *Coscinodiscus* cf. *commutatus*, *Cos. rothii* var. *normanii*, *Cyclotella striata*, *Cycl. stylorum* などをあげている。これらのうち、*Cos. rothii* var. *normanii* は、現在は *Actinocyclus normanii* とされている (Krammer and Lange-Bertalot, 1991a)。また、*Coscinodiscus* cf. *commutatus* も、中西ほか (1969) における掲載図から *A. normanii* と判断することができる。なお *A. normanii* の生態区分は、本研究では淡水生とした。一方、淡水生の主要な珪藻群集種として *Aulacoseira granulata*, *A. islandica*, *A. italic* として *Stephanodiscus niagarae* などをあげている。中西ほか (1969) では *Melosira* 属としている初めての 3 種は、本研究では *Aulacoseira* spp. とした種である。また、*Stephanodiscus niagarae* は、本研究では *S. sp.3* とし

たものに含まれる種である。

以上のように再整理した大阪堆積盆地北部の Ma0 層で多産した淡水生種の *Actinocyclus normanii*, *Aulacoseira* spp., *Stephanodiscus* sp.3 や海水生種の *Cyclotella striata*, *C. stylorum* などは、仁川緑地 B 地点でも多く出現した種であり、共通性が認められた。

一方で、GS-K3 コアの Ma0 層の下部では標高 -524.23 m と -523.43 m (深度 558.9 m, 558.1 m) にイエロー II または III に対比される火山灰層が挟在される (Kobayashi et al., 2002) のに対して、仁川緑地の B 地点では火山灰層が挟在されていない。この差異については次節で考察する。

B 地点の層準が Ma0 層に対比されると推定されることから、それより下位にある A 地点の分析層準は、MIS 37 (約 124 万年前) の時期に形成された Ma-1 層に対比できると考えられる。このことは、両者の珪藻化石群集の生態区分や種組成の類似性や、クラスター分析の結果からも強く示唆される。

#### 仁川 A・B 地点と GS-K3 コア採取地点間の堆積場の違い

仁川緑地の A 地点と B 地点の各層準をそれぞれ GS-K3 コアの Ma-1 層と Ma0 層に対比した場合の、両者の間の部分の岩相層序の比較を図 10 に示す。GS-K3 コアの地質柱状図は、保管されているコアの観察に基づいて作成した。仁川緑地の A・B 地点および間の部分は、図 3 をより簡略化して示した。Ma-1 層と Ma0 層の間に挟まれている砂礫卓越層の厚さは、GS-K3 コアでは約 28 m (標高約 -555 m ~ -527 m) であるのに対して、それに対応する仁川緑地では約 3 m (標高約 125 m ~ 128 m) と極めて薄い。それぞれ MIS 37 および MIS 35 の時期に形成された Ma-1 層と Ma0 層の間に分布する砂礫卓越層は、MIS 36 (氷期) に相当する時期に形成された層であり、この時期の両地点の堆積場には、大きな違いがあったことを示している。

GS-K3 コアの Ma0 層の海進開始期の層準に、イエロー II または III に対比される火山灰層が挟在されているのに対して、仁川緑地 B 地点では観察されなかった。その要因の一つとして、当時の B 地点は GS-K3 コア地点より高い位置にあり堆積場が浅く、河川による激しい侵食を受けやすい環境下にあったために海進の開始が GS-K3 コア地点より遅かったという仮説が考えられる。このことは、海進開始前の B-1, 2 の層準において浅い淡水環境が示唆されたことと調和する。B 地点では、イエロー II または III に対比される火山灰層は B-1, 2 の層準付近または下位に存在する可能性があるが、今回の調査ではその存在は確認できなかった。

ところで、Ma-1 層に対比できる可能性の大きい仁川

緑地 A 地点の試料 A-1 と、GS-K3 コアの Ma-1 層の試料 Ma-1\_7 は類似度が最も高かった試料である (表 6)。A 地点の A-1 の標高は +120.89 m (表 1)、GS-K3 コアの Ma-1 層の試料 Ma-1\_7 は -557.23 m (表 3) であるので、現在の標高差は約 678 m である。これらの試料を含む地層の堆積環境は、ある程度深い水深の淡水湖沼であることを珪藻群集は示しているが、両者が同時期に、ほぼ同程度の水深で堆積したと仮定した場合、過去約 124 万年の間に、仁川緑地は GS-K3 コア地点に対して、相対的に約 678 m 隆起したことになる。

#### 前期更新世における大阪堆積盆地北西部の堆積環境変遷

以上の考察に基づいて、西宮市仁川緑地および GS-K3 コア地点を含む、大阪堆積盆地北西部における、前期更新世末期の堆積環境の変遷を推定する。

##### 1) 湖沼の存在

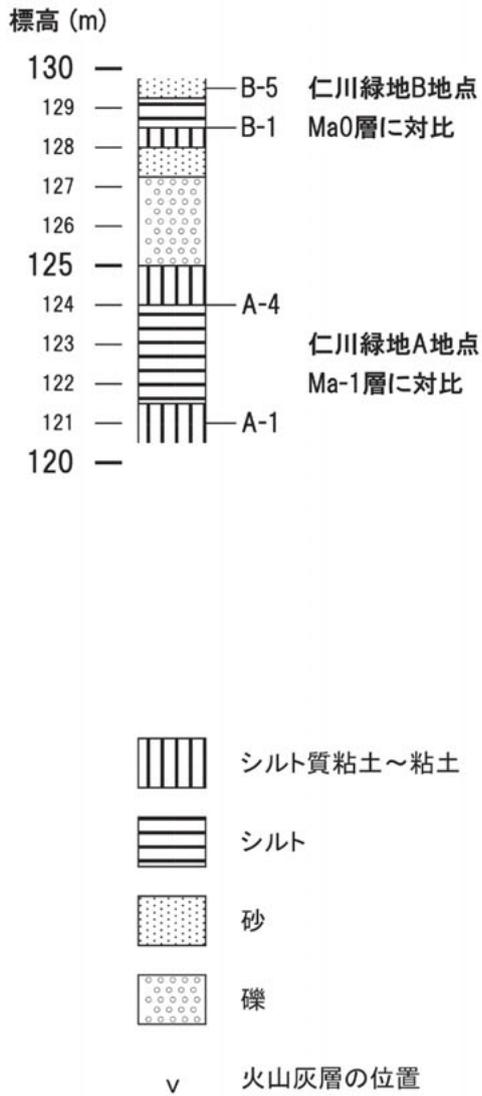
約 124 万年前の Ma-1 層形成時である間氷期 (MIS 37) には、神戸市東灘区石屋川南の GS-K3 コア地点では、湖沼浮遊性指標種である *Aulacoseira* spp. や *Stephanodiscus* spp. がともに多く含まれ、湖沼環境であったことが示された。Ma-1 層に対比される可能性が高い西宮市仁川緑地 A 地点の地層も、同様の湖沼環境を示した。したがって当時の六甲山地南東麓では、広範囲に湖沼が分布する地勢が存在したと考えられる。

GS-K3 コアの Ma-1 層は、全体としては淡水の影響を強く受けて形成された湖沼成の粘土層である。堆積の初期に海水が一時的に進入した可能性があるが、しばらく後には再び淡水環境に戻った。堆積後期にも再び海の影響を受けたが、その影響は大きなものではなかった。Ma-1 層は市原ほか (1984) が岸和田市津田川流域での調査で Ma0 層の下部から発見した海成粘土層である。その後、深層ボーリング内でも確認された (吉川ほか, 1987) が、地上での Ma-1 層の観察は、大阪堆積盆地の南部地域に限られている (吉川, 1993)。このことは、Ma-1 層が堆積した海域は、Ma1 層の堆積時の海域に比べてかなり狭かったことを示していると思われる。また、大阪層群は Ma-1 層から海成粘土層が形成され始めたとされているが、本研究において、大阪堆積盆地北西部の六甲山地との境界付近では、Ma-1 層は淡水成の要素が大きかったことが明らかになった。

##### 2) 海水の進入

約 117 万年前の Ma0 層形成時である間氷期 (MIS 35) には、GS-K3 コア地点では内湾指標種の *Cyclotella striata* + *C. stylorum* が増加し、湖沼から内湾へと変化した。Ma0 層下部に対比される仁川緑地 B 地点の地層 (B-3 ~ B-5) でも同様の環境変化が見られた。したがって、大阪堆積盆地北西部では、Ma0 層形成時の間氷期 (MIS 35) から、海水の影響が及ぶ環境

仁川緑地 A地点・B地点とその間の層



GS-K3 Ma-1層上位・Ma0層下位とその間の層

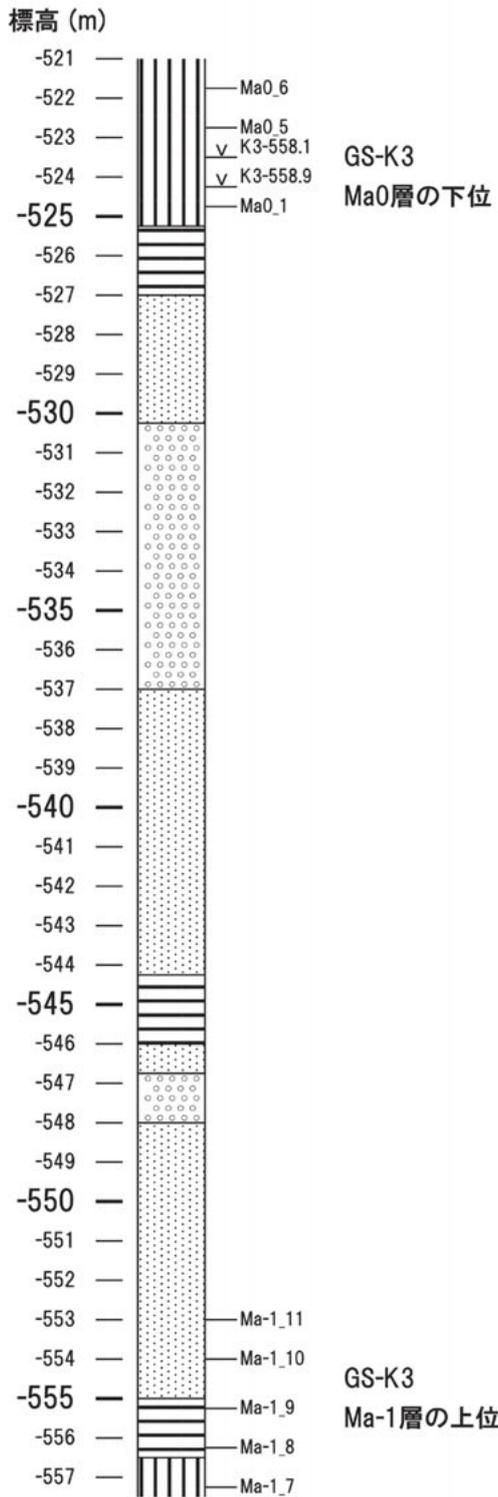


図 10 仁川緑地とGS-K3コアの比較。仁川緑地はA地点・B地点とその間の層を示す。GS-K3コアはMa-1層上位、Ma0層下位およびその間の層を示す。

になったと推定される。

### 3) その後の海水準の変動および地殻変動

約 111 万年前の Ma0.5 層形成時である間氷期 (MIS 33) には、GS-K3 コア地点ではわずかに海の影響が認められた。Ma0.5 層に対比される地層は、今のところ仁川周辺では観察されていない。約 107 万年前の Ma1 層形成時である間氷期 (MIS 31) の大阪堆積盆地北西部は、それ以前よりも海水の影響を強く受け、完全に内湾環境になった時期が継続したと思われる。

兵庫県西宮市甲山の周辺は大阪堆積盆地の北西縁部にあるが、Ma1 層の下位に Ma0 層、Ma-1 層が堆積していることから、少なくとも Ma1 層の形成時までは、この地域も GS-K3 コア地点同様に沈降域だったことが明らかとなった。Ma1 層の上位には薄い地層しか堆積しておらず、いつの時点からか沈降の程度は弱まり、逆に隆起域に転じていったと考えられる。一方 GS-K3 コア地点は、Ma9 層に対比される可能性がある層を含んでおり (図 4)、約 40 万年前の Ma9 層形成時 (MIS11) のころまでは、海進が及ぶ標高に位置していたと推定される。その後も GS-K3 コア地点では扇状地性の砂礫層を主体に厚く地層が堆積しており (伊藤ほか, 1998; Kobayashi et al., 2002)、海進の影響を受けないような立地のもとで、現在まで相対的な沈降が続いていると思われる。

### まとめと今後の課題

本研究では、西宮市仁川緑地の 2 ヶ所の露頭断面と、神戸市東灘区石屋川南ボーリングコア (GS-K3 コア) の Ma-1 層、Ma0 層および Ma0.5 層から採取した試料中の珪藻化石群集の珪藻分析に基づき、大阪堆積盆地北西部の堆積環境変遷を明らかにした。仁川緑地の露頭断面では火山灰層など地層対比のための鍵層が確認されなかったが、2 地点の地層が Ma1 層より下位にあることから、珪藻化石群集の類似性を基に GS-K3 コアの Ma-1 層、Ma0 層および Ma0.5 層との層序対比を試みた。その結果、仁川緑地にある地層には、下位より Ma-1 層と Ma0 層とに対比される層準が含まれていることが示唆された。

しかし、珪藻化石群集の類似性のみに基づく層序対比には限界がある。本研究では、仁川緑地の露頭の層準が Ma1 層よりも下位であることを前提にして、Ma1 層より下位の海成粘土層 (Ma-1 層、Ma0 層および Ma0.5 層) のみを層序対比の対象とした。しかし、大阪層群のように同様の堆積環境が周期的に繰り返されている場合には、海成層や湖沼成層の珪藻群集の種組成も大きくは変化しない。したがって、鍵層がなければいろいろな対比の可能性が考えられる。一方で、同時期に堆積した地

層であっても、調査地点が離れていれば同時異相の地層が形成されていることも考慮しなければならない。

仁川緑地では、目視で確認できる火山灰層は、現在までのところ確認できていないが、正確な層序対比には火山灰層の探索が必要不可欠である。また、地層の時代をある程度限定する方法として、古地磁気測定や花粉分析なども有効である。本研究で示した Ma-1 層および Ma0 層との地層対比を確実にするために、今後はこれらの調査や分析を進めることが必要であろう。

### 謝 辞

兵庫県立大学自然・環境科学研究所の太田英利教授、三枝春生准教授そして橋本佳明准教授からは、研究を進める上での有益なご指導をいただきました。ここに記して感謝いたします。2 名の査読者からは論文を改善するための有益なご意見をいただきました。ご指導に対して心よりお礼申し上げます。

### 要 旨

西宮市仁川緑地内の 2 ヶ所 (A・B 地点) の露頭から採取した堆積物中の珪藻群集を分析し、地層形成時の堆積環境の変化を明らかにした。これらは大阪層群の海成粘土 Ma1 層とされる近傍の露頭より下位に位置し、Ma1 層の下位の 3 つの海成粘土層 (Ma0.5 層、Ma0 層、Ma-1 層) に対比できる可能性があるため、神戸市東灘区で掘削された GS-K3 コア内の該当する 3 層からの試料についても珪藻分析を行った。珪藻群集の種組成に基づく層序対比の結果、仁川緑地の A・B 地点の地層は、それぞれ Ma-1 層と Ma0 層との対比が示唆された。そして、前期更新世後半における大阪堆積盆地北西部の堆積環境の変化を次のように推定した。Ma-1 層の形成時 (海洋酸素同位体ステージ MIS 37, 1.24 Ma) は淡水生の珪藻が優占する湖沼環境であった。Ma0 層の形成時 (MIS 35, 1.17 Ma) から海水の影響が及ぶ内湾環境になったが、海水の影響の程度は Ma1 層の形成時 (MIS 31, 1.07 Ma) より弱かった。

### 文 献

- Biswas, D. K., Hyodo, M., Taniguchi, Y., Kaneko, M., Katoh, S., Sato, H., Kinugasa, Y. and Mizuno, K. (1999) Magnetostratigraphy of Plio-Pleistocene sediments in a 1700-m core from Osaka Bay, southwestern Japan and short geomagnetic events in the middle Matuyama and early Brunhes chrons. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **148**, 233-248.

- 千葉 崇・澤井祐紀 (2014) 環境指標種群の再検討と更新. *Diatom*, **30**, 17–30.
- 土居秀幸・岡村 寛 (2011) 生物群集解析のための類似度とその応用: R を使った類似度の算出, グラフ化, 検定. 日本生態学会誌, **61**, 3–20.
- Hartley, B., Barber, H. G. and Carter, J. R. (1996) *An Atlas of British Diatoms*. In Sims, P. A. (ed.), Biopress Ltd., Bristol, 601 p.
- 林 隆夫・市原 実 (1993) 大阪盆地北西部. 市原 実 (編), 大阪層群. 創元社, 大阪, pp. 41–48.
- Horn, H. S. (1966) Measurement of “overlap” in comparative ecological studies. *The American Naturalist*, **100**, 419–424.
- 井川 猛・衣笠善博 (1998) 東灘 1700m (K1) ボーリング調査. 関西地盤情報活用協議会地盤研究委員会 (編), 新関西地盤一神戸および阪神間一. 関西地盤情報活用協議会, 大阪, pp. 213–231.
- 市原 実・吉川周作・川辺孝幸・三田村宗樹 (1984) 岸和田市津田川流域のいわゆる“芝の不整合”について—大阪層群の古地磁気層序とフィッシュン・トラック年代—. 地球科学, **38**, 1–16.
- 伊藤佳洋・岩崎好規・小池章久・松本正毅 (1998) 石屋川 (K2, K3), 長田 (K4) ボーリング調査. 関西地盤情報活用協議会地盤研究委員会 (編), 新関西地盤一神戸および阪神間一. 関西地盤情報活用協議会, 大阪, pp. 233–246.
- 加藤茂弘・岡田篤正・寒川 旭 (2008) 大阪湾と六甲山, 淡路島周辺の活断層と第四紀における大阪・播磨灘堆積盆地の形成過程. 第四紀研究, **47**, 233–246.
- Kitaba, I., Hyodo, M., Katoh, S., Dettman, D. L. and Sato, H. (2013) Midlatitude cooling caused by geomagnetic field minimum during polarity reversal. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **110**, 1215–1220.
- 北田奈緒子・竹村恵二 (2007) 地盤のなりたち. KG-NET・関西圏地盤研究会 (編), 新関西地盤—大阪平野から大阪湾—. KG-NET・関西圏地盤研究会, 大阪, pp. 15–26.
- Kobayashi, G., Mitamura, M., Yoshikawa, S., Katoh, S., and Hyodo, M. (2002) Detailed stratigraphy of the GS-K2 and GS-K3 drilling cores mainly based on the correlation of volcanic ashes in the northwestern part of the Osaka sedimentary basin, Southwestern Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, **45**, 101–123.
- 小林 弘・出井雅彦・真山茂樹・南雲 保・長田敬五 (編) (2006) 小林弘珪藻図鑑 第1巻. 内田老鶴圃, 東京, 596 p.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1986) Bacillariophyceae 1. Naviculaceae. In Ettl, H. (ed.), *Pascher's Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2, Teil 1*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 876 p.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1988) Bacillariophyceae 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In Ettl, H. (ed.), *Pascher's Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2, Teil 2*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 596 p.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991a) Bacillariophyceae 3, Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In Ettl, H. (ed.), *Pascher's Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2, Teil 3*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 576 p.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991b) Bacillariophyceae 4, Achnanthaceae Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. In Ettl, H. (ed.), *Pascher's Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2, Teil 4*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 437 p.
- Lisiecki, L. E. and Raymo, M. E. (2005) A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records. *Paleoceanography*, **20**, PA1003, doi:10.1029/2004PA001071.
- 南雲 保・安藤一男 (1984) 埼玉県 荒川低地沖積層のケイソウ (2). 日本歯科大学紀要, **13**, 123–134.
- 中西昭弘・中川要之助・横山卓雄 (1969) 大阪層群のイエロー火山灰層準における海成相とケイソウ群集—近畿地方の最新期新生代層の研究 その18—. 第四紀研究, **8**, 131–137.
- Round, F. E., Crawford, R. M. and Mann, D. G. (1990) *The Diatoms. Biology and morphology of the genera*. Cambridge University Press, Cambridge, 747 p.
- 杉山雄一 (1992) 西南日本前弧域及び瀬戸内区のネオテクトニクス. 地質学論集, **40**, 219–233.
- 田中宏之 (2014) 日本淡水化石珪藻図説—関連現生種を含む—. 内田老鶴圃, 東京, 602 p.
- 田中俊雄・佐藤裕司・加藤茂弘・半田久美子 (2015) 兵庫県西宮市仁川における大阪層群の珪藻分析. 人と自然, **26**, 47–59.
- Ward, J. H., Jr. (1963) Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, **58**, 236–244.
- 渡辺仁治 (編) (2005) 淡水珪藻生態図鑑 群集解析に基づく汚濁係数 DA<sub>Ipo</sub>, pH 耐性能. 内田老鶴圃, 東京, 666 p.
- 吉川周作 (1993) 大阪盆地南部. 市原 実 (編), 大阪層群. 創元社, 大阪, pp. 49–67.
- 吉川周作 (2012) 大阪堆積盆地第四系の層序学的研究. 第四紀研究, **51**, 1–19.
- 吉川周作・三田村宗樹 (1999) 大阪平野第四系層序と深海底の酸素同位体比層序との対比. 地質学雑誌, **105**, 332–340.
- 吉川周作・中川康一・川辺孝幸・古谷正和・大四雅弘 (1987) 大阪市深層ボーリング, OD-2・OD-1 コアの再検討. 地質学雑誌, **93**, 653–665.

## 付 記

- Oksanen, J., Guillaume, B. F., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P. R., O' Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, H. H., Szoecs, E. and Wagner, H. (2017) vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4–5. (2018年9月12日閲覧)  
[<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>]
- R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (2018年9月12日閲覧)  
[<https://www.R-project.org/>]

表 1 仁川緑地 A 地点の出現珪藻種と数および生態区分. 分析試料の記号・番号の下の数値は標高 (m) を示す (表 2 ~ 表 5 も同様).

種 名	生態	A-1	A-2	A-3	A-4
		120.89	122.25	123.52	124.02
<i>Actinocyclus normanii</i>	F	38	7	23	17
<i>Amphora copulata</i>	F	1	3	2	1
<i>Aneumastus tusculus</i>	F	0	1	2	0
<i>Aulacoseira</i> spp.	F	248	188	164	136
<i>Caloneis</i> sp.	F	1	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	F	2	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	F	0	1	0	0
<i>Diploneis ovalis</i>	F	1	0	0	3
<i>Encyonema silesiacum</i>	F	1	0	0	1
<i>Epithemia turgida</i>	F	1	0	0	0
<i>Eunotia</i> spp.	F	2	0	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	F	0	1	0	0
<i>Fragilariforma constricta</i>	F	1	6	8	2
<i>Fragilariforma virescens</i>	F	10	20	25	14
<i>Fragilariforma</i> spp.	F	2	0	1	0
<i>Fragilaria</i> (sensu lato) girdle	F	16	45	45	26
<i>Gomphonema parvulum</i>	F	1	0	0	0
<i>Gomphonema</i> sp.	F	0	0	1	0
<i>Gomphosphenia grovei</i> var. <i>lingulata</i>	F	2	3	6	4
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	F	1	0	0	0
<i>Luticola</i> sp.	F	0	1	0	0
<i>Martyana martyi</i>	F	0	0	1	0
<i>Navicula capitata</i>	F	0	0	1	0
<i>Navicula hasta</i>	F	3	3	1	5
<i>Navicula placentula</i>	F	0	1	0	0
<i>Navicula reinhardtii</i>	F	0	0	0	1
<i>Navicula viridula</i>	F	1	0	2	0
<i>Neidium affine</i>	F	0	1	0	0
<i>Pinnularia</i> spp.	F	2	1	1	0
<i>Placoneis</i> spp.	F	2	2	2	6
<i>Planothidium lanceolatum</i>	F	0	1	0	0
<i>Sellaphora pupula</i>	F	1	0	1	1
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	F	1	0	0	0
<i>Staurosira construens</i> var. <i>triundulata</i>	F	4	10	13	2
<i>Staurosira construens</i>	F	6	14	9	12
<i>Staurosirella</i> sp.	F	0	0	1	0
<i>Stephanodiscus</i> sp.1	F	4	2	2	13
<i>Stephanodiscus</i> sp.2 ( <i>S. suzukii</i> ?)	F	9	3	6	21
<i>Stephanodiscus</i> sp.3	F	0	1	3	1
<i>Stephanodiscus komoroensis</i>	F	43	4	15	14
<i>Surirella minuta</i>	F	2	0	0	0
	小計	406	319	335	280
<i>Navicula digitoradiata</i>	B	0	0	1	0
	小計	0	0	1	0
<i>Amphora laevissima</i>	M	0	1	0	0
<i>Navicula crucicula</i>	M	1	0	0	0
	小計	1	1	0	0
計測総数		407	320	336	280

表2 仁川緑地 B 地点の出現珪藻種と数および生態区分.

種名	生態	B-1 128.49	B-2 128.72	B-3 128.96	B-4 129.15	B-5 129.40
<i>Achnanthes</i> spp.	F	0	2	0	0	0
<i>Actinocyclus normanii</i>	F	0	2	74	78	35
<i>Amphora copulata</i>	F	9	5	1	2	0
<i>Amphora</i> spp. (F)	F	0	2	0	0	0
<i>Aulacoseira</i> spp.	F	115	19	17	32	24
<i>Caloneis</i> spp.	F	1	0	1	1	0
<i>Cavinula cocconeiformis</i>	F	0	2	0	0	0
<i>Cavinula pseudoscutiformis</i>	F	1	2	0	0	0
<i>Cocconeis neothumensis</i>	F	5	3	0	1	0
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	F	0	1	0	1	0
<i>Cocconeis placentula</i>	F	0	1	0	0	0
<i>Cymbella cistula</i>	F	0	0	0	0	1
<i>Cymbella heteropleura</i>	F	0	0	0	2	0
<i>Cymbella subaequalis</i>	F	0	0	1	0	0
<i>Cymbella</i> spp.	F	0	0	2	3	2
<i>Diploneis finnica</i>	F	1	0	0	0	0
<i>Diploneis ovalis</i>	F	5	0	0	0	1
<i>Diploneis</i> spp. (F)	F	2	0	0	0	0
<i>Encyonema silesiacum</i>	F	3	8	5	0	1
<i>Epithemia adnata</i>	F	0	2	0	1	0
<i>Eunotia</i> spp.	F	5	1	1	0	2
<i>Fragilariforma virescens</i>	F	27	16	6	5	2
<i>Fragilaria</i> (sensu lato) girdle	F	4	33	6	7	4
<i>Gomphoneis olivaceum</i>	F	1	4	0	1	1
<i>Gomphonema clevei</i>	F	0	1	1	0	0
<i>Gomphonema parvulum</i>	F	1	0	0	0	0
<i>Gomphonema</i> spp.	F	3	0	1	1	3
<i>Gomphosphenia grovei</i> var. <i>lingulata</i>	F	7	54	10	7	5
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	F	0	2	2	0	1
<i>Martyana martyi</i>	F	0	9	0	0	1
<i>Melosira undulata</i>	F	0	2	0	0	0
<i>Navicula hasta</i>	F	0	2	0	5	3
<i>Navicula placentula</i>	F	2	0	0	0	0
<i>Navicula</i> cf. <i>placentula</i>	F	1	0	0	0	0
<i>Navicula</i> spp. (F)	F	1	1	0	0	0
<i>Neidium affine</i>	F	0	1	0	0	0
<i>Pinnularia</i> spp.	F	17	3	0	2	1
<i>Placoneis</i> spp.	F	5	5	6	1	2
<i>Planothidium lanceolatum</i>	F	0	7	0	0	1
<i>Reimeria sinuata</i>	F	0	1	0	0	0
<i>Sellaphora americana</i>	F	7	0	1	0	0
<i>Sellaphora pupula</i>	F	6	1	0	3	0
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	F	1	0	0	0	0
<i>Stauroneis</i> spp.	F	5	0	0	0	0
<i>Staurophora wislouchii</i>	F	0	0	0	1	0
<i>Staurosira construens</i> var. <i>triundulata</i>	F	4	3	0	1	0
<i>Staurosira construens</i>	F	19	8	3	3	5
<i>Staurosirella</i> spp.	F	4	6	0	0	0
<i>Stephanodiscus</i> sp.1	F	10	6	37	36	20
<i>Stephanodiscus</i> sp.2 ( <i>S. suzukii</i> ?)	F	7	0	39	20	14
<i>Stephanodiscus</i> sp.3	F	1	1	22	12	7
<i>Stephanodiscus komoroensis</i>	F	6	3	10	1	0
<i>Ulnaria</i> spp.	F	0	0	2	0	2
	小計	286	219	248	227	138
<i>Cyclotella</i> sp.1 ( <i>C. atomus</i> var. <i>gracilis</i> ?)	B	0	0	0	4	4
<i>Cyclotella</i> sp.2 ( <i>C. choctawhatcheeana</i> ?)	B	0	0	2	9	37
<i>Diploneis pseudovalis</i>	B	0	0	0	1	0
<i>Navicula digitoradiata</i>	B	3	0	1	2	1
<i>Stauroneis acuta</i>	B	2	0	0	1	0
	小計	5	0	3	17	42
<i>Amphora holsatica</i>	M	0	0	0	0	1
<i>Amphora laevissima</i>	M	0	1	1	0	0
<i>Amphora proteus</i>	M	0	0	0	1	1
<i>Cyclotella striata</i> + <i>C. stylorum</i>	M	0	0	1	18	80
<i>Diploneis fusca</i>	M	1	0	1	1	0
<i>Diploneis smithii</i>	M	0	0	2	1	0
<i>Navicula crucicula</i>	M	0	12	1	0	0
<i>Tryblionella circumscuta</i>	M	0	0	0	1	0
<i>Tryblionella levidensis</i>	M	0	0	0	1	0
	小計	1	13	6	23	82
未同定 ( <i>Cymatotheca</i> ?)	U	0	0	0	0	1
計測総数		292	232	257	267	263

表3 GS-K3 コア Ma-1 層の出現珪藻種と数および生態区分。

種名	生態	Ma-1_1	Ma-1_2	Ma-1_3	Ma-1_4	Ma-1_5	Ma-1_6	Ma-1_7	Ma-1_8	Ma-1_9	Ma-1_10	Ma-1_11
		-563.14	-562.15	-561.14	-560.19	-559.16	-557.90	-557.23	-556.13	-555.14	-554.08	-553.08
<i>Achnanthes</i> sp.	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Actinocyclus normanii</i>	F	66	64	88	71	43	16	15	10	1	1	3
<i>Amphora copulata</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1
<i>Amphora</i> sp. (F)	F	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Aulacoseira</i> spp.	F	68	133	39	68	70	145	145	71	39	17	17
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Cymbella subaequalis</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Cymbella tumida</i>	F	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Cymbella</i> spp.	F	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
<i>Diploneis finnica</i>	F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Diploneis ovalis</i>	F	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0
<i>Discostella stelligera</i>	F	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Encyonema silesiacum</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Epithemia adnata</i>	F	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1
<i>Epithemia turgida</i>	F	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Eunotia</i> sp.	F	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria capucina</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Fragilariforma constricta</i>	F	0	0	0	0	0	1	0	2	2	5	1
<i>Fragilariforma virescens</i>	F	0	0	1	0	1	1	7	2	6	13	4
<i>Fragilariforma</i> spp.	F	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Fragilaria</i> (sensu lato) girdele	F	0	0	0	1	0	6	10	25	44	77	40
<i>Gomphonema clevei</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Gomphonema</i> spp.	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Gomphosphenia grovei</i> var. <i>lingulata</i>	F	0	0	4	1	2	1	2	0	0	0	8
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Hantzschia</i> sp.	F	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Luticola mutica</i>	F	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
<i>Meridion</i> sp.	F	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Navicula hasta</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Navicula</i> cf. <i>placentula</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Navicula reinhardtii</i>	F	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Navicula</i> spp. (F)	F	0	0	0	0	0	1	1	0	4	2	0
<i>Pinnularia</i> spp.	F	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Placoneis</i> spp.	F	0	0	1	1	0	2	2	0	0	0	0
<i>Planothidium lanceolatum</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Reimeria sinuata</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Stauroneis</i> sp.	F	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Staurosira construens</i> var. <i>triundulata</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	5	5	9	11
<i>Staurosira construens</i>	F	0	0	0	1	1	0	2	4	7	7	6
<i>Staurosirella</i> spp.	F	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Stephanodiscus</i> sp.1	F	9	0	1	1	0	1	3	2	2	0	0
<i>Stephanodiscus</i> sp.2 ( <i>S. suzukii</i> ?)	F	5	0	9	14	4	9	9	3	0	0	1
<i>Stephanodiscus</i> sp.3	F	1	1	8	3	1	2	0	1	1	1	0
<i>Stephanodiscus komoroensis</i>	F	8	0	4	32	7	26	22	20	5	1	0
<i>Surirella</i> sp.	F	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Ulnaria</i> spp.	F	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
小計		157	198	157	195	130	215	227	155	129	137	103
<i>Cyclotella</i> sp.2 ( <i>C. choctawhatcheeana</i> ?)	B	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula digitoradiata</i>	B	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	0
<i>Stauroneis acuta</i>	B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassiosira lacustris</i>	B	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0
小計		2	3	2	3	0	0	1	0	3	1	0
<i>Amphora holsatica</i>	M	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora laevisissima</i>	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Cyclotella striata</i> + <i>C. stylorum</i>	M	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploneis fusca</i>	M	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Diploneis smithii</i>	M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Diploneis</i> spp. (M)	M	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
<i>Pleurosira</i> sp. ?	M	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tryblionella coarctata</i>	M	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Tryblionella punctata</i>	M	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
小計		0	3	3	0	0	0	0	2	3	1	3
未同定 ( <i>Cymatotheca</i> ?)	U	1	1	27	33	0	0	0	0	0	0	1
計測総数		160	205	189	231	130	215	228	157	135	139	107

表4 GS-K3 コア Ma0 層の出現珪藻種と数および生態区分.

種名	生態	Ma0_1	Ma0_2	Ma0_3	Ma0_4	Ma0_5	Ma0_6	Ma0_7	Ma0_8	Ma0_9	Ma0_10	Ma0_11	Ma0_12
		-524.83	-524.46	-523.83	-523.51	-522.83	-521.83	-520.84	-519.96	-518.83	-517.83	-516.83	-515.82
<i>Achnanthes delicatula</i>	F	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes</i> spp.	F	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Achnantheidium minutissimum</i>	F	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0
<i>Actinocyclus normanii</i>	F	87	53	49	63	10	15	19	4	13	12	23	18
<i>Amphora copulata</i>	F	0	0	1	0	0	3	1	1	2	0	2	0
<i>Aneumastus tusculus</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Aulacoseira</i> spp.	F	32	6	11	14	41	30	6	13	13	17	6	23
<i>Caloneis</i> spp.	F	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1	1
<i>Cocconeis neothumensis</i>	F	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	F	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
<i>Cyclotella antiqua</i>	F	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella turgidula</i>	F	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Cymbella</i> spp.	F	0	0	0	1	2	1	0	1	0	0	0	0
<i>Diploneis ovalis</i>	F	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0
<i>Encyonema silesiacum</i>	F	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0
<i>Epithemia adnata</i>	F	0	0	0	1	2	1	1	0	1	1	1	0
<i>Epithemia turgida</i>	F	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0
<i>Eunotia</i> spp.	F	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
<i>Fragilariforma virescens</i>	F	0	1	1	1	1	0	0	0	2	0	0	0
<i>Fragilariforma</i> sp.	F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria</i> (sensu lato) girdle	F	0	0	2	0	14	8	4	1	0	0	0	0
<i>Gomphoneis olivaceum</i>	F	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema augur</i>	F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema clevei</i>	F	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema parvulum</i>	F	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema</i> spp.	F	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
<i>Gomphosphenia grovei</i> var. <i>lingulata</i>	F	6	1	1	4	1	1	8	8	9	3	17	2
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	F	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0
<i>Martyana martyi</i>	F	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	2	0
<i>Melosira undulata</i>	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
<i>Navicula capitata</i>	F	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Navicula hasta</i>	F	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Navicula cf. placentula</i>	F	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	1	0
<i>Navicula reinhardtii</i>	F	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula viridula</i>	F	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Navicula</i> spp. (F)	F	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0
<i>Neidium</i> spp.	F	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia</i> spp.	F	1	0	2	0	1	1	3	1	2	0	0	1
<i>Placoneis</i> spp.	F	0	0	1	2	3	4	0	0	2	1	0	0
<i>Planothidium lanceolatum</i>	F	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0
<i>Reimeria sinuata</i>	F	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhoicosphenia</i> spp.	F	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
<i>Rhopalodia gibba</i>	F	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Sellaphora pupula</i>	F	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	F	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stauroneis</i> spp.	F	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Staurosira construens</i> var. <i>triundulata</i>	F	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
<i>Staurosira construens</i>	F	1	0	2	0	1	6	0	0	1	0	0	0
<i>Staurosirella</i> spp.	F	1	0	0	0	0	0	1	2	2	0	5	0
<i>Stephanodiscus</i> sp.1	F	43	27	21	21	6	1	3	0	2	2	2	2
<i>Stephanodiscus</i> sp.2 ( <i>S. suzukii</i> ?)	F	13	31	22	22	6	4	13	3	2	0	4	0
<i>Stephanodiscus</i> sp.3	F	17	31	3	11	2	1	2	1	1	0	0	0
<i>Stephanodiscus komoroensis</i>	F	11	11	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ulnaria</i> spp.	F	0	0	0	0	2	3	0	0	0	1	0	0
小計		214	164	127	147	111	102	75	47	57	41	71	48
<i>Cyclotella</i> sp.1 ( <i>C. atomus</i> var. <i>gracilis</i> ?)	B	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
<i>Cyclotella</i> sp.2 ( <i>C. choctawhatcheeana</i> ?)	B	0	2	26	7	11	3	1	10	4	15	5	5
<i>Diploneis pseudovalis</i>	B	0	0	0	0	0	2	2	5	7	1	0	0
<i>Navicula digitoradiata</i>	B	0	2	4	1	1	0	0	1	1	1	2	0
<i>Thalassiosira lacustris</i>	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Thalassiosira</i> sp.	B	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
小計		0	4	31	8	12	6	4	17	12	19	8	5
<i>Amphora holsatica</i>	M	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Amphora proteus</i>	M	0	0	1	0	1	2	0	0	1	1	2	0
<i>Amphora</i> spp. (M)	M	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Cyclotella striata</i> + <i>C. stylorum</i>	M	0	0	17	6	93	65	66	82	49	50	26	36
<i>Diploneis fusca</i>	M	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0
<i>Diploneis smithii</i>	M	0	0	0	0	1	0	0	1	1	5	1	2
<i>Hantzschia virgata</i>	M	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia longissima</i>	M	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tryblionella coarctata</i>	M	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tryblionella levidensis</i>	M	0	0	0	0	3	4	1	0	0	0	0	0
<i>Tryblionella littoralis</i>	M	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
<i>Tryblionella plana</i>	M	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
小計		0	0	20	6	103	74	69	86	53	56	30	38
未同定 ( <i>Cymatotheca</i> ?)	U	0	0	3	0	29	24	25	23	26	39	33	51
計測総数		214	168	181	161	255	206	173	173	148	155	142	142

表5 GS-K3 コア Ma0.5 層の出現珪藻種と数および生態区分.

種名	生態	Ma0.5_1	Ma0.5_2	Ma0.5_3	Ma0.5_4
		-486.03	-485.13	-484.15	-482.93
<i>Actinocyclus normanii</i>	F	30	6	8	22
<i>Amphora copulata</i>	F	0	1	2	0
<i>Aneumastus tusculus</i>	F	0	1	0	0
<i>Aulacoseira</i> spp.	F	120	66	186	94
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	F	0	1	0	2
<i>Cymbella turgidula</i>	F	0	0	1	0
<i>Epithemia adnata</i>	F	1	0	0	0
<i>Fragilariforma virescens</i>	F	5	7	1	2
<i>Fragilaria</i> (sensu lato) <i>girdle</i>	F	0	21	4	0
<i>Gomphonema clevei</i>	F	0	0	2	0
<i>Gomphonema</i> sp.	F	0	1	0	0
<i>Gomposphenia grovei</i> var. <i>lingulata</i>	F	2	2	0	2
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	F	0	1	0	0
<i>Navicula viridula</i>	F	0	1	0	0
<i>Navicula</i> sp. (F)	F	1	0	0	0
<i>Neidium</i> sp.	F	0	1	0	0
<i>Pinnularia</i> spp.	F	0	2	2	0
<i>Placoneis</i> spp.	F	2	3	0	1
<i>Planothidium lanceolatum</i>	F	1	1	1	0
<i>Reimeria sinuata</i>	F	0	0	0	1
<i>Sellaphora pupula</i>	F	0	1	0	0
<i>Stauroneis</i> spp.	F	0	2	0	1
<i>Staurophora wislouchii</i>	F	0	0	0	1
<i>Staurosira construens</i> var. <i>triundulata</i>	F	1	6	0	1
<i>Staurosira construens</i>	F	1	6	1	0
<i>Staurosirella</i> spp.	F	1	2	0	0
<i>Stephanodiscus</i> sp.2 ( <i>S. suzukii</i> ?)	F	0	3	0	1
<i>Stephanodiscus komoroensis</i>	F	14	8	7	13
<i>Ulnaria</i> sp.	F	0	0	1	0
	<b>小計</b>	<b>179</b>	<b>143</b>	<b>216</b>	<b>141</b>
<i>Cyclotella</i> sp.1 ( <i>C. atomus</i> var. <i>gracilis</i> ?)	B	0	1	5	0
<i>Cyclotella</i> sp.2 ( <i>C. choctawhatcheeana</i> ?)	B	3	3	24	4
<i>Navicula digitoradiata</i>	B	1	2	2	0
<i>Thalassiosira lacustris</i>	B	2	2	5	12
	<b>小計</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>36</b>	<b>16</b>
<i>Cyclotella striata</i> + <i>C. stylorum</i>	M	5	1	13	12
<i>Tryblionella levidensis</i>	M	0	1	0	1
	<b>小計</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>13</b>
	<b>計測総数</b>	<b>190</b>	<b>153</b>	<b>265</b>	<b>170</b>

表 6 仁川緑地 A・B 地点 (9 試料) と GS-K3 コア Ma-1・Ma0・Ma0.5 層 (27 試料) の間の Horn 指数.

	A-1	A-2	A-3	A-4	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	Ma-1_1	Ma-1_2	Ma-1_3	Ma-1_4	Ma-1_5	Ma-1_6	Ma-1_7	Ma-1_8	Ma-1_9
A-2	0.037																	
A-3	0.049	0.022																
A-4	0.043	0.036	0.018															
B-1	0.136	0.116	0.087	0.071														
B-2	0.748	0.670	0.612	0.643	0.618													
B-3	0.710	0.791	0.692	0.633	0.747	0.764												
B-4	0.600	0.667	0.571	0.534	0.626	0.756	0.067											
B-5	0.738	0.765	0.721	0.694	0.736	0.844	0.524	0.349										
Ma-1_1	0.192	0.289	0.241	0.231	0.362	0.822	0.353	0.259	0.600									
Ma-1_2	0.071	0.130	0.145	0.147	0.267	0.819	0.598	0.477	0.679	0.076								
Ma-1_3	0.491	0.596	0.513	0.511	0.636	0.859	0.248	0.200	0.604	0.117	0.303							
Ma-1_4	0.275	0.388	0.304	0.288	0.400	0.810	0.324	0.267	0.613	0.101	0.226	0.095						
Ma-1_5	0.084	0.162	0.143	0.139	0.260	0.792	0.492	0.388	0.655	0.031	0.019	0.220	0.142					
Ma-1_6	0.007	0.050	0.080	0.071	0.176	0.780	0.744	0.646	0.761	0.222	0.075	0.531	0.314	0.102				
Ma-1_7	0.003	0.032	0.055	0.047	0.139	0.749	0.735	0.631	0.751	0.221	0.080	0.531	0.310	0.103	0.004			
Ma-1_8	0.065	0.059	0.026	0.038	0.132	0.629	0.683	0.578	0.727	0.260	0.188	0.528	0.278	0.171	0.095	0.076		
Ma-1_9	0.341	0.223	0.180	0.231	0.319	0.481	0.797	0.703	0.799	0.539	0.472	0.734	0.557	0.467	0.382	0.344	0.155	
Ma-1_10	0.723	0.549	0.521	0.605	0.734	0.549	0.888	0.855	0.908	0.841	0.810	0.905	0.851	0.812	0.755	0.720	0.494	0.160
Ma-1_11	0.597	0.447	0.395	0.468	0.571	0.371	0.799	0.741	0.835	0.710	0.684	0.792	0.713	0.673	0.638	0.602	0.372	0.093
Ma0_1	0.566	0.675	0.584	0.546	0.667	0.830	0.092	0.080	0.545	0.174	0.410	0.130	0.220	0.316	0.606	0.602	0.578	0.765
Ma0_2	0.785	0.887	0.795	0.732	0.858	0.910	0.050	0.154	0.575	0.409	0.658	0.285	0.383	0.555	0.806	0.809	0.773	0.903
Ma0_3	0.745	0.819	0.736	0.687	0.785	0.874	0.137	0.084	0.253	0.393	0.611	0.296	0.378	0.531	0.779	0.770	0.736	0.841
Ma0_4	0.680	0.783	0.687	0.641	0.770	0.862	0.048	0.055	0.453	0.248	0.503	0.139	0.264	0.401	0.715	0.712	0.688	0.844
Ma0_5	0.632	0.624	0.602	0.597	0.626	0.825	0.792	0.593	0.140	0.672	0.648	0.701	0.612	0.655	0.650	0.637	0.603	0.652
Ma0_6	0.635	0.634	0.601	0.597	0.615	0.820	0.735	0.535	0.153	0.627	0.631	0.618	0.548	0.623	0.660	0.646	0.605	0.664
Ma0_7	0.881	0.902	0.869	0.854	0.895	0.866	0.683	0.549	0.161	0.765	0.822	0.646	0.664	0.804	0.893	0.889	0.871	0.900
Ma0_8	0.850	0.853	0.847	0.845	0.852	0.895	0.904	0.728	0.186	0.858	0.834	0.825	0.794	0.850	0.854	0.851	0.855	0.894
Ma0_9	0.774	0.793	0.762	0.758	0.764	0.806	0.737	0.564	0.182	0.708	0.735	0.615	0.593	0.726	0.791	0.783	0.778	0.847
Ma0_10	0.749	0.767	0.747	0.744	0.764	0.899	0.797	0.617	0.222	0.704	0.713	0.605	0.562	0.717	0.763	0.757	0.757	0.835
Ma0_11	0.840	0.882	0.830	0.825	0.861	0.696	0.558	0.455	0.354	0.642	0.748	0.423	0.458	0.707	0.862	0.857	0.844	0.912
Ma0_12	0.649	0.679	0.654	0.652	0.687	0.892	0.732	0.585	0.398	0.581	0.602	0.448	0.403	0.597	0.668	0.662	0.668	0.781
Ma0.5_1	0.011	0.061	0.076	0.074	0.168	0.776	0.681	0.557	0.692	0.145	0.033	0.425	0.254	0.050	0.017	0.017	0.107	0.404
Ma0.5_2	0.083	0.049	0.015	0.029	0.075	0.585	0.718	0.591	0.704	0.294	0.205	0.562	0.328	0.196	0.121	0.091	0.024	0.148
Ma0.5_3	0.036	0.054	0.105	0.102	0.186	0.798	0.823	0.687	0.706	0.275	0.089	0.597	0.398	0.144	0.026	0.028	0.143	0.407
Ma0.5_4	0.025	0.075	0.073	0.067	0.146	0.766	0.673	0.531	0.619	0.160	0.067	0.433	0.240	0.071	0.040	0.034	0.094	0.391

	Ma-1_10	Ma-1_11	Ma0_1	Ma0_2	Ma0_3	Ma0_4	Ma0_5	Ma0_6	Ma0_7	Ma0_8	Ma0_9	Ma0_10	Ma0_11	Ma0_12	Ma0.5_1	Ma0.5_2	Ma0.5_3
Ma-1_11	0.092																
Ma0_1	0.923	0.823															
Ma0_2	0.966	0.913	0.114														
Ma0_3	0.929	0.853	0.198	0.202													
Ma0_4	0.946	0.857	0.044	0.075	0.099												
Ma0_5	0.803	0.733	0.776	0.848	0.562	0.730											
Ma0_6	0.826	0.733	0.719	0.805	0.528	0.671	0.023										
Ma0_7	0.930	0.875	0.721	0.717	0.491	0.621	0.083	0.081									
Ma0_8	0.957	0.911	0.905	0.933	0.650	0.827	0.063	0.103	0.059								
Ma0_9	0.948	0.865	0.730	0.793	0.526	0.668	0.067	0.053	0.042	0.071							
Ma0_10	0.947	0.877	0.767	0.840	0.533	0.710	0.089	0.095	0.102	0.102	0.047						
Ma0_11	0.972	0.859	0.574	0.634	0.421	0.506	0.306	0.251	0.194	0.318	0.138	0.150					
Ma0_12	0.928	0.842	0.670	0.778	0.568	0.653	0.204	0.187	0.207	0.247	0.131	0.061	0.139				
Ma0.5_1	0.787	0.654	0.516	0.754	0.695	0.622	0.611	0.609	0.839	0.811	0.732	0.707	0.791	0.612			
Ma0.5_2	0.503	0.359	0.629	0.829	0.740	0.723	0.580	0.579	0.862	0.832	0.754	0.734	0.833	0.659	0.120		
Ma0.5_3	0.775	0.659	0.683	0.894	0.785	0.778	0.601	0.625	0.863	0.784	0.751	0.703	0.853	0.642	0.033	0.141	
Ma0.5_4	0.792	0.647	0.518	0.751	0.664	0.614	0.532	0.533	0.767	0.731	0.663	0.640	0.749	0.567	0.017	0.099	0.052