

北海道東部網走地域の能取湖周辺に分布する新第三系の渦鞭毛藻シスト化石層序

Dinoflagellate cyst stratigraphy of the Neogene sequence around the Notoro Lake in Abashiri area, Eastern Hokkaido, Japan.

林 圭一* 川上源太郎* 廣瀬 亘* 渡辺真人**

Keiichi Hayashi*, Gentaro Kawakami*, Wataru Hirose*, Mahito Watanabe**

* 北海道立総合研究機構地質研究所

Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization, Kita-19, Nishi-12, Kita-ku, Sapporo, 060-0819, Japan.

** 地質情報研究部門

AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation

Keywords: Neogene, biostratigraphy, dinoflagellate cyst (dinocyst), Abashiri, Eastern Hokkaido.

はじめに

北海道東部能取湖周辺地域 (Fig. 1) には、古第三系～新第三系の海成の堆積岩類および火砕岩類が、チャートおよび緑色岩類からなる白亜紀～古第三紀前期の付加体である仁頃層群を覆って広く分布している (佐々・井上, 1939; 佐藤・三梨, 1970; 北海道立地質研究所, 2003, 2004 など). 本地域の新第三系は、佐々・井上 (1939) によりその岩相層序が整理・確立され、現在まで基本的にその岩相層序区分が踏襲されてきた (Fig. 2; 佐藤・三梨, 1970; 北海道立地質研究所, 2003, 2004). また、これらの新第三系の地質年代については、古くから珪藻化石層序および、網走層の火砕岩・火山岩を対象とした放射年代による地質年代対比が行われており (珪藻化石については、秋葉, 1979; 小泉, 1988; 嶋田, 1993; 柳沢ほか, 2017; 渡辺ほか, 2018 など. 放射年代については、広瀬・中川, 1999; 八幡ほか, 1995; 通商産業省, 1992; Yamagishi and Goto, 1991), 特に珪藻化石を豊富に産出する能取湖東岸地域を中心に地質年代対比および広域対比が行われてきた. しかし、能取湖の西岸地域に分布する新第三系については、西岸と同一の岩相層序が適用されているものの、珪藻化石の産出に乏しいことから十分に対比が行われておらず、現在でも能取湖の東西間で、正確な年代層序対比が確立されていなかった.

そこで、本研究では、能取湖の周辺地域に分布する新第三系について、1) 珪藻化石の産出が乏しい能取湖西岸に分布する新第三系常呂層、能取層、呼人層の地質年代を明らかにすること、2) これまで対応関係が明らかでなかった能取湖の東西に分布する新第三系を対比することを目的として渦鞭毛藻シスト化石層序の確立を試みた.

本報告においては、本報告の結果と渡辺ほか (2018) の結果をもとに改定された、川上ほか (2018) の岩層層序に基づいて結果を報告する. 岩層層序改定の詳細については、川上ほか (2018) を参照されたい.

試料と方法

本研究では、能取湖西岸において、常呂層の試料を能取湖南西部地域と常呂丘陵地域から、鱒浦層・呼人層の試料を能取湖湖口の西側海岸地域からそれぞれ採集した (Fig. 3a-c, i). 一方、能取湖東岸において、網走層最上部～呼人層の試料を能取半島北海岸線および

美岬大橋の沢，呼人漁港北東地域，ピラウトロオマナイ川，トモルベシベ川からそれぞれ採集した（Fig. 3d-h）.

採集した試料は，現生花粉等のコンタミネーションを防止するため，金タワシで表面を除去し，十分に乾燥させたあと鉄乳鉢を用いて粉碎し，1～2 mm の粒子を篩い分けた．乾燥重量で 20 g の試料をテフロン製ビーカーにとりわけ，炭酸塩類を除去するために 35 % の塩酸に浸潤し，5 時間～半日程度の反応後，デキャンタ水洗を行った．塩酸処理後，ケイ酸塩鉱物を除去するために 55 % のフッ化水素酸に浸潤し，ホットプレート上で 90℃ で加熱しながら 6～8 時間かけて熱フッ化水素酸処理を行った．熱フッ化水素酸処理はケイ酸塩鉱物が十分除去されるまで 2 回以上繰り返した．熱フッ化水素酸による処理後，残液が中性になるまでデキャンタ水洗を繰り返し，残渣を遠沈管に回収した．

比重分離は，比重 2.05 g/cm³ に調整した重液（臭化亜鉛水溶液）を用い，3000 rpm で 30 分間遠心分離を行い，上澄みの有機質残渣を回収した．回収した有機物残渣を 20 および 150 μm の篩上で水洗し，20～150 μm の粒子を回収した．その後，残渣の密度が均一になるように蒸留水で調整し，ポリビニルアルコールを用いて，カバーガラスに密度が均一になるように塗布し，ポリエステル樹脂を用いて，スライドガラスに封入した．

検鏡にあたっては，スライド全面を検鏡し，渦鞭毛藻シスト化石が 200 個体を超えるまで計数した．ただし，産出数が少ない試料については 4 枚以上のスライドを検鏡し，産出した渦鞭毛藻シスト化石の総数を記載した．

渦鞭毛藻シスト化石の産出概況

検討した全層準を通じて渦鞭毛藻シストの保存は，やや不良～普通程度であり，鱒浦層，呼人層の一部層準では，保存状態が良好な試料もある．全層準を通じて *Lejeunecysta* spp., *Operculodinium* spp., *Spiniferites* spp., *Tectatodinium* spp. などが産出し，層準により *Achomosphaera* spp., *Bitectatodinium tepikiense*, *Brigantedinium* spp., *Capillicysta fusca*, *Filisphaera filifera*, *Selenopemphix* spp. などが伴う．

常呂層豊浜砂岩部層（Fig. 3a）からは一部の層準を除いて，渦鞭毛藻シスト化石の産出が乏しいものの，比較的産出数が多い層準では，*Achomosphaera ramulifera*, *Achomosphaera spongiosa*, *Hystrihostrogylon membraniphorum*, *Hystrihostrogylon* spp., *Lejeunecysta hyalina*, *Lejeunecysta* spp., *Operculodinium* spp., *Reticulatosphaera actinocoronata*, *Spiniferites adnatus*, *Spiniferites membranaceus*, *Spiniferites ramosus ramosus*, *Spiniferites* spp., *Tuberculodinium rossignoliae* などが産出した．また，上下の

地層との連続的な検討はできていないものの、1 層準のみ、特徴的に *Spinidinium?* *tripylum*, *Spinidinium* sp. A, *Williamsidinium diaphanes* などが卓越する群集が産出した (Table 1).

一方、その上位の常呂層能取シルト岩部層 (Fig. 3b, c) では、産出数、産出種数とともに極端に少ない層準が多いが、*A. ramulifera*, *Cl. ancyreum*, *Hystrihostrogylon* spp., *Lejeunecysta* spp., *Operculodinium* spp., *R. actinocoronata*, *Sp. adnatus*, *Sp. membranaceus*, *Sp. ramosus ramosus*, *Spiniferites* spp., *Trinovantedinium boreale* が産出し、群集内では *Lejeunecysta* spp., *Spiniferites* spp. などが卓越した (Table 2).

能取湖東岸の網走層最上部～呼人層下部 (Fig. 3d) では、*Achomosphaera* spp., *Brigantedinium* spp., *Capillicysta fusca*, *Lejeunecysta* spp., *Operculodinium* spp., *Selenopemphix brevispinosa*, *Spiniferites aquilonius* sensu. Matsuoka and Bujak 1988, *Spiniferites hexatypicus*, *Sp. ramosus ramosus*, *Spiniferites* spp. などが産出した (Fig. 4; Table 3). 群集内では特に *Spiniferites* 属が産出数および産出種数のうえで卓越し、*Capillicysta*, *Lejeunecysta*, *Operculodinium*, *Selenopemphix* などの属の産出数が多かった。また、呼人層中部 (Fig. 3e, f) では、下部で産出した群集に加え、*Bitectatodinium* spp., *Brigantedinium* spp., *Filisphaera filifera*, *Tectatodinium* spp. などが相対的に増加しはじめ、群集内では、特に *Operculodinium*, *Sel. nephroides* などが卓越し、*Achomosphaera*, *Capillicysta*, *Lejeunecysta*, *Spiniferites* などの属は産出数、産出種数ともに減少または産出しなくなった (Fig. 4; Table 3, 4). さらに、呼人層上部 (Fig. 3d, g, h) では、*Trinovantedinium* sp. A をはじめとした *Trinovantedinium* 属が多産し、*Brigantedinium* spp., *Lejeunecysta* spp., *Operculodinium* spp., *Selenopemphix* spp. などが伴う群集に変化する (Fig. 4; Table 3, 5).

一方、能取湖西岸地域の鱒浦層～呼人層の連続セクション (Fig. 3i) を検討した結果、鱒浦層からは、*C. fusca*, *L. hyalina*, *Sel. brevispinum* を主体とし、*Achomosphaera* sp. A, *Sp. aquilonius*, *Sp. hexatypicus*, *Operculodinium* spp. を伴う群集が産出した (Fig. 5; Table 6). しかし、呼人層最下部の軽石質の凝灰岩を多く挟在する砂質泥岩部では、群集が大きく変わり、非常に渦鞭毛藻シスト化石の産出が少ないものの、*Lejeunecysta* spp., *Selenopemphix nephroides*, *Spiniferites* spp. が産出する群集に明瞭に変化し、凝灰岩を挟んで珪藻質泥岩に遷移する部分から上位では *Sel. nephroides* が非常に多産するようになる。また、呼人層の最上部、美岬層の直下では、*Operculodinium* spp., *Trinovantedinium* spp. などが多産する群集に変化する (Fig. 5; Table 6).

なお、本論文中で同定した *Sp. aquilonius* は、*Achomosphaera andalousiensis* または *Spiniferites septentrionalis* の新参異名との指摘があるが (Head and Wrenn, 1992)、本研究では本種の分類上の位置については議論せず、偽縫合線上の隔膜 (parasutual septa) が明瞭なことなどの特徴から (Head and Wrenn, 1992 において Matsuoka が記載)、

Matsuoka and Bujak (1988) にて記載された *Sp. aquilonius* と同一種であると判断し、*Spiniferites aquilonius* sensu. Matsuoka and Bujak, 1988 として取り扱う。

渦鞭毛藻シスト化石帯の設定および年代対比

本地域で産出した渦鞭毛藻シストは、Matsuoka (1983), Matsuoka *et al.* (1987), Bujak (1984), Matsuoka and Bujak (1988), 栗田ほか (2000), Kurita (2004) などで示された東北～北海道の中新統陸上セクションおよびベーリング海の海洋底コアなどから報告された群集と、ある程度共通する種群が産出した (Figs. 4, 5 ; Table 1-6)。しかし、本地域で産出した群集は、必ずしも先行研究で設定された化石帯に整合的な組成・産出順序は示しておらず、一部を除き、直接対比することは困難である。そこで、本研究の産出結果から、網走地域の新第三系について以下の群集帯に区分するとともに、各群集帯について産出する種の生存期間による年代対比を試みた。

1. *Spiniferites* spp.-*Tuberculodinium rossignoliae* 化石帯

群集 : *Achomosphaera* spp., *Lejeunecysta* spp., *Spiniferites* spp. を主体とし、*Achomosphaera ramulifera*, *Achomosphaera spongiosa*, *Cleistosphaeridium ancyreum*, *Hystrichokolpoma* spp., *Hystrichostorogylon membraniphorum*, *Lingulodinium* spp., *Spiniferites adnatus*, *Spiniferites ellipsoideus*, *Spiniferites membranaceus*, *Trinovantedinium boreale*などを伴う。また、いくつかの層準で、産出数は少ないが *Tuberculodinium rossignoliae* が産出する。

ただし、岩相層序上、常呂層豊浜砂岩部層に対比される1層準において、*Spinidinium?* *tripylum*, *Spinidinioum* sp. A, *Williamsidinium diaphanense*などを主体とする、明らかに他の層準と異なる群集が特異的に産出する層準(20150526-16)が認められる(Table 1)。しかし、本試料の採集層準・地点の上下の層準および周辺の試料からは化石の産出が乏しく、その他の地点で産出する群集との関係性を評価できないため、化石帯としては独立させず、本化石帯とまとめて記載する。

層序区間 : 常呂層豊浜砂岩部層および常呂層能取シルト岩部層

年代および化石帯の対比：群集の大部分は漸新世以前からも産出する生存期間の長い種からなり，明瞭な年代示準種は得られていない．本化石帯で特徴的に産出する *T. rossignoliae* の初出および多産は，漸新世-中新世境界付近に対比される Kurita (2004) の *T. rossignoliae* 帯の示準であるが，本地域では本種の産出数が少ないため対比することは難しい．しかし，産出個体数は少ないものの *T. rossignoliae* が産出することや，*Achomosphaera ramulifera*, *Cleistosphaeridium ancyreum*, *Operculodinium* spp., *Spiniferites* spp.などを主体とする群集は，Kurita (2004) の *T. rossignoliae* 帯～*Operculodinium* sp. B 帯に産出する群集と共通する種も多い．以上のことから，本化石帯は漸新世末～中新世前期に対比されると考えられる（栗田ほか，1998；栗田ほか，2000；Kurita, 2004）．

なお，常呂層とほぼ同時代に堆積したと考えられる津別層群津別層においては，産出数が少ないものの渦鞭毛藻シスト化石の産出が報告されており，本研究と共通する種の産出もあることから（栗田ほか，1998），同一の化石帯を形成している可能性もある．

なお，本化石帯と近傍の層準において，先述の通り 1 層準のみに限られるものの *Spinidinium? tripylum*, *Williamsidinium diaphanes* の 2 種が非常に卓越する群集を産出する．この群集は，Kurita (2004) の *Spinidinium? tripylum* 帯に対比されると考えられる．*S.? tripylum* 帯は *T. rossignoliae* 帯の下位の化石帯であり，後期漸新世後期に対比されることから（Kurita, 2004），常呂層の堆積開始時期および常呂層下部は漸新世後期まで遡る可能性が高い．

2. *Cleistosphaeridium ancyreum*-*Lejeunecysta hyalina* 群集帯

群集：*Lejeunecysta granosa*, *Lejeunecysta hyalina* などの *Lejeunecysta* spp. の産出が多く，*A. ramulifera*, *A. spongiosa*, *Achomosphaera* spp., *Cl. ancyreum*, *Hystrihostrogylon membraniphorum*, *Operculodinium* spp., *Spiniferites* spp., *Tectatodinium pellitum*, *Trinovantedinium boreale*などを伴う（Table 2）．渦鞭毛藻シスト化石の産出数，産出種数が少ない層準が多く，下位の *Spiniferites* spp.-*T. rossignoliae* 帯との層序関係が曖昧であるため独立した群集帯を形成できるかどうか不明であるが，*Spiniferites* spp.-*T. rossignoliae* 帯で多産する *Achomosphaera* spp., *Spiniferites* spp. の産出が減少すること，*T. rossignoliae* の産出がないことなどから群集を区別した．

層序区間：常呂層能取シルト岩部層

年代および化石帯の対比：本化石帯の層序区間は，産出数，産出種数ともに少なく，下位の *Spiniferites* spp.-*T. rossignoliae* 帯とも *T. rossignoliae* の無産出を除いて群集を構成する種に大きな違いがないことから (Table 2), 栗田ほか (1998), 栗田ほか (2000) で図示された *Spiniferites* spp. 帯か，Kurita (2004) の *Operculodinium* sp. B 帯に対比される可能性が高い．以上から，本化石帯は，少なくとも，*T. rossignoliae* 帯 (Kurita, 2004) よりも層序学的上位にあたると考えられ，前期中新世に対比されると考えられる．

3. *Capillicysta fusca* 群集帯

群集：*Capillicysta fusca* を特徴的に多産し，*Achomosphaera* spp., *Lejeunecysta* spp., *Operculodinium* spp., *Selenopemphix* spp., *Spiniferites* spp. などの属が主体の群集である．*Brigantedinium* spp., *Filisphaera filifera*, *Lejeunecysta hyalina*, *Selenopemphix brevispinum*, *Selenopemphix* sp. A, *Spiniferites adnatus*, *Spiniferites aquilonius* sensu. Matsuoka and Bujak, *Tectatodinium* spp. などを主に産出する．

層序対比：能取湖西岸の鱒浦層

年代および化石帯の対比：本化石帯を特徴付ける *C. fusca* は，Matsuoka *et al.* (1987) 以降，中期中新世～後期中新世に産出する種として，北日本地域全般で広く認識されている (小布施・栗田，1999)．また，*Sp. aquilonius* sensu. Matsuoka and Bujak は，中期中新世後期から産出しはじめることが報告されている (Matsuoka and Bujak, 1988)．これらの産出種の組み合わせから，本化石帯は少なくとも中期中新世後期以降に対比される．

なお，同一セクションにおける珪藻化石の検討結果から，本化石帯は珪藻化石帯 NPD5C 帯～5D 帯に相当する (渡辺ほか，2018)．

4. *Spiniferites hexatypicus* 群集帯

群集：*Spiniferites adnatus*, *Spiniferites aquilonius* sensu. Matsuoka and Bujak, *Spiniferites*

elongates, *Spiniferites hexatypicus*, *Spiniferites ramosus ramosus* などをはじめとした *Spiniferites* 属が種数、産出数ともに多く、*Batiacasphaera minuta*, *Brigantedinium* spp., *Capillicysta fusca*, *Filisphaera filifera*, *Lejeunecysta convexa*, *L. hyalina*, *Operculodinium* spp., *Selenopemphix brevispinosa*, *Selenopemphix* spp., *Tectatodinium* spp. などが伴う。

群集の主要な構成種は、下位の化石帯と共通するものが多いが、下位の化石帯と比較して *Sp. hexatypicus*, *Sp. aquilonius* sensu. Matsuoka and Bujak をはじめとした *Spiniferites* spp. が多産し始めることから群集を区別した。

層序区間：能取湖東岸の網走層最上部～呼人層最下部，能取湖西岸の鱒浦層最上部

年代および化石帯の対比：本化石帯を特徴付ける *Sp. hexatypicus* は、ベーリング海において前期中新世～中期中新世に産出しはじめるとされる（Bujak, 1984; Matsuoka and Bujak, 1988）。また、北日本の新第三系においては、*Sp. hexatypicus* の初産出は中期中新世とされるが、同種の多産は後期中新世中期にはじまるとされている（小布施・栗田, 1999）。

群集組成や種の産出順序には違いがあるものの、本化石帯の構成種は、Matsuoka *et al.* (1987) の *C. fusca* 帯に産出する群集と類似する。Matsuoka *et al.* (1987) の *C. fusca* 帯は、Koizumi (1985) の珪藻化石帯と対比されており、Yanagisawa and Akiba (1998) の区分に基づくと、NPD6A 帯上部～NPD7Ba 亜帯に対比されることから、本化石帯は少なくとも後期中新世以降に対比される可能性が高い。同一セクションで珪藻を検討した結果、産出量と種数が少ないため正確な化石帯対比はなされていないものの、NPD6B 帯にあたる可能性があると考えられる（Fig. 4；渡辺ほか, 2018）。

5. *Selenopemphix nephroides* 群集帯

群集：群集を構成する種は下位の化石帯と大きく変わらないものの、*Bitectatodinium tepikiense*, *Filisphaera filifera*, *Selenopemphix nephroides*, *Tectatodinium* spp. などの下位の群集中では産出が少なかった種が増加する。一方、下位の群集中で卓越していた *Achomosphaera* spp., *Lejeunecysta* spp., *Spiniferites* spp. の産出数・産出種数が減少し、*Selenopemphix brevispinosa*, *Capillicysta fusca* はほぼ産出がなくなる。一部層準で、特異的に *Sel. nephroides* が多産することがあるが基本的に渦鞭毛藻シストの産出数が少

なく、層準によってはほとんど産出しない層準もある (Fig. 4; Table 3, 4, 6). また、本化石帯からは *Trinovantedinium* spp. が産出し始める.

本研究では *C. fusca*, *Lejeunecysta* spp., *Sel. brevispinosa*, *Sp. hexatypicus*, *Sp. aquilonius* の減少および *Bitectatodinium tepikiense*, *Operculodinium* spp., *Sel. nephroides*, *Tectatodinium* spp., *Trinovantedinium* spp. の増加をもって化石帯の基底としている (Fig. 4; Table 3, 4, 6).

層序区間：能取湖東岸に分布する呼人層中部，能取湖西岸の呼人層下部～中部

年代および化石帯の対比：本地域の周辺の中新統についての先行研究では、直接対比可能な化石群集は報告されていない。群集組成は大きく異なるものの、三陸沖の海洋底コアを検討した Kurita and Obuse (2003) は、珪藻化石帯 NPD7A 帯付近に *F. filifera* の多産を報告しており、本化石帯以降の *F. filifera* の群集内での相対的な産出数増加が対比できる可能性もある。

本化石帯は、同一セクションで検討された珪藻群集から、Yanagisawa and Akiba (1998) の珪藻化石帯 NPD7A 帯に対比される (渡辺ほか, 2018)。

6. *Trinovantedinium* spp. 群集帯

群集：*Trinovantedinium* sp. A～F をはじめとする *Trinovantedinium* spp. が卓越し、*Bitectatodinium tepikiense*, *Brigantedinium* spp., *Filisphaera filifera*, *Lejeunecysta* spp., *Operculodinium* spp., *Reticulosphaera actinocoronata*, *Sel. quanta*, *Spiniferites* spp., *Tectatodinium* spp. などが伴う。下位の化石帯と比較して、*Selenopemphix* spp. が減少し、*Lejeunecysta* spp. の産出数および産出種数が増加する (Fig. 4; Table 3, 4, 6)。

層序区間：能取湖東岸に分布する呼人層上部，能取湖西岸に分布する呼人層最上部

年代および化石帯対比：本化石帯は、*Trinovantedinium* spp. の多産で特徴付けられる。下位の化石帯から大きく群集が変わるものの、下位の *Sel. nephroides* 帯と同様、明確な年代示準種が産出しないこと、近傍の他地域での先行研究と構成種が異なる群集であることなどから、地質年代の対比は困難である。少なくとも、下位の化石帯が後期

中新世に対比されることから，後期中新世以降に対比される．

同一セクションで検討した珪藻化石群集からは，Yanagisawa and Akiba (1998) の珪藻化石帯 NPD7A 帯以降に対比される（渡辺ほか，2018）．

文 献

秋葉文雄(1979)*Denticula dimorpha* とその類縁種の形態，および新第三系珪藻化石層序区分．石油資源開発技研所報，vol. 22, p. 148-189.

Bujak, J. P. (1984) Cenozoic dinoflagellate cysts and acritarchs from the Bering Sea and northern Pacific, DSDP Leg. 19, *Micropaleontology*, 30, 180–212.

Head, M. J. and Wrenn, H. J. *eds.*, Below, R., Brinkhuis, H., Dale, B., Edwards, L., Harland, R., Head, M. J., Jan du Chêne, R., Lewis, J., Matsuoka, K., McMinn, A., Morzadec-Kerfourn, M. T., Mudie, P. J., Satchell, L. S., de Vernal, A., de Verteuil, L., Wrenn, J. H. and Zevenboom, D. (1992) A forum on Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts: The edited transcript of a round table discussion held at the second workshop on Neogene dinoflagellates, *Neogene and Quaternary Dinoflagellate cysts and Acritarchs*, AASP Foundation, 1–31.

広瀬 亘・中川光弘（1999）北海道中央部～東部の新第三紀火山活動：火山学的データ及び全岩化学組成からみた島弧火山活動の成立と変遷，地質雑，105，247–265.

北海道立地質研究所・編（2003）網走支庁管内の地質と地下資源 I 網走地方東部（斜里町・清里町・小清水町・東藻琴村・網走市），農業農村整備事業関連地質地下資源調査報告書，網走支庁農業振興部発行，pp. 230p.

北海道立地質研究所・編（2004）網走支庁管内の地質と地下資源 II 網走地方東部（常呂町・佐呂間町・湧別町・上湧別町・女満別町・遠軽町・生田原町），農業農村整備事業関連地質地下資源調査報告書，網走支庁農業振興部発行，277p.

川上源太郎・廣瀬 亘・長谷川健・林 圭一・渡辺真人（2018）5 万分の 1 地質図幅「網走」，産業技術総合研究所地質調査総合センター．

Koizumi, I. (1985) Diatom biochronology for late Cenozoic northwest Pacific, *Jour. Geol. Soc. Japan*, 91, 195–211.

小泉 格(1988)北海道の新第三系の珪藻層序．昭和 62 年度科学研究費補助金(一般研

究 C)研究成果報告書.

Kurita, H. (2004) Paleogene dinoflagellate cyst biostratigraphy of northern Japan, *Micropaleontology*, 50, suppl. 2, 3–50.

Kurita, H. and Obuse, A. (2003) Middle Miocene–uppermost Lower Pliocene dinoflagellate cyst biostratigraphy, ODP leg 186 hole 1151A, off Sanriku Coast of northern Japan, northwestern Pacific, *Proc. Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 186, 1–19.

栗田裕司・小布施明子・秋葉文雄（1998）北海道東部における上部漸新統～下部中新統渦鞭毛藻・花粉化石層序および珪藻化石層序との対応，石油資源開発技術研究所研究報告，13，11–31.

Matsuoka, K. (1983) Late Cenozoic dinoflagellates and acritarchs in the Niigata District, central Japan, *Palaeontographica*, Abt. B, 187, 89–154.

Matsuoka, K. (1993) *Spheniferites aquilonius* Matsuoka and Bujak 1988, in Head, M. J. and Wrenn, H. J. eds. A forum on Neogene and Quaternary dinoflagellate cysts: The edited transcript of a round table discussion held at the second workshop on Neogene dinoflagellates, *Neogene and Quaternary Dinoflagellate cysts and Acritarchs*, AASP Foundation, 1–31.

Matsuoka, K., Bujak, J. P. and Shimazaki, T. (1987) Late Cenozoic dinoflagellate cyst biostratigraphy from the west coast of northern Japan, *Micropaleontology*, 33, 214–229.

Matsuoka, K. and Bujak, J. P. (1988) Cenozoic dinoflagellate cysts from the Navarin Basin, Northern Sound and St. George Basin, Bering Sea, *Bulletin of Liberal Arts, Nagasaki Univ., Natural Science*, 29, 1–147.

小布施明子・栗田裕司（1999）北日本新第三系の渦鞭毛藻化石層序．日本古生物学会 1999 年年会予稿集，95.

佐々保雄・井上 武（1939）北見国網走町付近の第三系層序（1），石油技術協会誌，7，26–37.

佐藤博之・三梨 昂（1970）20 万分の 1 地質図幅「網走」，地質調査所.

嶋田智恵子（1993）北海道東部網走市能取半島付近の新第三系珪藻層序．日本古生物学会 1993 年会講演予稿集，p. 24.

島田忠夫（1961）5 万分の 1 地質図幅「網走」及び説明書，地質調査所，25p.

通商産業省（1992）平成 3 年度広域地質構造調査報告「北海道北部 B 地域」. 258p.

- 八幡正弘・西戸裕嗣・岡村 聡 (1995) 東部北海道，網走－阿寒地域の新第三紀火山岩類の K-Ar 年代：阿寒－屈斜路隆起帯の形成について，地球科学，49，7-16.
- Yamagishi, H. and Goto, Y. (1991) Trachyandesite pillow from the Abashiri Area, Northeast Hokkaido, Japan. Bulletin of the Volcanological Society of Japan, 2nd Ser., 36, 177-181.
- Yanagisawa, Y. and Akiba, F. (1998) Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons, *Jour. Geol. Soc. Japan*, 101, 395-414.
- 柳沢幸夫・山口昇一 (2017) 知床半島及び能取半島の上部新第三系の珪藻化石層序資料．地質調査総合センター研究資料集，no. 641, 1-17. 産総研地質調査総合センター．
- 渡辺真人・川上源太郎・廣瀬 亘・林 圭一 (2018) 北海道東部網走地域，能取湖周辺に分布する新第三系の珪藻化石層序．地質調査総合センター研究資料集，no.649, 1-7. 産総研地質調査総合センター．