

北網圏北見文化センター所蔵の上部始新統～下部漸新統若松沢層産植物化石

矢部 淳^{1*}・伊藤泰弘²・兼子尚知³・太田敏量⁴・中村雄紀⁵・市川岳朗⁴

- | | | |
|-----------------------|----------|---|
| 1：国立科学博物館地学研究部 | 305-0005 | 茨城県つくば市天久保 4-1-1
(E-mail: yabeatsu@kahaku.go.jp) |
| 2：九州大学総合研究博物館 | 812-8581 | 福岡県福岡市東区箱崎 6-10-1 |
| 3：産業技術総合研究所地質調査総合センター | 305-8567 | 茨城県つくば市東 1 丁目 1-1 中央第七 |
| 4：北網圏北見文化センター | 090-0015 | 北海道北見市公園町 1 番地 |
| 5：ところ遺跡の森 | 093-0216 | 北海道北見市常呂町栄浦 371 番地 |
- *：責任著者

要旨

北網圏北見文化センターが所蔵する若松沢層産植物化石（若松沢植物群）380点余りを分類学的に再検討するとともに、本層と層位的に対比される二又安山岩の年代を新たに測定し、植物化石群集の特性や古第三紀植物相変化におけるその位置づけを考察した。若松沢植物群は14科33属に属する51分類群からなり、中期始新世以降に順次出現した多様な温帯性落葉広葉樹種と針葉樹種を主体に、中期始新世から残るわずかな古期要素を含む組成で、現在の日本の温帯林につながる属構成と捉えられる。本植物群成立の背景には、汎世界的な気候の寒冷化が影響したと推測される。新たなK-Ar年代測定結果（36.6±2.0 Ma）は、本植物群の年代が後期始新世にまで遡る可能性を示す。

1. はじめに

北海道北見地方に分布する若松沢層は多くの植物化石を含む地層である。本層から産出する植物化石群集は若松沢植物群（Wakamatsuzawa flora）と呼ばれている（植村・棚井，1981）。若松沢植物群は、日本列島を含むアジア極東地方の植生変遷を考察する上で、重要なきっかけを産んだ群集と言って過言ではない。しかし、その認識の歴史には曲折があった。

若松沢植物群の存在が初めて認識されたのは1960年代初頭であった。これをきっかけに、この頃、地質調査所（当時）によって進められていた、北見地域の地質図幅（北見図幅：石田・沢村，1968）の調査において、その組成や時代論の検討が進められた（鈴木，1981）。当時、道東地方では、後期中新世の社名淵植物群や鮮新世の留辺蘂植物群が報告されており（Tanai and Suzuki, 1965）、これらの後期新生代植物群との見かけ上の類似性から、若松沢植物群は後期中新世の群

集と推測された（石田・沢村，1968）。また、それに基づいて、北見図幅では、植物化石を含む地層を周辺に分布する古第三系の栄森層と区別して若松沢層と呼び、それを“下部中新統”の津別層群や中～上部中新統の相内層よりも若い地層と位置付けた。しかし、石田・沢村（1968）も述べているように、若松沢層は常に栄森層に接しており、岩相上はほとんど区別することができない。事実、その後も新たな植物化石産地が栄森層分布域から報告され、それらが若松沢層に含められていった（香川，1973；鈴木ほか，1974）。

地質図幅調査の後、古植物学者の北海道教育大学鈴木順雄博士による調査が開始された。北見地域では、北見市立北見郷土博物館（当時）の学芸協力員であった香川良道氏や成田勝雄氏らが精力的に本層の化石調査に取り組み、北見北斗高等学校および柏陽高等学校の生徒の協力も得て、多くの化石が採集されていた（鈴木，1981）。それらの標本と追加資料をもとに、植物化石群集の特性が再検討された（鈴木ほか，1974）。

その結果, 若松沢植物群は後期中新世の社名淵植物群よりもはるかに多様な組成からなり, 当時, 前期中新世とされていたいくつかの植物群との共通種があることから, 鈴木ほか (1974) は, 本群集を前期中新世後期~中期中新世前期の温暖期を代表する台島型植物群 (Tanai, 1961) の北方系に位置付けた。

70年代終わりになると, 北海道大学の棚井敏雅教授によって, 道東地方の中新統に関する総合的な研究グループが組織され, 詳細な地質調査と様々な古生物学的, 地質学的手法に基づいた層序と地質年代の再検討が行われた (棚井, 1982)。この調査により, 若松沢層は北見地域に分布する古第三系の栄森層と区別できないこと, 栄森層の上位に位置する海成の津別層群達媚層に覆われることが明らかにされ (植村・棚井, 1981), 若松沢層は栄森層と統合・再定義された (棚井・福沢, 1981)。

若松沢植物群は総じて温帯要素からなり, 一見中新世の群集に似る。しかし, スズカケノキ属 *Platanus* (スズカケノキ科) やフジバシデ属 *Engelhardia* (クルミ科) など, 北海道の主要炭田地帯から知られる, より古期の化石群集に特徴的な要素 (Akhmetiev, 1973; Akhmetiev and Bratzeva, 1973) を含むことや, ロシア沿海州から報告され, 本邦の中新統からは全く報告のないコナラ属の *Quercus ussuriensis* を含むなどの特徴から, 本植物群は古第三紀の化石群集であり, 北日本では従来認識されていなかった後期漸新世の群集だと理解されるようになった (植村・棚井, 1981)。これに基づいて, Tanai and Uemura (1983) は *Engelhardia* を含む環日本海地域の化石群集の対比試案を示している。その中には, 当初中新世のものとして報告された北朝鮮の古乾原 (Kogeonweon) 植物群 (Huzioka, 1972) なども含まれる。

北見図幅地域南隣の本岐図幅 (山口・沢村, 1965) においては, 若松沢層に対比される二又安山岩の下位に位置する陸別層が, *Acer arcticum* や *Platanus aceroides* などの古型の植物種を含むことを根拠に, 釧路炭田の古第三系に対比されていた。80年代当時, 北海道の主要炭田地帯の化石群集の年代が前期漸新世とみなされていたため, 若松沢層の地質年代は, これ

に引きずられる形で中期~後期漸新世とされた。しかし, それらの夾炭層の年代が中期始新世にまで遡ることが明らかになると (Tanai, 1990), 棚井 (1992b) は, 二又安山岩の放射年代値 (31.6 ± 0.7 Ma; 柴田・棚井, 1982) を採用し, 本植物群を前期漸新世に位置付けた。ちょうどこの頃, かつて後期中新世と考えられた西日本の神戸市近郊に分布する神戸植物群の年代も見直され (尾崎・松浦, 1988), それが, 若松沢植物群と同様に, いくつもの古第三紀要素を含む後期始新世~前期漸新世の群集だと認識されるようになった (尾崎, 1992; Tanai and Uemura, 1994; Tanai, 1995)。このような各地の古第三系の層序学的な見直しと並行して, 若松沢植物群に含まれるいくつかの分類群の分類学的再検討と, 各植物グループの系統進化が活発に議論された (Tanai, 1992, 1994, 1995; Uemura and Tanai, 1993; Tanai and Uemura, 1994)。

以上のように, 若松沢植物群の特性や年代が明らかにされたことが, 日本を含むユーラシア極東域の植物化石層序の理解を大きく前進させたといえる。しかしながら, こうした議論は専門家の間では知られていたものの, 全体像が簡潔に紹介されることがなかったため, 分野外の研究者や一般には浸透しなかった。こうした現状から, 本稿では①若松沢植物群の各要素の分類学的な位置付けを示すこと, ②若松沢植物群の時代的・環境的な位置付けを紹介すること, を主な目的に, 北網圏北見文化センターが所蔵する標本全種の簡易的な記載を行った。また, 若松沢層の地質年代の根拠となっている二又安山岩の岩石に強い変質があり (柴田・棚井, 1982), 年代値の信頼度に課題があったため, 新たな試料を採集して年代測定を試みたので, その結果も合わせて報告する。

2. 地質概説

若松沢層は石田・沢村 (1968) の北見図幅において, 植物化石を含む上部中新統として設立され, 古第三系の栄森層を覆うと考えられたが, 前述のとおり, 栄森層とは岩相に違いが認められないことから, 棚井・柴

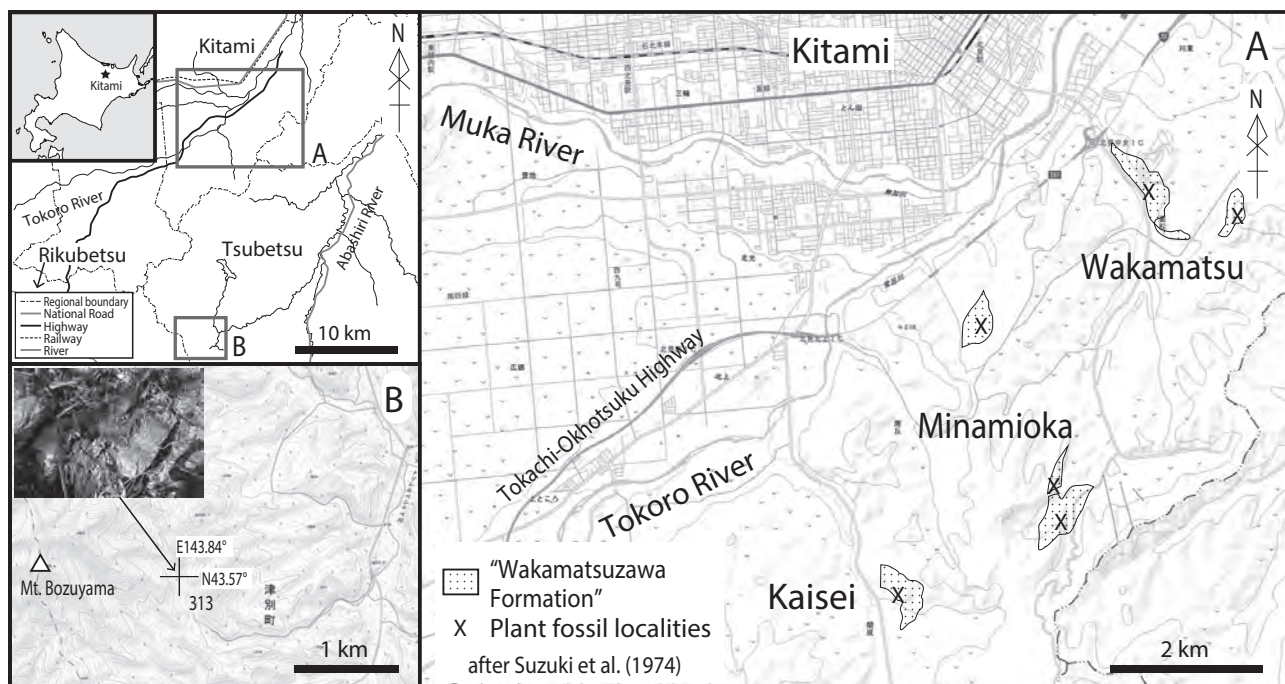


図 1. 若松沢層の主な植物化石産地 (Minamioka, Wakamatsu, and Kaisei) (A) と年代測定試料採集地 (B) . 地図データは地理院地図 (タイル) を利用した.

田 (1982) により, それまでの栄森層と統合する形で若松沢層が再定義された. 本研究では棚井・柴田 (1982) の見解を踏襲し, 以下に概略を紹介する.

北見地域の新生界は, 下位より陸成の若松沢層, 海成の津別層群および海成から陸成の上里層群に区分される (Morita *et al.*, 1996; Matsubara *et al.*, 2020). 若松沢層には礫岩, 砂岩, 層理の発達した泥岩および凝灰質岩が含まれ, 南隣の本岐図幅地域に分布する二又安山岩と同時異相と考えられる. 本岐図幅地域では二又安山岩は礫岩, 砂岩および頁岩からなる陸成の陸別層を不整合に覆い, 津別層群に覆われる (山口・沢村, 1965). 若松沢層からは多くの植物化石に加え, 昆虫化石や魚類化石も報告されている (成田・近江, 1975). 植物化石は本層から比較的満遍なく産出するが, 主要な産地は, 若松・南丘・開成の3箇所である (図1).

本層の地質時代は, 層位的に対比される二又安山岩の K-Ar 年代 (31.6 ± 0.7 Ma; 柴田・棚井, 1982) に基づいて前期漸新世とされている.

3. 試料と方法

3-1. 大型植物化石の分類学的再検討

北網圏北見文化センターが所蔵する若松沢層産植物化石約 380 点を見直し, 分類学的な位置を再検討した. これらのコレクションは, 前身の北見市立北見郷土博物館が 1974 年までに実施した発掘調査の収集品の大部分を含むと予想され, 鈴木ほか (1974) が報告した標本の一部も含まれる. しかし, 当時どの程度の選別が行われたかについては詳細な記録がなく, 全体組成を検討する上で, 人為的な選別や見落としが影響する可能性は否定できない.

検討した標本は全て, 圧縮化石ないし印象化石で, 圧密により組織を分離することが出来なかったため, 組織学的な研究は行わなかった. このため, 葉・小葉・羽片等の葉的器官については, 外形 (形・対称性, 葉柄の有無や長さなど) や葉縁 (鋸歯の有無・鋸歯形・腺点等の有無, 鋸歯に入る脈の特徴) および脈系 (羽状脈/掌状脈・分岐角度・走向, 2次脈・3次脈・高次脈・細脈・脈端等) の特徴を検討し, 化石種および現生種との比較を行った. 葉の記載ポイントや用語は Hickey (1973), Hickey (1979) および Ellis *et al.* (2009) に基づいた.

北網圏北見文化センターの収蔵標本は, 機関略称

KRMSHA と標本区分 (2-4: 地質 - 化石標本), および産地略称 (若松: WM / WMU; 南丘: MO; 開成: KS) を付した登録番号で示した. なお, 各種の特徴を示すため, 国立科学博物館が所蔵する模式標本や現生標本なども必要に応じて検討・図示した. これらは NSM PP- に始まる機関略称と登録番号で示す.

3-2. K-Ar 年代測定

網走郡津別町二又南西部の GPS No. 313 (N43.57°, E143.87°) において, 陸別層の黒色炭質頁岩を覆う二又安山岩から年代測定試料を採集した. 試料は直方輝石 - 角閃石安山岩で, 鏡下で新鮮な斜長石斑晶が多く確認できたため (図 2), 斜長石斑晶を対象に K-Ar 年代測定を行うこととし, 鉱物分離作業, カリウムおよびアルゴンの定量と年代算出を (株) 蒜山地質年代学研究所に委託した. 以下, 概略を示す.

- 1) 鉱物分離: より新鮮な部分を使用する為, 試料の中央部を切り出し, 八木 (2006) に従って鉱物分離・濃集を行った.
- 2) K (カリウム) の定量: 試験的な分析の結果, 試料の K 含有量が通常定量可能な最小値 (0.2wt%) 未満であることがわかったため, Itaya *et al.* (1996) の極低ブランク法を用いた.
- 3) Ar (アルゴン) 同位体比の測定: 130° 扇型磁場・斜入出射・単収束・イオン軌道半径 15cm のアルゴン専用の質量分析計 (装置名: HIRU, Itaya *et al.*, 1991) を用い, ほぼ 100% に近い純度をもつ質量数 38 のアルゴン (^{38}Ar) をトレーサー (スパイク) として, 試料から抽出されるアルゴンと混合させる同位体希釈法で定量した (長尾ほか, 1984; 長尾・板谷, 1988; Itaya *et al.*, 1991).
- 4) 得られた分析結果をもとに, 次式に従って年代および誤差を計算した (長尾・板谷, 1988).

$$[\text{K-Ar 年代 (yr)}] = 1/(\lambda_e + \lambda_\beta) \ln \{1 + (\lambda_e + \lambda_\beta) / \lambda_e \times [\text{rad.}^{40}\text{Ar}] / [^{40}\text{K}]\}$$

$$\Delta[\text{K-Ar 年代 (yr)}] = [\text{rad.}^{40}\text{Ar}] / \{\lambda_e \times [^{40}\text{K}] + (\lambda_e + \lambda_\beta) \times [\text{rad.}^{40}\text{Ar}]\} \times$$

$$\{(\Delta[\text{rad.}^{40}\text{Ar}] / [\text{rad.}^{40}\text{Ar}])^2 + (\Delta[^{40}\text{K}] / [^{40}\text{K}])^2\}^{1/2}$$

なお, この時,

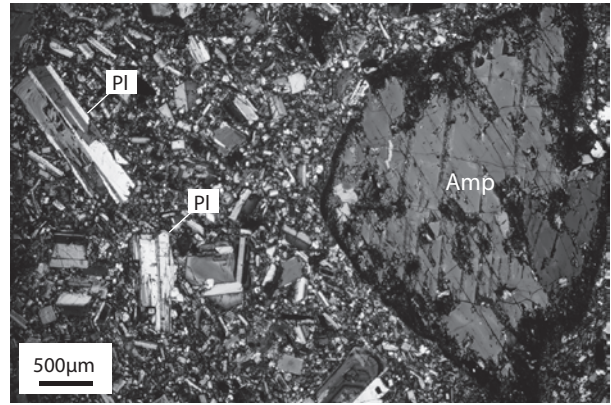


図 2. K-Ar 年代測定に用いた二又安山岩の顕微鏡写真 (クロスニコル). Pl: 斜長石, Amp: 角閃石.

$$[\text{rad.}^{40}\text{Ar}] = [\text{sample}^{40}\text{Ar}] - [\text{air}^{40}\text{Ar}] = [\text{sample}^{40}\text{Ar}] - 295.5 \times [\text{sample}^{36}\text{Ar}]$$

$$[^{40}\text{K}] = [\text{K}] \times 1.167 \times 10^{-4}, \lambda_e = 0.581 \times 10^{-10} / \text{年}, \lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-10} / \text{年} \text{ (Steiger and Jäger, 1977)}$$

自然界における ^{40}K の存在度 $[^{40}\text{K}] / [\text{K}] = 1.167 \times 10^{-4}$, 初生の $[^{40}\text{Ar}] / [\text{Ar}]$ 比 = 現在の大气組成の $[^{40}\text{Ar}] / [^{36}\text{Ar}]$ 比 = 295.5 と仮定した (Nier, 1950).

4. 結果

4-1. 植物化石同定結果

14 科 33 属に属する 51 分類群を識別した (表 1). このうち, シダ類が 1 分類群, 針葉樹類が 14 分類群, 広葉樹の葉および種子・果実が 36 分類群であった. 科レベルではマツ科が最も多く 7 分類群, 次いで, ブナ科, クルミ科, ニレ科 (6 分類群), ヒノキ科・ムクロジ科 (5 分類群) と続く. 近縁な現生グループの生態と化石の保存状態から判断して, 広葉樹のほとんどが落葉性のものと判断された.

4-2. 年代測定結果

カリウム (K) およびアルゴン (Ar) 同位体比の測定結果を表 2 に示す. 極低ブランク法を用いた 6 回のカリウムの定量分析の結果, 3.45% という高い再現性 (6 回の分析結果の標準偏差) が得られたため, 本分析の誤差を 5% と見積もり, 試料の安山岩の噴出年代

表 1. 北網圏北見文化センター所蔵の若松沢層産植物化石.

科名	種名	和名*	部位	図版**
ゼンマイ科 (Osmundaceae)	<i>Osmunda</i> sp.	ゼンマイ属の一種	小羽片	3-1
マツ科 (Pinaceae)	<i>Keteleeria ezoana</i> Tanai	エゾアブラスギ	種子	3-31, 32
	<i>Keteleeria?</i> sp.	アブラスギ属の一種	葉	3-14
	<i>Picea</i> sp. cf. <i>P. magna</i> McGinitie	マグナトウヒに比較される種	種子	3-19
	<i>Picea kaneharai</i> Tanai et Onoe	カネハラトウヒ	種子	3-20-24
	<i>Pseudolarix japonica</i> Tanai et Onoe	ムカシイヌカラマツ	種子, 鱗片, 葉	3-10, 11, 25, 27, 28
	<i>Tsuga</i> sp. A	ツガ属の一種 A	葉	3-12, 13
	<i>Tsuga</i> sp. B	ツガ属の一種 B	種子	3-17, 18
コウヤマキ科 (Sciadopityaceae)	<i>Sciadopitys</i> sp.	コウヤマキ属の一種	葉	3-15, 16
ヒノキ科 (Cupressaceae)	<i>Cunninghamia</i> sp. cf. <i>C. protokonishii</i> Tanai et Onoe	ムカシランダイスギに比較される種	小枝	3-5; 13-1
	<i>Glyptostrobus europaeus</i> (Brongniart) Heer	オウシュウイヌスギ	小枝	3-9
	<i>Motasequoia occidentalis</i> (Newberry) Chaney	イテイヒノキ	小枝	3-6, 7
	<i>Taxodium dubium</i> (Sternberg) Heer	ムカシヌマスギ	小枝	3-8
	<i>Thuja</i> sp.	クロベ属の一種	小枝	3-3, 4
	Cupressaceae gen. et sp. indet.	ヒノキ科属種未定	小枝	3-2
スズカケノキ科 (Platanaceae)	<i>Platanus mabutii</i> Oishi et Huzioka	マブチスズカケ	葉	4-2, 3; 5-2
	<i>Platanus</i> sp.	スズカケノキ属の一種	葉	4-1, 4; 12-6; 13-3
カツラ科 (Cercidiphyllaceae)	<i>Cercidiphyllum eo-japonicum</i> Endo	シキシマカツラ	葉	5-3, 4
マメ科 (Fabaceae)	<i>Cladrastis</i> sp.	ユクノキ属の一種	葉	5-1; 13-2
ニレ科 (Ulmaceae)	<i>Planera ezoana</i> Oishi et Huzioka	エゾプラネラ	葉	6-1
	<i>Ulmus</i> sp.	ニレ属の一種	葉	6-2-4
	<i>Zelkova kushiroensis</i> Tanai	クシロケヤキ	葉	6-5
アサ科 (Cannabaceae)	<i>Celtis miobungeana</i> Hu et Chaney	チュウシンエノキ	葉	6-6, 7
ブナ科 (Fagaceae)	" <i>Fagus</i> " <i>kitamiensis</i> Tanai	キタミブナ	葉	6-8-12
	<i>Fagus uemurae</i> Tanai	ウエムラブナ	葉	7-1-3
	<i>Castanea fujiyamae</i> Tanai	フジヤママクリ	葉	7-4-7; 13-8
	<i>Quercus kitamiana</i> Tanai	キタミナラ	葉	8-1, 2 (8-5)
	<i>Quercus ussuriensis</i> Kryshstofovich	ウスリーナラ	葉	9-1-3
	<i>Quercus</i> sp.	コナラ属の一種	葉	8-3, 4
クルミ科 (Juglandaceae)	<i>Carya</i> sp.	カリア属の一種	葉	11-4; 13-5
	<i>Palaeocarya koreanica</i> (Oishi) Manchester	チョウセンバレオカリア	果苞	11-7, 8
	<i>Pterocarya kryshstofovichii</i> Chelebaeva	クリシュトフォビッチサワグルミ	果実	11-10
	<i>Pterocarya</i> sp. cf. <i>P. nigella</i> (Heer) Wolfe	ニジェラサワグルミに比較される種	葉	11-11-13
	<i>Vinea hokkaidoana</i> (Tanai) Tanai	ホッカイドウビネア	葉	11-5
	Juglandaceae gen. et sp. indet. (<i>Juglans</i> or <i>Carya</i>)	クルミ科属種未定	堅果	11-9
カバノキ科 (Betulaceae)	<i>Alnus kitamiensis</i> Uemura et Tanai	キタミハンノキ	葉	10-1-3, 5 (10-9); 13-7
	<i>Betula kitamiana</i> Uemura et Tanai	キタミカンバ	葉	10-4, 6, 7; 13-6
	<i>Betula</i> sp.	カバノキ属の一種	葉	10-8; 13-4
ヤナギ科 (Salicaceae)	<i>Populus</i> sp. cf. <i>P. yubariensis</i> Tanai	ユウバリヤマナラシに比較される種	葉	12-1, 2
	<i>Salix</i> sp.	ヤナギ属の一種	葉	12-8
ウルシ科 (Anacardiaceae)	Anacardiaceae gen. et sp. indet.	ウルシ科属種未定	葉	11-6
ムクロジ科 (Sapindaceae)	<i>Acer ezoanum</i> Oishi et Huzioka	エゾカエデ	翼果	11-4
	<i>Acer palaeorufinerve</i> Tanai et Onoe	ムカシウリハダカエデ	翼果	10-10
	<i>Acer protojaponicum</i> Tanai et Onoe	ムカシハウチワカエデ	葉	11-1
	<i>Acer yamanae</i> Tanai et Ozaki	ヤマナサトウカエデ	翼果	10-11
	<i>Acer</i> sp.	カエデ属の一種	翼果	10-2
科不明 (family unknown)	<i>Phyllites</i> sp. A	フィリテス属の一種 A	葉	11-3
	<i>Phyllites</i> sp. B	フィリテス属の一種 B	葉	12-3
	<i>Monocotylrophyllum</i> sp.	モノコティロフィルム属の一種	葉	12-7
	<i>Carpolithes</i> sp. A	カルポリテス属の一種 A	種子	12-4
	<i>Carpolithes</i> sp. B	カルポリテス属の一種 B	種子または果実	12-5

* 植物化石分野では一般に和名を定義しないが、本稿では学生版日本古生物図鑑(藤山ほか, 1982)に基づいて表記し、同書に掲載のないものはそのルールに従って新規に作成した。

** 比較種にとどめた標本の図示番号に括弧を付した。

表 2. 二又安山岩のカリウム-アルゴン (K-Ar) 年代測定結果.

試料名	測定物 (粒径)	カリウム含有量 (wt%) *	放射性起源 ⁴⁰ Ar (10-8ccSTP/g)	K-Ar 年代 (Ma)	非放射性起源 ⁴⁰ Ar (%)
二又安山岩 191111313	斜長石 (60-100μm)	0.0972±0.0049	13.96±0.34	36.6±2.0	51.6

*6 回の分光分析の平均値

を 36.6±2.0 Ma と推定した.

5. 化石の古生物学的記載

(矢部 淳)

Osmundaceae ゼンマイ科
Genus *Osmunda* L. ゼンマイ属

Osmunda sp.

(ゼンマイ属の一種)*

図 3-1ab

羽状複葉の 1 小羽片で, 切れ込みはなく, 全体にわたって低く単純な鋸歯をもつ. 主脈が直線状に先端に至り, 2 次脈は主脈から低角度で分岐したのち立ち上がり, 1 回から 2 回二叉分枝し葉縁の直前でややカーブして鋸歯に至る特徴からゼンマイ属 *Osmunda* と判断した. 種の同定にはより良い標本が必要である.

Pinaceae マツ科

Genus *Keteleeria* Carrière アブラスギ属

Keteleeria ezoana Tanai

(エゾアブラスギ)

図 3-31, 32

Keteleeria ezoana Tanai, 1961, p. 251, pl. 1, figs. 16, 40, 41.

翼を伴った種子が確認された. 翼を含めた全体形状は長い三角形で, 種子は菱形. 翼は全体の中部付近でもっとも幅が広く, 種子部は全長の 30% 程度を占め

* 植物化石分野では一般に和名を定義しないが, 本稿では日本化石図譜 (鹿間, 1964) および学生版日本古生物図鑑 (藤山ほか, 1982) にもとづいて表記し, 同書に掲載のないものはそのルールに従って新たに作成した.

Keteleeria? sp.

(アブラスギ属? の一種)

図 3-14ab

る. 後述するイヌカラマツ属 *Pseudolarix* の種子に似るが, 種子と翼との境界が直線上となる点で区別できる (図 3-29, 30; Wolfe and Schorn, 1990). 本邦からは *K. ezoana* 1 種のみが報告されている.

葉縁が全縁かつ並行で線形の葉で, 顕著な中肋と, 葉縁のやや内側に葉縁に沿った左右 1 対の樹脂道を持つ. 似た形態を持つトガサワラ属 *Pseudotsuga* に比べ, やや厚い葉質から本属と同定した.

Genus *Picea* Link トウヒ属

Picea sp. cf. *P. magna* MacGinitie

(マグナトウヒに比較される種)

図 3-19

翼を伴った種子 1 点が確認された. 翼はヘラ状で, 種子の上部は円形で左右対称. 種子基部が片側に突起状に伸びる点で本属と判断した. 後述する *P. kaneharai* Tanai et Onoe に比べ小型で幅が広いことから区別したが, 変異を詳しく検討する必要がある. *Picea magna* MacGinitie は北米西部の漸新世 Florissant 植物群から報告され (MacGinitie, 1953), 本邦では Tanai (1961) により北海道道南地方の久遠層および国縫層から報告されている.

Picea kaneharai Tanai et Onoe

(カネハラトウヒ)

図 3-20-24

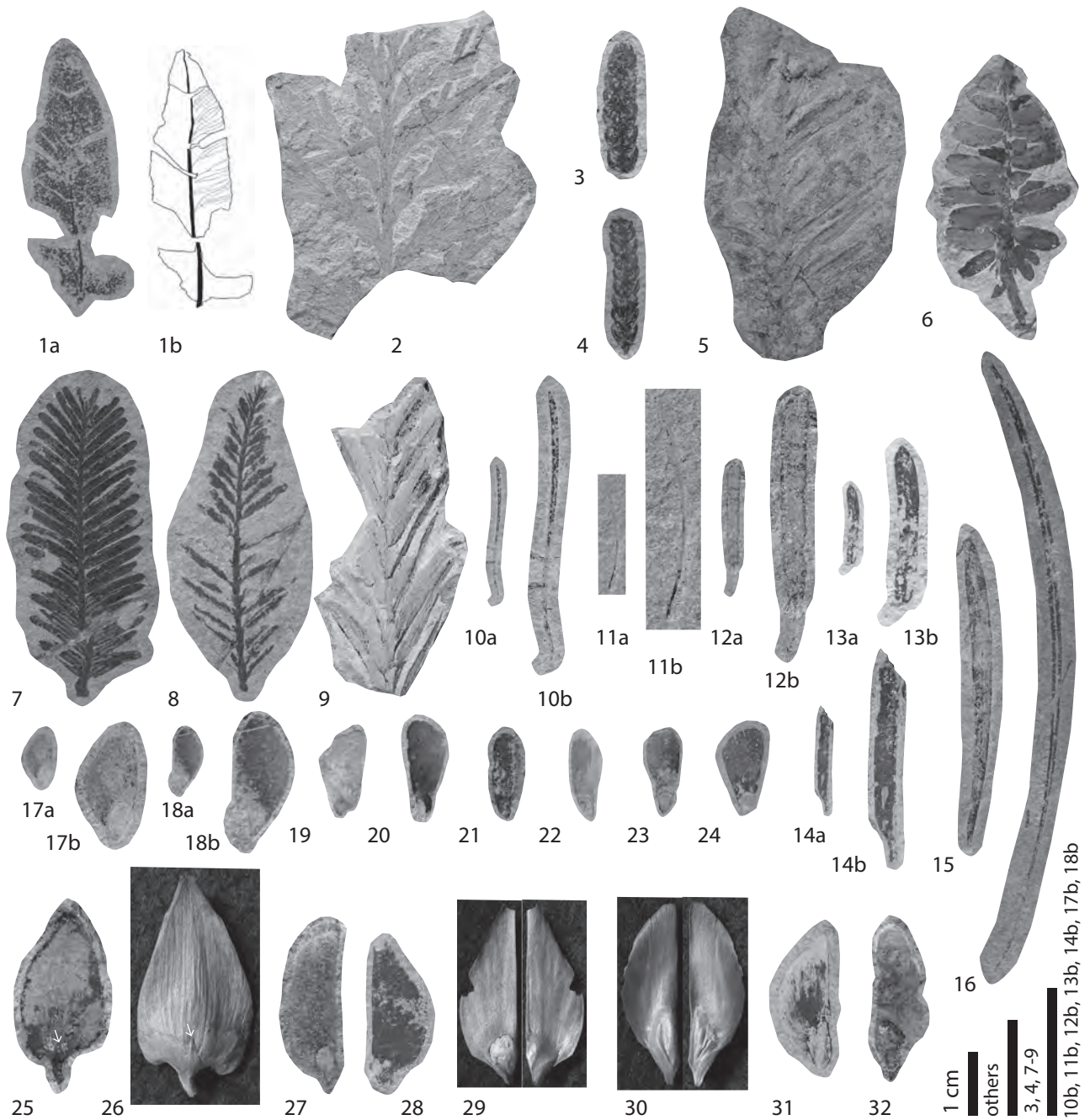


図3. 若松沢層産植物化石と比較現生種. スケールは1cm. 矢印は苞鱗片を示す(25, 26).

1. *Osmunda* sp., KRMSHA 2-4-KS-1; 2. Cupressaceae gen. et sp. indet., KRMSHA 2-4-WMU-1; 3&4. *Thuja* sp., 3, KRMSHA 2-4-WMU-2, 4, KRMSHA 2-4-WMU-3; 5. *Cunninghamia* sp. cf. *C. protokonishii* Tanai et Onoe, KRMSHA 2-4-WM-26; 6, 7. *Metasequoia occidentalis* (Newberry) Chaney, 6, KRMSHA 2-4-WM-1, 7, KRMSHA 2-4-WM-2; 8. *Taxodium dubium* (Sternberg) Heer, KRMSHA 2-4-WM-3; 9. *Glyptostrobus europaeus* (Brongniart) Heer, KRMSHA 2-4-WM-4; 10, 11. *Pseudolarix japonica* Tanai et Onoe, leaf, 10, KRMSHA 2-4-WMU-27, 11, KRMSHA 2-4-WM-5; 12, 13. *Tsuga* sp. A, seed, 12, KRMSHA 2-4-WM-6, 13, KRMSHA 2-4-WMU-4; 14. *Keteleeria?* sp., leaf, KRMSHA 2-4-KS-2; 15, 16. *Sciadopitys* sp., leaf, 15, KRMSHA 2-4-WMU-5, 16, KRMSHA 2-4-WMU-6; 17, 18. *Tsuga* sp. B, seed, 17, KRMSHA 2-4-WM-7, 18, KRMSHA 2-4-WM-8; 19. *Picea* sp. cf. *P. magna* MacGinitie, seed, KRMSHA 2-4-WM-9; 20-24. *Picea kaneharai* Tanai et Onoe, seed, 20, KRMSHA 2-4-KS-3, 21, KRMSHA 2-4-KS-4, 22, KRMSHA 2-4-WM-10, 23, KRMSHA 2-4-WMU-7, 24, KRMSHA 2-4-KS-5; 25, 27, 28. *Pseudolarix japonica* Tanai et Onoe, 25, cone scale, KRMSHA 2-4-KS-6, 27, seed, KRMSHA 2-4-WM-11, 28, seed, KRMSHA 2-4-KS-7; 26, 29. *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehder, extant, 26, cone scale, 29, seed (left: dorsal; right: ventral); 30. *Keteleeria davidiana* (Bertrand) Beissn., seed (left: ventral; right: dorsal), extant; 31, 32. *Keteleeria ezoana* Tanai, seed, 31, KRMSHA 2-4-WM-12, 32, KRMSHA 2-4-WM-13.

Picea kaneharai Tanai et Onoe, 1961, p. 17, pl. 1, fig. 9.

翼をもった種子が数点確認された。属の区別は上記と同じ。標本の全体形状はよりスレンダーで、全体の長さは12.7–15.0 mm, 幅は5.0–6.8 mm。全体的な形状およびサイズから、本種に同定した。本種は岡山県・鳥取県境付近に分布する人形峠層から記載報告され、その後日本および韓半島の下部～上部中新統から報告されている。

Genus *Pseudolarix* Gordon イヌカラマツ属

Pseudolarix japonica Tanai et Onoe

(ムカシイヌカラマツ)

図 3-10ab, 11ab, 25, 27, 28

Pseudolarix japonica Tanai et Onoe, 1961, p. 17, pl. 1, fig. 5; Ozaki, 1979, p. 37, pl. 1, fig. 91-5.

長卵形の種鱗片に、小型で三角形の苞鱗片を伴う。特に苞鱗片の形状(図 3-26)からイヌカラマツ属 *Pseudolarix* に同定できる。本属の化石としては上部中新統辰巳峠層から報告された *P. japonica* があり(Tanai and Onoe, 1961), 本標本は種鱗片の形とサイズから本種に同定できる。同じ地層から産出する翼つき種子も、やや長い菱形をなす種子形態とサイズから本種に同定できる。葉については、扁平かつやや鎌形に曲がった線形の全体形状と、最大幅の位置が上半部にあること、および先端が鈍頭であることから、Ozaki (1979) に従い本種に同定した。

現生のイヌカラマツ属は単型属で、現生種 *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehder の葉には極めて微細な鋸歯がある。今回検討した標本では明確な鋸歯は確認できなかったが、母岩がやや粗粒なために確認ができない可能性が高い。

Kimura and Horiuchi (1978a) は岩手県久慈市の暁新統港層から *Pseudolarix nipponica* を報告している。同種の葉は幅がより大きく区別可能である。イヌカラマツ属の化石は後期白亜紀以降、北半球の中高緯度域から幅広く報告されており(LePage and Basinger, 1995), 本邦でも暁新世以降、前期更新世まで継続的に化石記録がある(Yabe *et al.*, 2018)。

Genus *Tsuga* Carrière ツガ属

Tsuga sp. A

(ツガ属の一種 A)

図 3-17ab, 18ab

小型の翼つき種子である。左右がやや非対称な楕円形の翼に楕円形の種子がつく。種子は翼の左右片側に偏って着くか、ときに翼からはみ出す。翼および種子の形状と付着様式に基づいてツガ属 *Tsuga* と判断した。本属の化石は本邦の漸新世以降多産し、7種の化石種が報告されてきた。本標本はやや大きく、特徴が一致するものがない。追加採集して変異を検討する必要がある。

図示標本: KRMSHA 2-4-WM-6; WMU-4.

Tsuga sp. B

(ツガ属の一種 B)

図 3-12ab, 13ab

小型線形の葉で、葉身がごく弱くカーブする。左右の葉縁はほぼ並行。下端は円形。上端は広角、凸型で鈍頭に終わる。細く短い葉柄が鎌型に伸びる。脈は中央の1本のみで、樹脂道は確認できない。葉形と葉柄の特徴からツガ属 *Tsuga* に同定できる。葉の先端が円形でない点はこれまでに国内から報告されたツガ属化石と異なるが、変異を検討するため種名の決定は保留した。便宜上独立させたが、上記の種子化石と同一種である可能性を今後検討する必要がある。

Sciadopityaceae コウヤマキ科

Genus *Sciadopitys* Siebold et Zucc. コウヤマキ属

Sciadopitys sp.

(コウヤマキ属の一種)

図 3-15, 16

長い針葉で先端は鈍頭。基部は無柄、中央付近より上部は等幅で先端近くで急激にすぼまる。針葉の下面中央部は深く凹み、上面中央にも浅い溝があるため、断面形状は2つの円を合わせた形となる。下面中央の凹みは両側と色および質が異なり、気孔条の存在が推

測される。以上の特異な形態から、中央の溝を境に2本の維管束を持つと推測され、コウヤマキ属の葉と同定できる。本属の化石種には韓半島の中新統および漸新統から報告された *Sciadopitys shiragica* Huzioka がある (Huzioka, 1972)。同種はその後、国内の上部中新統などからも報告されているが、検討した標本は同種よりも2倍程度長く、現生種により近い。他の部位も含めてより保存状態の良い標本が得られるまで種の決定は保留する。

Cupressaceae ヒノキ科

Genus *Cunninghamia* R.Br. コウヨウザン属

Cunninghamia sp. cf. *C. protokonishii* Tanai et Onoe

(ムカシランダイスギに比較される種)

図 3-5; 13-1

無柄で線形の葉が軸に螺旋配列する。葉縁に微細な鋸歯を有することから (図 13-1)、コウヨウザン属 *Cunninghamia* と同定できる。本属の化石のうち、岩手県の暁新統から報告された *C. nodensis* Kimura et Horiuchi は短い披針形の葉をもち、葉縁に鋸歯を持たない (Kimura and Horiuchi, 1978b)。本標本には明瞭な鋸歯があり、葉のサイズや葉形も新第三系から知られる *C. protokonishii* Tanai et Onoe に一致するが、種の決定には表皮細胞の特徴を検討する必要がある (Yabe and Yamakawa, 2017)。このため、ここでは比較種とするに留めた。

Genus *Glyptostrobus* Endl. スイショウ属

Glyptostrobus europaeus (Brongniart) Heer

(オウシュウイヌスギ)

図 3-9

線形の葉が軸に互生し、葉に明瞭な葉柄が見られないこと、葉の付着する角度が鋭角であることから本種とした。

Genus *Metasequoia* Miki ex Hu et Cheng メタセコイア属

Metasequoia occidentalis (Newberry) Chaney

(イチイヒノキ)

図 3-6, 7

Taxodium occidentale Newberry, 1863, 516.

Metasequoia occidentalis (Newberry) Chaney, 1951, p. 225, pl. 1, fig. 3, pl. 2, figs. 1-3, pl. 4, figs. 1, 2, 9, pl. 5, figs. 1-3, pl. 9, figs. 3, 5-7, pl. 10, figs. 1a, 2a, 3-6, pl. 11, figs. 7, 8, pl. 12, figs. 1, 2, 5-8.

小枝の軸に線形の葉が対生する。葉の長さは小枝の先端部を除きほぼ変わらない。葉の先端は鈍頭、基部はくびれ、短い葉柄を持つ。葉からの下方延長部が軸に巻きつき、軸を斜めに横断する特徴がある (LePage, 2011)。図 3-7 は典型的な小枝。図 3-6 はやや特殊な小枝であるが、葉の形状や葉序から本種に同定した。

Genus *Taxodium* Rich. ヌマスギ属

Taxodium dubium (Sternberg) Heer

(ムカシヌマスギ, 和名新称)

図 3-8

Phyllites dubius Sternberg, 1823, vol. I, 3, p. 37, tent. 39, pl. 36, fig. 3.

Taxodium dubium (Sternberg) Heer, 1853, p. 49, pl. 17, figs. 5-15.

落葉性の小枝と考えられ、基部に芽と思われる膨らみを持つ。葉は対生からわずかにずれる。小枝の中央部でもっとも葉の長さが長く、上下方向に次第に短くなる。葉の基部はくびれ、おそらく短い葉柄を持つ。先端は鈍頭。葉の下方延長は軸の伸びにそって下方に垂れ下がり、縦方向の筋をつくる (LePage, 2011)。葉のつき方と小枝全体のプロポーションから本種に同定した。ヌマスギ属 *Taxodium* は本邦では古第三紀に特徴的な要素である。

Genus *Thuja* L. クロベ属

Thuja sp.

(クロベ属の一種)

図 3-3, 4

鱗片状の葉が軸に十字対生する小型の針葉樹枝条である。葉が互いに重なり合い、露出部分の形状は菱形となる。葉は軸に圧着する。葉縁は弱い凸型で鈍頭、葉の中央に縦方向の稜が認められる。稜部がやや色の異なる保存を示すことから、ここに樹脂道および維管束の存在が推測される。以上の葉序から本標本はクロベ属 *Thuja* に同定できる。クロベ属の化石は後期白亜紀のチューロニアン以降、北半球の中高緯度域から散点的に報告されている (LePage, 2003a)。本邦では中新世以降4種が報告されている (*T. protojaponica* Miki, 1941; *T. nipponica* Tanai and Onoe, 1961; *T. cf. occidentalis* L., Murai, 1962; *T. iwasaie* Huzioka, 1964)。

側葉の付着部付近がくびれ、数珠状となる *T. protojaponica* Miki を除くと、いずれの化石種の枝条も現生のクロベ *T. standisii* に似るが、種子および球果の特徴から区別されている。本標本も現生クロベに似るが、さらに多くの標本と別器官の収集が必要である。

Cupressaceae gen. et sp. indet.

(ヒノキ科属種未定)

図 3-2

鱗片葉が十字対生する枝で、中央の枝に対して、次のオーダーの枝が互生してつく。枝が互いに重なり合わないことから、同一平面上に広がっていたと推測される。葉は互いに重なり、露出部分の形状は菱形。葉縁は直線状で、先端はやや尖る。葉の頂部は軸に圧着しない。

本標本の葉序は上述のクロベ属 *Thuja* に似るが、枝や葉がより太く大きいこと、葉の先端が尖り、かつ軸に圧着しないことから *Thuja* 属とは区別できる。このような葉形と葉序はヒノキ科に属する様々な現生属および化石属に共通するため、ここでは属以下の特定は保留した。

Platanaceae スズカケノキ科

Genus *Platanus* L. スズカケノキ属

Platanus mabutii Oishi et Huzioka

(マブチスズカケ)

図 4-2, 3; 5-2

Platanus mabutii Oishi et Huzioka, 1943, p. 113, pl. 18, fig. 1, pl. 19, figs. 1, 2, pl. 20.

最大幅 30cm を越す大型葉。3主脈が葉基部よりも上で分岐する盾状の掌状葉で、側主脈および基部の数本の2次脈から外側に脈が分岐し、桁状になる。各脈は直接鋸歯に至る直送状 (craspedodromous; 付図1)。2次、3次脈とも強く太い。2次脈間の3次脈は上下で接続し、やや外に凸となる。脈間は粗く均一。葉縁は粗い単鋸歯で、鋸歯は低い三角形。鋸歯間の湾 (sinus) は弧状となる。

葉脈および鋸歯の特徴からスズカケノキ属 *Platanus* であることは明らかで、盾状になる特徴から *Platanus mabutii* Oishi et Huzioka に同定できる。本種は北海道釧路炭田およびサハリン南部の古第三系から記載された。

Platanus sp.

(スズカケノキ属の一種)

図 4-1, 4; 12-6; 13-3

葉は広卵形で、基部は深い心形、頂部は直線状ないしわずかに凸型、広角で尖る。葉柄は長く 10cm 程度。基部が扇型にふくれる。主脈は基部で3分岐し、中央脈はややカーブし、側主脈は繰り返して二又状に分岐しながら緩くカーブして鋸歯に入る直送状。鋸歯は単鋸歯で両端が凹型となり先端が長い棒状にのびる。主脈から分岐した2次脈は側主脈と並行。葉縁近くで基部側と頂部側の両方に脈を分岐し、いずれも鋸歯に入る。3次脈は強く直線状、4、5次脈も強く、矩形の網目を作る。脈端は不複数回分岐する。

本標本は、上記の脈系と基部がふくれた葉柄の特徴からスズカケノキ属 *Platanus* と同定される。盾状 (主脈が基部より上で分岐する脈系) とならない点で前述の *P. mabutii* とは区別される。未知種の可能性もあるが、状態の良い標本が少ないため詳細は保留する。

Cercidiphyllaceae カツラ科

Genus *Cercidiphyllum* Siebold et Zucc. カツラ属

Cercidiphyllum eojaponicum Endo sensu Tanai, 1970

(シキシマカツラ)



図4. 若松沢層産植物化石. スケールは1cm.

1, 4. *Platanus* sp., 1, KRMSHA 2-4-WMU-32, 4, KRMSHA 2-4-KS-17; 2, 3. *Platanus mabutii* Oishi et Huzioka, 2, NSM PP-11425, 3, KRMSHA 2-4-WMU-8.

図 5-3, 4

Cercidiphyllum eojaponicum Endo, 1942, p. 41, pl. 16, fig. 5—Tanai, 1970, p. 477, pl. 7, fig. 9, pl. 11, figs. 2, 3, 8.

円形の葉形で基部は深い心形をなし、脈は基部から5脈が放射状に分岐する。内側の3脈が主脈で、中央の主脈はほぼ直線状、側主脈はカーブをなし葉身の3/4程度まで至る。葉縁はやや不揃いな鋸歯縁で上下とも凸で先端は鈍頭。顕著な腺点は見当たらない。側主脈及び2次脈はループを描き、上隣の脈と交わって並環結状 (festooned brochidodromous) となる。3次脈は太く明瞭。細脈はやや大きく脈端が複数回分岐する。

脈系と鋸歯の特徴から、本標本はカツラ属 *Cercidiphyllum* に同定できる。鋸歯の保存が良くない場合、ヤマナラシ属 *Populus* との区別が難しい場合があるが、基部の葉縁が全縁であることは判断基準のひとつとなる。本邦で報告されたカツラ属化石のうち、本標本は始新統石狩層群から記載された *C. eojaponicum* Endo にもっとも似る。新第三紀種の *C. crenatum* Unger にも似るが、本標本の鋸歯はより大振りで高さがある。

Fabaceae マメ科

Genus *Cladrastis* Raf. ユクノキ属

Cladrastis sp.

(ユクノキ属の一種)

図 5-1; 13-2

葉身は広長楕円形、基部は非対称で先端は短く鋭尖となる。葉縁は全縁。葉柄は保存されていない。脈は羽状脈。主脈は太く、ごく緩くカーブして先端に至る。2次脈はやや弱く、不規則に配列。主脈と60°程度の角度で分岐し、緩くカーブして葉縁近くで急にループし、分岐した2次脈および3次脈とともに並環結状となる。1本ないし2本の短い2次亜脈が2次脈間に特徴的に発達する。3次脈は弱く2次脈間を直線状もしくはジグザグに繋ぐ。4次および5次脈まで明瞭で、不揃いな多角形の網目を作り、脈端は複数回分岐する。非対称な葉形から小葉と判断。葉柄は保存されていないものの、全体形状と脈型からユクノキ属と判断した。

Ulmaceae ニレ科

Genus *Planera* J.F.Gmel. プラネラ属

Planera ezoana Oishi et Huzioka

(エゾプラネラ)

図 6-1

Planera ezoana Oishi et Huzioka, 1954, p. 141, pl. 14, figs. 7-9.

単葉で左右がやや非対称。葉身は楕円形で基部は広角で凸型、一方はごく浅い心形。頂部は左右が直線上で先端が短く尖る。羽状脈を持ち、2次脈は直送状。途中、二又状に分岐した脈がやや小型の鋸歯に入る。鋸歯はやや大ぶりで重鋸歯、典型的に上側が鋭尖、下側が凸の形状で、鋸歯間の湾は鋭角で谷状となる。

単葉であることと直送状の2次脈形、特徴的な鋸歯の形およびやや二又に分岐する2次脈の特徴からニレ科と判断。さらに重鋸歯をもつことからプラネラ属 *Planera* に属すると判断した。プラネラ属化石は本邦では稀で、Oishi and Huzioka (1954) によって、北海道の夾炭始新統から *P. ezoana* が記載された。本研究の標本は上記の全ての特徴から本種に同定できる。*Planera* 属は単系属で *P. aquatica* J.F.Gmel. 1種が北米南東部に自生する。

Genus *Ulmus* L. ニレ属

Ulmus sp.

(ニレ属の一種)

図 6-2-4

単葉で多くの場合左右が非対称、羽状脈をもち、2次脈は直送状。主脈に対してやや強く、密に配列する。2次脈は葉下部で特徴的に二又状の分岐を示す。2次脈および分岐した2次亜脈ないし3次脈が鋸歯の先端に至る直送状。鋸歯は重鋸歯で、主要な大型の鋸歯は上部が鋭尖で下部が凸型ないし弱く鋭尖、鋭角で鈍く尖り、やや上側を向く。鋸歯に入る脈は下半部に添うように進み鋸歯の先端に至る。

以上の特徴の組み合わせはニレ属に共有する。本



図5. 若松沢層産植物化石. スケールは1cm.

1. *Cladrastis* sp., KRMSHA 2-4-WMU-9; 2. *Platanus mabutii* Oishi et Huzioka, KRMSHA 2-4-WMU-10; 3, 4. *Cercidiphyllum eojaponicum* Endo, KRMSHA 2-4-KS-8, 4, Line drawing of fig. 3.

標本の特徴として鋸歯が細かく, 葉の上部を向く特徴があり, 春取炭田の始新統から報告された *U. kushiroensis* Oishi et Huzioka や *U. appendiculata* Heer に似るが, 確定するためにはより状態の良い標本が必要である。

Genus *Zelkova* Spach ケヤキ属

Zelkova kushiroensis Oishi et Huzioka

(クシロケヤキ)

図 6-5

Zelkova kushiroensis Oishi et Huzioka, 1954, p. 136, pl. 16, figs. 7-11.

単葉で長楕円形の葉身を持ち, 羽状脈. 2次脈は粗く均等に配列し, 主脈から分岐後, 真っ直ぐに鋸歯に至る直送状. 鋸歯は単鋸歯で典型的に上部が鋭尖, 下部が凸となる. 新第三紀に産出するケヤキ属化石に比べて鋸歯がより丸みを帯び, 全体にやや上側を向く傾向がある。

標本は1点のみで不完全であるが, 上記の特徴はケヤキ属に一致し, とくに Oishi and Huzioka (1954) によって北海道沼田町の昭和炭鉱に分布する始新統から記載された *Zelkova tibae* によく一致する. 本種は当初, 2次脈がより粗く配列することなどで同じ論文で記載された *Z. kushiroensis* と区別されたが, その後, 後者の変異に含められた (Tanai, 1970).

Cannabaceae アサ科

Genus *Celtis* L. エノキ属

Celtis miobungeana Hu et Chaney

(チュウシンエノキ)

図 6-6, 7

Celtis miobungeana Hu et Chaney, 1938, p. 39, pl. 13,

figs. 2, 5, 6.

卵形の葉形, 基部は深い心形で頂部はやや凸型で短い鋭尖頭となる. 葉縁は粗い鋸歯縁. 鋸歯は下部が凸型, 上部は凹型で鋭頭となる. 鋸歯に入る葉脈はやや基部側からカーブして先端に至る. 鋸歯間の湾は鋭角で谷状. 葉脈は三行脈となり, 分岐点は葉基部よりも下に突出する. 2次脈は主脈から鋭角で分岐し, ゆるく弧状となり, 葉縁近くでループを描き上位の脈と接続して連続的なループを形成する. 中央脈と2次脈間の3次脈は主脈と90°前後の角度をなす. 葉縁のループから分岐した3次脈は鋸歯に入る.

葉形, 鋸歯系および脈系から本標本はエノキ属 *Celtis* に同定され, 中国山東省の山王植物群 (Hu and Chaney, 1938) から記載された *C. miobungeana* Hu et Chaney に一致する. 中新世以降本邦から報告されてきた4種のエノキ属化石種はいずれも円形ないし楔形の基部形を持つことから本種とは区別される。

Fagaceae ブナ科

Genus *Fagus* L. ブナ属

"*Fagus*" *kitamiensis* Tanai

(キタミブナ, 和名新称)

図 6-8-12

"*Fagus*" *kitamiensis* Tanai, 1995, p. 80, pl. 1, figs. 1, 2, 5, pl. 2, figs. 2-4, pl. 6, fig. 3, Fig. 2-Ca-c.

単葉で長卵形ないし長楕円形. 羽状脈を持ち, 2次脈は直送状, 互いに並行で均等に配列する. 鋸歯は両側が凹型で先端が長く尖る. 鋸歯の基部付近で2次脈から強い3次脈が分岐して主脈方向に逆転し (most abmedial tertiary vein), 上位の2次脈と交わる. 3次脈は細いがはっきりし, 直線状で密に配列する. 葉縁を縁取る脈 (縁脈: fimbrial vein) は存在しない。

以上の特徴から, 本標本は, Tanai (1995) が若松沢

→ 図 6. 若松沢層産植物化石. スケールは 1cm.

1. *Planera ezoana* Oishi et Huzioka, KRMSHA 2-4-MO-1; 2-4. *Ulmus* sp., 2, KRMSHA 2-4-WM-14, 3, KRMSHA 2-4-WM-15, 4, KRMSHA 2-4-WMU-11; 5. *Zelkova kushiroensis* Oishi et Huzioka, KRMSHA 2-4-WM-16; 6, 7. *Celtis miobungeana* Hu et Chaney, KRMSHA 2-4-WM-17, 7, sketch of Fig. 6-6; 8-12. "*Fagus*" *kitamiensis* Tanai, 8, NSM PP-10615 (Holotype), 9, KRMSHA 2-4-WMU-12, 10, KRMSHA 2-4-WMU-13, 11, KRMSHA 2-4-WMU-14, 12, KRMSHA 2-4-KS-9.



層から記載した "*Fagus*" *kitamiensis* に同定される。2次脈が鋸歯に直接入る特徴や鋸歯の形状は一般的にはブナ属 *Fagus* とは異なるが, most abmedial tertiary vein の存在からブナ属に仮に比較された。これらの特徴に加え, 本種は主脈が太く直線状であること, 2次脈数がより多い (18-21 本) 特徴がある。

Fagus uemurae Tanai

(ウエムラブナ, 和名新称)

図 7-1-3

Fagus uemurae Tanai, 1995, p. 78, pl. 1, figs. 3, 4, 6, pl. 2, fig. 6, Fig. 2-Aa-c.

楕円形の葉で基部は凸型, 円形ないし楔形, 上部は直線状で短く尖頭となる。脈は羽状脈で主脈はやや弱く, 上部で波打つ。2次脈は並行, 均一で真っ直ぐ葉縁に向かい鋸歯の基部で分岐し, 一方は鋸歯に, もう一方はループして上位の2次脈と接する (垂直送状)。鋸歯は単鋸歯で下部が凸型, 上部が凹型で短く尖る。以上の特徴から, 本標本は若松沢層から記載された *Fagus uemurae* Tanai に同定される。本種は本邦産最古の確実なブナ属化石であるが, 殻斗や種子はまだ得られておらず, それらの特徴の解明が課題である。

Genus *Castanea* Mill. クリ属

Castanea fujiyamae Tanai

(フジヤマクリ, 和名新称)

図 7-4-7; 8-5; 13-8

Castanea fujiyamae Tanai, 1995, p. 73, pl. 4, figs. 4, 5, Fig. 1-Aa, b.

長楕円形の葉身で大きさの変異は大きい。基部は典型的に心形となり, 頂部は鋭角で直線的, 短い鋭尖頭となる。葉柄は 2cm 程度。葉縁は単鋸歯縁, 下部は逆鋭尖 (retroflex) か直線状, 上部は凹型で斜め上方

に向かって長く尖る。湾は円形。葉脈は羽状脈。2次脈は主脈からの分岐後, 直線的かやや反り返って直接鋸歯に至る直送状。3次脈は明瞭で2次脈とほぼ直交し, やや粗く配列する。縁脈は発達しない。4次脈以上はやや弱い, 4次脈および5次脈から構成される多角形の網目が発達する。脈端は複数回分岐する。

以上の全体形状と鋸歯形, 基部形, 縁脈が発達しない特徴からクリ属 *Castanea* と判断される。本標本の鋸歯は長いトゲ状とならず, 脈端が複数回分岐する点で *C. fujiyamae* Tanai に同定できる。本種は若松沢層から新種として記載された種である (Tanai, 1995)。

Genus *Quercus* L. コナラ属

Quercus kitamiana Tanai

(キタミナラ, 和名新称)

図 8-1, 2

Quercus kitamiana Tanai, 1995, p. 83, pl. 2, fig. 1, pl. 3, fig. 4, pl. 5, fig. 3, Fig. 2-Ga-b.

楕円形の葉身で, 最大幅が葉身の中部よりもやや上に位置する。基部および頂部とも直線的で鋭角。葉縁は上部 1/2~2/5 程度に粗い単鋸歯を持つ。鋸歯の両端は直線的で上方に向かって尖る。脈は羽状脈。主脈は直線的で2次脈は均等に配列し, ほぼ同一角度で分岐して, 下半部はやや反り返り, 上半部は緩くカーブする。上部の2次脈は直送状となる。3次脈は密に発達し直線的。縁脈が発達する。本標本は鋸歯形と脈形からコナラ属コナラ節に対比されるが, 下部が全縁となる特徴から *Quercus kitamiana* Tanai に同定できる。本種は若松沢層から Tanai (1995) により新種記載された。

Quercus ussuriensis Kryshtofovich emend. Tanai and

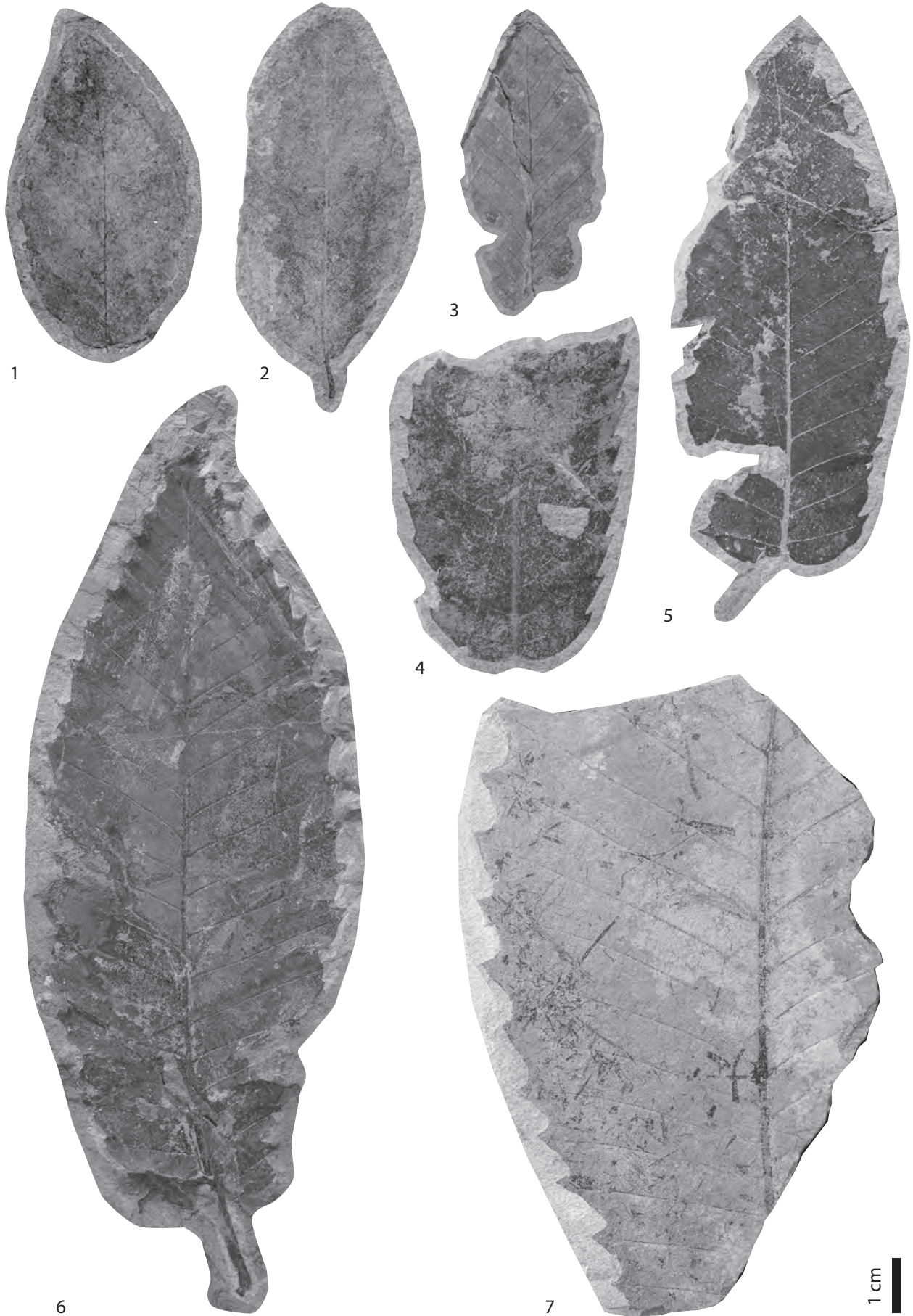
Uemura, 1994

(ウスリーナラ)

図 9-1-3

→ 図 7. 若松沢層産植物化石. スケールは 1cm.

1-3. *Fagus uemurae* Tanai, 1, NSM PP-10607 (Holotype), 2, KRMSHA 2-4-WM-19, 3, KRMSHA 2-4-MO-2; 4-7, *Castanea fujiyamae* Tanai, 4, KRMSHA 2-4-WM-20, 5, KRMSHA 2-4-WMU-15, 6, KRMSHA 2-4-WMU-16, 7, KRMSHA 2-4-WMU-17.



Quercus ussuriensis Kryshstofovich, 1937, p. 54, pl. 7, fig. 1.

のぎ状の鋸歯を持つ大型の単葉で、葉形は多様。左右がやや非対称で、基部は円形もしくは切形、先端は広角で短く尖る。葉脈は羽状脈、2次脈が鋸歯の中央を通過して鋸歯先端に至る（直送状）。

この特徴的な形態の葉はロシア沿海州のクラスキノ Kraskino に分布する上部始新統～下部漸新統から最初に記載された *Q. ussuriensis* Kryshstofovich に同定される。Tanai and Uemura (1994) で詳述されたように、本種はその後、環日本海域各地の上部古第三系から報告されている。

Quercus sp.

(コナラ属の一種)

図 8-3, 4

コナラ属を特徴付ける単鋸歯縁と直送状となる羽状脈を持つ葉で、葉身は細身の長楕円形、鋸歯はやや外もしくは上方を向く。2次脈間の3次脈は直線的で密に配列する。若松沢層から他に産出したコナラ属の種と一致しないため、暫定的に区別した。

Juglandaceae クルミ科

Genus *Carya* Nutt. カリアグルミ属

Carya sp.

(カリア属の一種)

図 11-14

左右非対称な葉身と基部形、脈は羽状脈でやや不規則に走る2次脈は途中で分岐し、一方はループして上位の2次脈と交わり、もう一方が鋸歯に至る（亜直送状）。2次脈間には3次脈が直線的に走り、4, 5次脈によって構成される矩形の細脈が発達する。脈端は複数回分岐する。鋸歯は上部が凹型、下部が凸型で先端

は丸い。主として葉形と脈形からクルミ科に属すると判断され、特に2次脈の走向や鋸歯の特徴からカリア属 *Carya* と判断した。

Genus *Palaeocarya* Saporta パレオカリア属

Palaeocarya koreanica (Oishi) Manchester

(チョウセンパレオカリア, 和名新称)

図 11-7, 8

Engelhardtia koreanica Oishi, 1936, p. 58, pl. 3, figs. 1, text-fig. 1-3.

Palaeocarya koreanica (Oishi) Manchester, 1987, p. 55.

クルミ科果実を覆う3裂の果苞の1片（翼）である。保存されている翼の先端は微凸。主脈は先端に向かって太さが漸減し、やや蛇行する。基部近くからやや太い2次脈が葉縁と並行に進み、主脈から分岐した2次脈と斜めに交わる。裂片上半部では2次脈がループして上位の2次脈と連続的に交わる。

この標本は、特殊な脈系と先端の特徴から若松沢層から報告された *Engelhardtia koreanica* Oishi (Tanai and Uemura, 1983; Fig. 11-7) に比較できる。本種は、果実と脈の特徴から化石属のパレオカリア属 *Palaeocarya* に組み替えられている (Manchester, 1987)。

Genus *Pterocarya* Kunth サワグルミ属

Pterocarya kryshstofovichii Chelebaeva

(クリシュトフォビッチサワグルミ, 和名新称)

図 11-10

Pterocarya kryshstofovichii Chelebaeva, in Budantsev, 1994ed., p. 63, pl. 22, figs. 1-14.

2枚の翼を伴う果実で、翼は扇型ないし腎型。中央に向かって強くくびれる。左右でやや大きさが異なる。翼には中央から放射状に伸びる脈が発達する。堅果の中心に突起があるが、詳細は保存されていない。

→ 図 8. 若松沢層産植物化石。スケールは 1cm.

1, 2. *Quercus kitamiana* Tanai, 1, KRMSHA 2-4-WM-21, 2, NSM PP-10635 (Holotype); 3, 4. *Quercus* sp., KRMSHA 2-4-WMU-18, 4, KRMSHA 2-4-WM-22; 5. cf. *Castanea fujiyamae* Tanai, KRMSHA 2-4-WM-23.



本標本は特徴的な翼形態がシホテアリンの *Botchi* フロラ (Akhmetiev, 1973) から報告された *Pterocarya kryshstofovichii* Chelebaeva に一致する。本種はその後、ウラジオストック近郊の前期中新世 Nezhino 植物群からも報告されたが (Pavlyutkin *et al.*, 2012), 本邦からは初めての報告となる。

Pterocarya sp. cf. *P. nigella* (Heer) Wolfe
(ニジェラサワグルミ (和名新称) に比較される種)

図 11-11-13

図 11, 12 は側小葉, 図 13 は頂小葉と思われる。これらは形や大きさのそろった三角形の鋸歯とほぼ等間隔に配列した 2 次脈, 葉縁付近で連続的に連なる並環結状の 2 次脈, さらに 2 次脈間の 3 次脈が直線状で, 4 次脈以上も明瞭で矩形の網目を構成することからサワグルミ属 *Pterocarya* と判断できる。本種は Heer (1869) によってオニグルミ属の化石として報告されたものを Wolfe (1966) が組み替えたもので, 若松沢層からは Tanai (1992) が報告している。

Genus *Vinea* Wolfe ビネア属
Vinea hokkaidoana (Tanai) Tanai
(ホッカイドウビネア, 和名新称)

図 11-5

Vinea hokkaidoana (Tanai) Tanai, 1992, p. 26, pl. 1, fig. 5, pl. 3, fig. 5, pl. 5, figs. 2, 4, pl. 7, figs. 1-5, pl. 8, figs. 3, 5, Fig. 3-A, B.

ビネア属 *Vinea* はクルミ科の化石属として Wolfe (1966) により設立された。標本は左右が著しく非対称な葉身と直送状の 2 次脈, 鋸歯形が広角の三角形で鋸歯先端に腺点を伴わないこと, 強い直線状の 3 次脈が 2 次脈間に等間隔に発達することなどからクルミ科との類縁が考えられた。鋸歯はサワグルミ属よりもより広角で鈍く, 鋸歯には 2 次脈がループせず直接入

る。2 次脈は鋸歯に至るまでに下方に 2 回ないし 3 回分岐し, それらがいずれも鋸歯に入る特徴がある。4 次脈以上も太く明瞭で, 細脈は矩形, 脈端は分岐する特徴が認められることから本種に同定した。本種は中部始新統の春探層 (釧路炭田) および幾春別層 (石狩炭田) から報告されている (Tanai, 1992a)。

Juglandaceae gen. et sp. indet.
(クルミ科属種未定)

図 11-9

子房の内側鑄型で, 2 室が浅い稜で境される。形状からクルミ科のオニグルミ属 *Juglans* もしくはカリア属 *Carya* のものと判断される。

Betulaceae カバノキ科
Genus *Alnus* Mill. ハンノキ属
Alnus kitamiensis Uemura et Tanai
(キタミハンノキ, 和名新称)

図 10-1-3, 5, 9; 13-7

Alnus kitamiensis Uemura et Tanai, 1993, p. 21, Figs. 1-13-16.

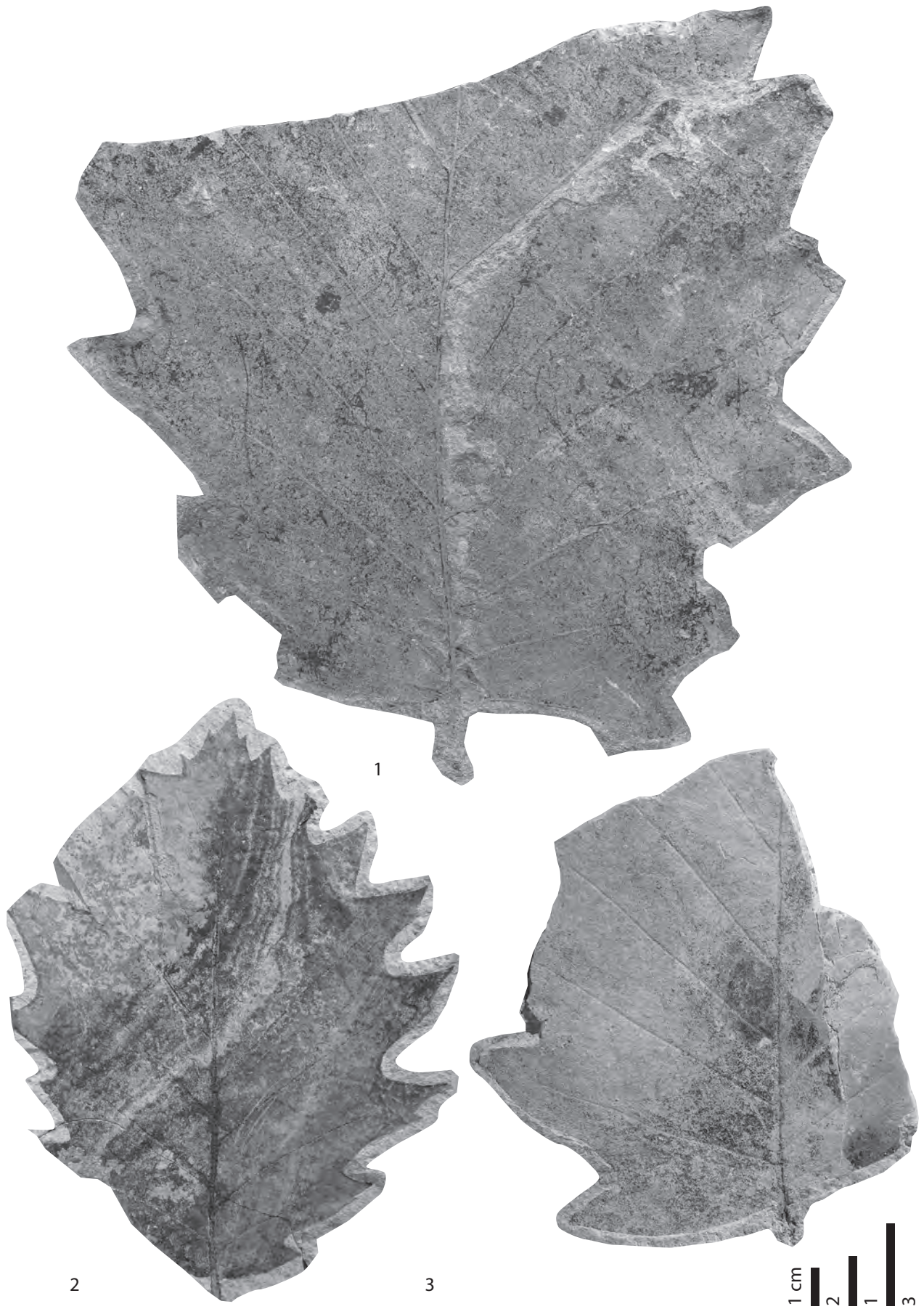
広楕円形の葉身で形は多様。左右非対称。基部は円形・切形ないし心形。先端は広角で直線状。三角形の大きな重鋸歯を持ち, しばしば欠刻状。鋸歯先端はやや棒状に延びる。羽状脈をもち, 主脈はややカーブする。2 次脈は 6, 7 本で粗く配列。主脈からの分岐間隔は上方に向かって広がる。分岐角度は上方に減じ, ややカーブして鋸歯に至る。細脈はよく発達し, 脈端は複数回分岐する。

以上の葉形および葉脈の特徴から, 本標本は若松沢層から報告された *Alnus kitamiensis* Uemura et Tanai に同定される。

Genus *Betula* L. カバノキ属

→ 図 9. 若松沢層産植物化石。スケールは 1cm.

1-3. *Quercus ussuriensis* Kryshstofovich, 1, KRMSHA 2-4-KS-10, 2, KRMSHA 2-4-KS-21, 3, KRMSHA 2-4-WMU-31.



Betula kitamiana Uemura et Tanai

(キタミカンバ, 和名新称)

図 10-4, 6, 7; 13-6

Betula kitamiana Uemura et Tanai, 1993, p. 23, Figs. 14, 15, 17, 19, 20.

やや小型の長楕円形ないし長円形の単葉で, 基部は浅い心形, 左右非対称. 葉頂部は直線状で鋭角, 3.5cm 程度のやや長い葉柄を持つ. 葉縁は重鋸歯縁. 鋸歯の下部はわずかに凸型で上部は凹型ないし逆鋭尖 (retroflexed). 鋸歯は広角ないし鋭角で先端が短く尖る. 先端部に色素の沈着が認められる. 脈は羽状脈で 2 次脈は直送状で主要な鋸歯に, 分岐した 2 次脈ないし 3 次脈が副次的な鋸歯に入る. 2 次脈間の 3 次脈は強く直線的, 4, 5 次脈からなる矩形の網目がよく発達し, 脈端は典型的に複数回分岐する.

直送状の 2 次脈を持つ単葉で重鋸歯をもち, 特徴的な鋸歯型と高次脈および脈端の特徴からカバノキ属と同定される. 本種は Uemura and Tanai (1993) が apiculate と呼んだ特徴的な鋸歯型を持つことで他種と区別できる.

Betula sp.

(カバノキ属の一種)

図 10-8; 13-4

Betula sp. 1, Uemura and Tanai, 1993, p. 24, Fig. 25.

広卵形ないし広楕円形の葉身で先端が短くとがり, ほぼ直角. 基部は浅く心形をなす. 重鋸歯縁で鋸歯は低く丸い. 主要鋸歯の先端に色素が沈着する. 2 次脈は羽状脈で直送状, ゆるくカーブし, 主要な鋸歯にやや下方から直接入る. 2 次脈間の 3 次脈は強く明瞭で, 4, 5 次脈とともによく発達した細脈を構成する. 脈

端は典型的に複数回分岐する.

以上の特徴から, 本標本はカバノキ属 *Betula* に同定できる. 本標本は Uemura and Tanai (1993) で *Betula* sp. 1 とされた標本の特徴に一致する.

Salicaceae ヤナギ科

Genus *Populus* L. ハコヤナギ属

Populus sp. cf. *P. yubariensis* Tanai

(ユウバリヤマナラシ (和名新称) に比較される種)

図 12-1, 2

左右非対称な広卵形の葉形で葉基部もしくはやや上で 3 本の主脈が分岐する. 中央脈は直線状, 側主脈および分岐した 2 次脈は弓曲状. 分岐した 3 次脈が鋸歯に入る. 鋸歯の配列は均等ないしランダムで, 鋸歯の下部は凸型, 上部は凹型となり鈍頭に終わるヤナギ型の鋸歯形を示す. 一見カツラ属にも似た脈系だが, 特に鋸歯の特徴からハコヤナギ属 *Populus* に同定される. 北海道の始新統から報告された *P. yubariensis* Tanai (Tanai, 1992a, 1999) によく似るが不完全な保存状態のために結論を保留する.

Genus *Salix* L. ヤナギ属

Salix sp.

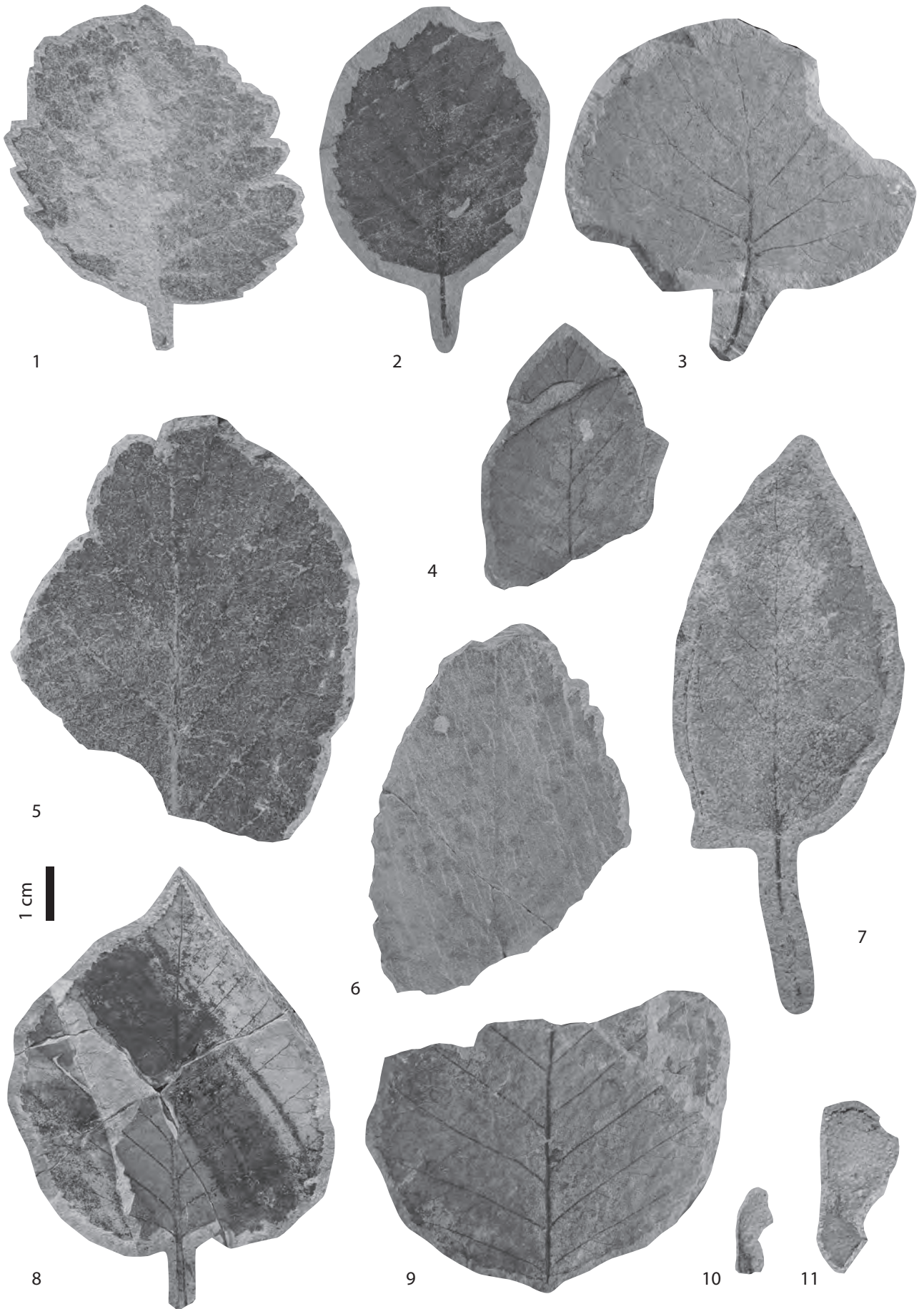
(ヤナギ属の一種)

図 12-8

披針形の葉で基部および先端は保存されていないが, いずれも直線状で鋭角に交わると推測される. 葉縁には稀に不明瞭な鋸歯がある. 鋸歯は先端がやや内側を向き鈍頭に終わる. 脈系は羽状脈. 主脈は強く真っ直ぐ, やや弱い 2 次脈が主脈に対して 60° 程度で分岐し, 緩く弧を描き葉縁に沿ってせり上がる. 2 次脈間

→ 図 10. 若松沢層産植物化石. スケールは 1cm.

1-3, 5. *Alnus kitamiensis* Uemura et Tanai, 1, KRMSHA 2-4-KS-11, 2, KRMSHA 2-4-WM-24, 3, KRMSHA 2-4-WMU-19, 5, KRMSHA 2-4-KS-12; 4, 6, 7. *Betula kitamiana* Uemura et Tanai, 4, KRMSHA 2-4-WM-25, 6, KRMSHA 2-4-WMU-20, 7, KRMSHA 2-4-WMU-21; 8. *Betula* sp., KRMSHA 2-4-WM-26; 9. cf. *Alnus kitamiensis* Uemura et Tanai, KRMSHA 2-4-WM-27; 10. *Acer palaeorufinerve* Tanai et Onoe, KRMSHA 2-4-KS-22; 11. *Acer yamanae* Tanai et Ozaki, KRMSHA 2-4-KS-23.



には2次脈と平行に走る2本の2次亜脈がある。2次脈から分岐した3次脈が鋸歯に至る。

細脈等が保存されていないものの、本標本は葉形と鋸歯形および脈系、特に2次亜脈の存在からヤナギ属 *Salix* に同定される。

Anacardiaceae ウルシ科

Anacardiaceae gen. et sp. indet.

(ウルシ科属種未定)

図 11-6

左右がやや非対称な葉 (小葉)。葉縁はおそらく全縁で弱く波打つ。主脈は蛇行。2次脈は強く、やや不均一に配列する。主脈から広角で分岐したのち緩くカーブし、葉縁直下でループを作り上位の2次脈と交わる環結状。2次脈間に稀に長い2次亜脈が走る。3次脈は2次脈の上下に分岐し、互いに直接しないことが多い。本標本は不完全だが、これらの特異な脈系からウルシ科に属すると判断できる。

Sapindaceae ムクロジ科

Genus *Acer* L. カエデ属

Acer ezoanum Oishi et Huzioka, emend. Tanai, 1983

(エゾカエデ)

図 11-4

Acer ezoanum Oishi et Huzioka, 1943, p. 89, pl. 10, figs. 1-3, pl. 11, figs. 1-4, pl. 12, figs. 1, 2.

大型の翼果1点で、長さ約50mm、幅18mm。翼の先端は円形。種子部分は紡錘形で、翼は種子部の中位で接する。種子部分は基部に向かって急激にすぼまり。2つの果実が向き合ってつくカエデ属に特有の縫合線 contact

scar はごく短い。縫合線と翼外縁との角度は60°程度。

Contact scar の特徴は若干異なるものの、翼のサイズと一般的な特徴から、*Acer ezoanum* Oishi et Huzioka に同定した。本種は前期中新世以降の地層から報告されてきた。本標本は少なくとも国内で最も古い記録である。

Acer palaeorufinerve Tanai et Onoe

(ムカシウリハダカエデ)

図 10-10

Acer palaeorufinerve Tanai et Onoe, 1961, p. 49, pl. 16, figs. 2, 3.

遊離した小型の翼果1点。翼の頂部は鈍頭、種子部は菱形。種子部は扁平で翼外縁と斜交し、contact scar の長さはおそらく種子部の幅に相当。角度はおよそ55°。

サイズと種子部の形態、contact scar の長さ、翼との角度から *Acer palaeorufinerve* Tanai et Onoe に同定できる。本種は後期中新世の伯耆植物群から記載されたが、前期中新世以降、各地の中新統から報告されている。

Acer protojaponicum Tanai et Onoe

(ムカシハウチワカエデ)

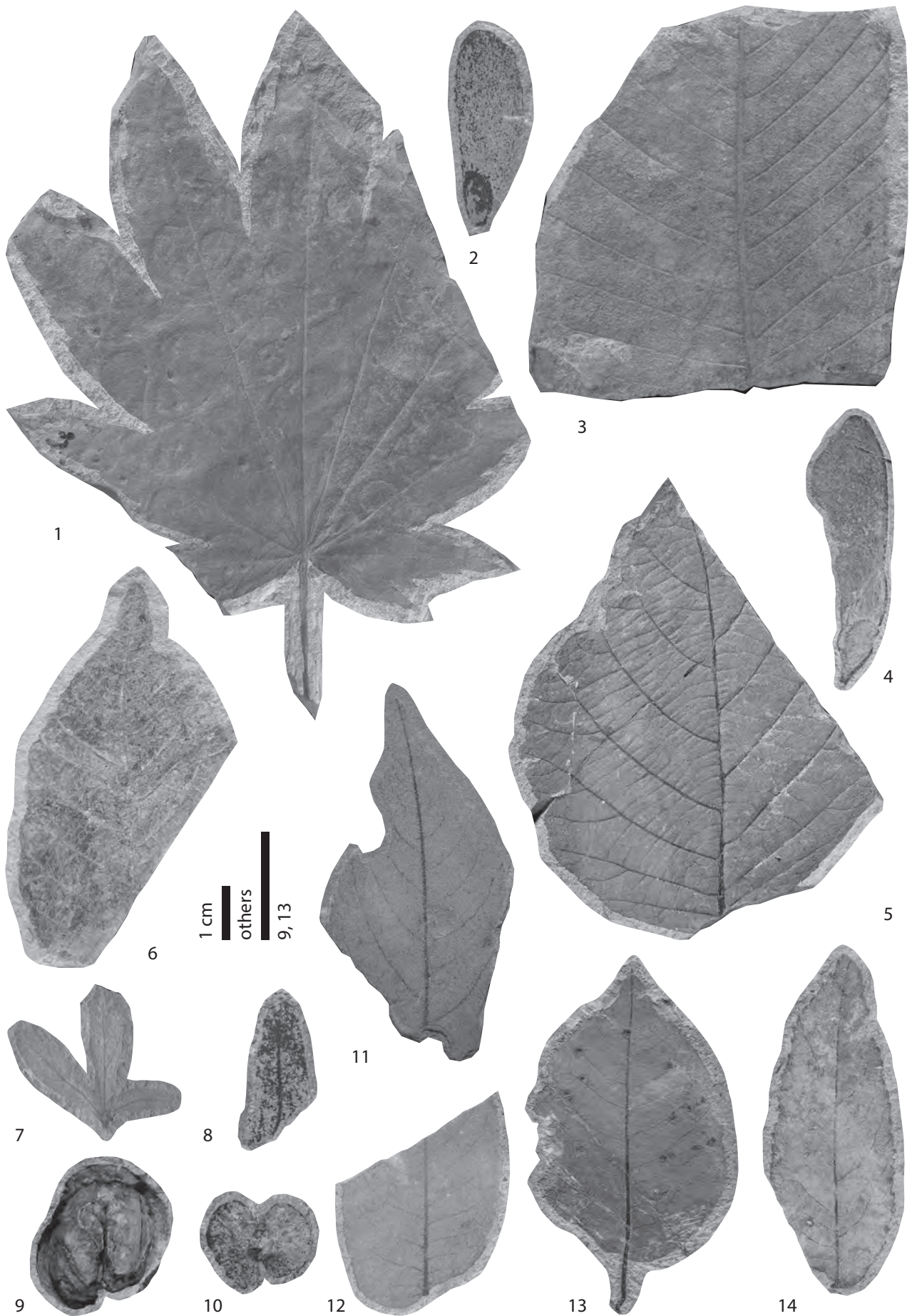
図 11-1

Acer protojaponicum Tanai et Onoe, 1959, p. 21, pl. 6, figs. 5, 7, 8.

9~11の裂片に浅裂する掌状葉で、葉縁は粗い重鋸歯、基部は浅い心型、裂片の先端は鋭角で尖らない。2次脈は直接主要な鋸歯に入る。細脈には大型の網目が良く発達し脈端は複数回分岐する。以上の特徴から、カエデ節のカエデ属に同定される。外径的な特徴はす

→ 図 11. 若松沢層産植物化石. スケールは 1cm.

1. *Acer protojaponicum* Tanai et Onoe, KRMSHA 2-4-WMU-22; 2. *Acer* sp., samara, KRMSHA 2-4-WM-28; 3. *Phyllites* sp. A, KRMSHA 2-4-WMU-23; 4. *Acer ezoanum* Oishi et Huzioka, KRMSHA 2-4-WM-33; 5. *Vinea hokkaidoana* (Tanai) Tanai, KRMSHA 2-4-WMU-24; 6. Anacardiaceae gen. et sp. indet., KRMSHA 2-4-WMU-29; 7, 8. *Palaeocarya koreanica* (Oishi) Manchester, 7, NSM PP-16332, 8, part of wing, KRMSHA 2-4-KS-13; 9. *Juglandaceae* gen. et sp. indet. (*Juglans* or *Carya*), nut, KRMSHA 2-4-KS-14; 10. *Pterocarya kryshstofovichii* Chelebaeva, KRMSHA 2-4-KS-15; 11-13. *Pterocarya* sp. cf. *P. nigella* (Heer) Wolfe, 11, KRMSHA 2-4-MO-3, 12, KRMSHA 2-4-WM-29, 13, KRMSHA 2-4-WM-30, 14. *Carya* sp., KRMSHA 2-4-WM-31.



べて *Acer protojaponicum* Tanai et Onoe に同定できる。本種は前期中新世の紫竹植物群から報告され (Tanai and Onoe, 1959), その後日本各地の中新統から報告されている。若松層からの産出は本邦でもっとも古い記録となる。

Acer yamanae Tanai et Ozaki
(ヤマナサトウカエデ)

図 10-11

Acer yamanae Tanai et Ozaki, 1977, p. 588, pl. 3, figs. 1, 7-11; text-fig. 5, F, G; text-fig. 6, E, F.

遊離した中型の翼果で, 幅広い翼とやや長めの半円形の種子, 接続部の著しいくびれが特徴。Contact scar は長く、外線となす角度はおよそ 50°。以上の形態的な特徴から, 標本は *Acer yamanae* に同定できる。

本種は辰巳峠層 (上部中新統) から報告されたのち, 環日本海域の前期~後期中新世植物群から報告されている (Tanai, 1983)。

Acer sp.
(カエデ属の一種)

図 11-2

遊離した翼果 1 点である。翼の脈系は保存されていないが, 直線状の contact scar が見られたためカエデ属と同定した。Contact scar と翼外線はほぼ直行し, 種子部が扁平である特徴から, イタヤカエデ節に属する可能性があるが, 既報の種に一致するものがないため種名を保留した。

Plantae incertae sedis 類縁の不明なタクサ

Genus *Phyllites* フィリテス属
Phyllites sp. A
(フィリテス属の一種 A)

図 11-3

左右が非対称の単葉ないし小葉で, 葉縁および上下端が保存されていない。脈の走向から長楕円形の葉と

推測される。主脈は強く直線状。2 次脈は互いに平行で緩くカーブし, 葉縁近くで分岐する。2 次脈間の 3 次脈は細く直線状ないし外に凸となって密に配列する。極めて不完全な葉だが, 左右が著しく非対称な特徴から, 複葉の小葉の可能性もある。単葉であれば, ニレ属などの可能性があるかもしれない。*Phyllites* は類縁の不明な葉を意味する形態属

Phyllites sp. B

(フィリテス属の一種)

図 12-3

のぎ状の単鋸歯を持つ葉で, 強い主脈と互いに並行な 2 次脈, 2 次脈間を繋ぐ直線状の 3 次脈が特徴。

Genus *Monocotylophyllum* モノコティロフィルム属

Monocotylophyllum sp.

(モノコティロフィルム属の一種)

図 12-7

2 段階の太さからなる平行脈をもつ線状葉で, 単子葉類の葉と判断される。詳細不明のため, 単子葉類の葉を意味する形態属 *Monocotylophyllum* に同定した。

Genus *Carpolithes* カルポリテス属

Carpolithes sp. A

(カルポリテス属の一種 A)

図 12-4

小型円形の種子であるが, 表面装飾等の詳細は保存されていない。*Carpolithes* は種子・果実を意味する形態属。

Carpolithes sp. B

(カルポリテス属の一種 B)

図 12-5

長楕円形の種子または果実で, 長さ 13mm, 幅 6mm。先端も基部も鈍端で全体に狭い翼を持つ。

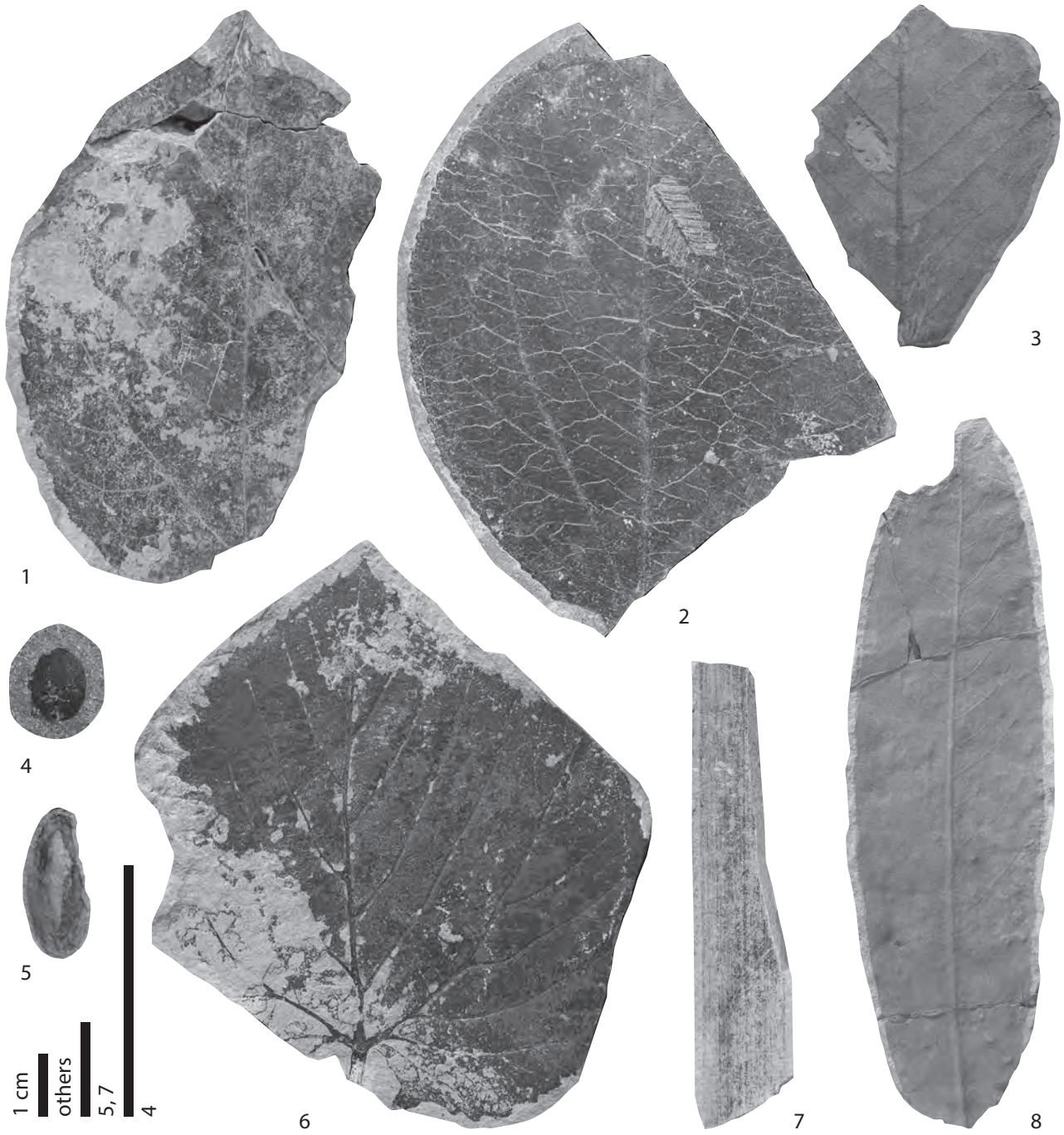


図 12. 若松沢層産植物化石．スケールは 1cm.

1, 2. *Populus* sp. cf. *P. yubariensis* Tanai, 1, KRMSHA 2-4-WMU-30, 2, KRMSHA 2-4-MO-4; 3. *Phyllites* sp. B, KRMSHA 2-4-MO-5; 4. *Carpolithes* sp. A, KRMSHA 2-4-KS-16; 5. *Carpolithes* sp. B, KRMSHA 2-4-KS-18; 6. *Platanus* sp., KRMSHA 2-4-WMU-25; 7. *Monocotylophyllum* sp., KRMSHA 2-4-MO-6; 8. *Salix* sp., KRMSHA 2-4-WM-32.

6. 議論

6-1. 若松沢植物群の特性

若松沢植物群は現在の日本の温帯性落葉広葉樹林の主要構成グループである, ブナ科の落葉グループ(ブナ属, コナラ属, クリ属)をはじめ, クルミ科・ムクロジ科・カバノキ科の種が多様で産出数も多い特徴がある。針葉樹についてはマツ科とヒノキ科が多様で, 中新世以降の化石群集で普通に見られる属種を多く含む。針葉樹類には, 現生種の分布が暖温帯に限定されるコウヤマキ属 *Sciadopitys* やアブラスギ属 *Keteleeria*, メタセコイア属 *Metasequoia* に加え, 亜熱帯域におよぶスイショウ属 *Glyptostrobus* を含むが, 化石種の分布を見ると, これらの現在の分布は遺存的なものだと捉えた方がよい。

広葉樹類の種構成を見ると, 石狩炭田や釧路炭田などの中期始新世やそれ以前の群集から知られる分類群(*Platanus* spp., *Planera ezoana*, *Zelkova kushiroensis*, *Palaeocarya koreanica*, *Vinea hokkaidoana*, *Populus yubariensis*) も少なくないが, それらの群集に含まれていたヤシ類やソテツ類などの温暖環境を示唆するグループを欠き, 代わってブナ科やクルミ科, カバノキ科などに若松沢層の層準になって出現した種を多く含む (Uemura and Tanai, 1993; Tanai, 1994, 1995)。従来, 中新世以降にしか知られていなかった広葉樹種は *Celtis miobungeana*, *Acer ezoanum*, *A. palaeorufinerve*, *A. protojaponicum* および *A. yamanae* の5種があるが, これらの古第三紀の記録については研究が不十分であり, 他の構成要素を加味すると, 現段階では新しい時代を示唆するとも考えるよりも, 各種のレンジがより古い時代まで伸びると解釈した方が合理的である。すなわち, 本植物群の構成は, 新第三紀以降に引き続いた温帯林の萌芽を示すと考えられる。

このように新旧の要素を混在する植物群の特徴は, 汎世界的な気候変化が影響したと考えられる。新生代古第三紀の前半は中生代から続く温暖気候下であり (Zachos et al., 2001), 北海道付近でも亜熱帯から暖温帯の環境下にあったと考えられている (棚井,

1992b)。温暖期のピークは暁新世から始新世前半にあり, その後, 始新世中頃に寒冷化が始まり, 始新世/漸新世境界には極端な寒冷化によって, 植物の属構成が大きく現代化したと考えられている (棚井, 1992b)。若松沢植物群に見られる多様な温帯性落葉広葉樹は, こうした環境変化の影響を表している可能性が高い。若松沢植物群に見られるマツ科針葉樹の多産も, 古第三紀後半の一般的な傾向として知られる。LePage (2003b) は, 菌根菌が共生するマツ科針葉樹が, 寒冷環境にいち早く適応してこの時期に分布を拡大した可能性を指摘している。

日本における植物相の現代化は, これまで漸新世前半に起こったと捉えられることが多かったが (棚井, 1992b), その根拠の一つとなっていた若松沢層の年代が後期始新世にまで遡りうることが本研究で明らかになった。ほぼ同時期で, 若松沢植物群と同様に現代的な組成を持つ神戸層群の植物相の解明とあわせ, 今後始新世中期以降の植物種や植物相の変化を解明する必要がある。

6-2. 今後の課題

若松沢植物群はユーラシア大陸東縁における植物相の現代化を代表する極めて重要な化石群集である。本研究ではその位置付けについて概略を述べたが, 各構成種をそれぞれのグループの進化系統の中に位置付けて議論するには, まだ資料も研究も十分ではない。追加資料の収集と同時に, 北網圏北見文化センター等で収蔵する標本のさらに詳しい検討が待たれる。

今回, いくつかの分類群について, 中新世以降に知られる種に同定したものがあるが, それらの生息時代範囲や系統的な位置づけを明らかにすることも今後の大きな課題である。そのためには別器官(葉・種子/果実・材・花粉など)の特性も合わせた化石種の総合的解析が必要である。

7. 謝辞

国立科学博物館地学研究部の佐野貴司グループ長には二又安山岩の化学分析を行なっていただき, 年代測

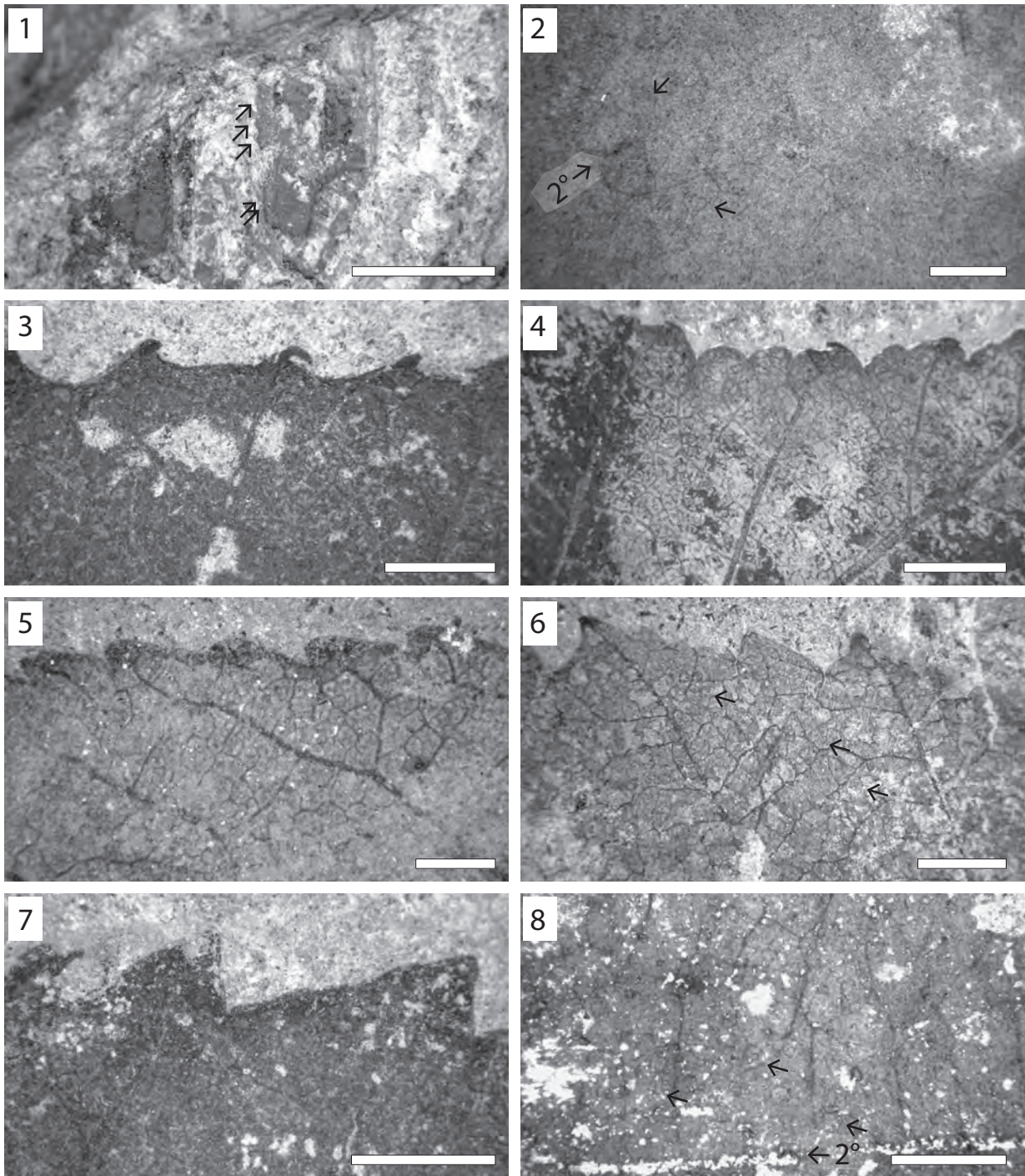


図 13. 若松沢層産植物化石の顕微鏡写真 . スケールは 2mm. 矢印は鋸歯 (1) もしくは脈端 (2, 6, 8) を示す .

1. *Cunninghamia* sp. cf. *C. protokonishii* Tanai et Onoe, KRMSHA 2-4-WMU-26; 2. *Cladrastis* sp., KRMSHA 2-4-WMU-9; 3. *Platanus* sp., KRMSHA 2-4-WMU-25; 4. *Betula* sp. KRMSHA 2-4-WM-26; 5. *Carya* sp. , KRMSHA 2-4-WMU-25; 6. *Betula kitamiana* Uemura et Tanai, KRMSHA 2-4-WMU-21; 7. *Alnus kitamiensis* Uemura et Tanai, KRMSHA 2-4-WM-24; 8. *Castanea fujiyamae* Tanai, KRMSHA 2-4-WMU-15.

定法についてご教示いただいた。同研究部の谷健一郎研究主幹には火山岩の同定をしていただいた。(株) 蒜山地質年代学研究所の藤原泰誠研究員には、年代測定の誤差を縮小するために追加の分析を行っていただき、測定法等について詳しくご教示いただいた。国立科学博物館植村和彦名誉研究員には、いくつかの種の同定において助言をいただいた。北海道教育大学釧路校松原尚志教授には粗校をご覧いただき、本稿の改善のために多くの有益な助言をいただいた。以上の方々にお礼申し上げます。本研究の実施にあたっては、国立科学博物館総合研究「化学層序」(矢部 淳)の経費の一部、およびJSPS 科研費 (JP15H02953, 代表者: 伊藤泰弘) を使用した。

引用文献

- Akhmetiev, M. A. (1973) *Sikhote-Alin Miocene Flora (r. Botchi)*, NAUKA, Moscow. (in Russian)
- Akhmetyev, M. A. and Bratzeva, G. M. (1973) Fossil remains of the genus *Engelhardtia* from Cenozoic deposits of Sikhote-Alin and Southern Primorye. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 16, p. 123–132.
- Budantsev, L. (ed.) (1994) *Fossil Flowering Plant of Russia and Adjacent States, vol. 3, Leitneriaceae–Juglandaceae*. Petropoli. (in Russian)
- Chaney, R. W. (1951) A revision of fossil *Sequoia* and *Taxodium* in western North America based on the recent discovery of *Metasequoia*. *Transactions of the American Philosophical Society, New Series*, 40, p. 171–263.
- Ellis, B., Daly, D. C., Hickey, L. J., Johnson, K. R., Mitchell, J. D., Wilf, P. and Wing, S. L. (2009) *Manual of Leaf Architecture*. Cornell University Press, Ithaca, New York.
- 遠藤誠道 (1942) 吉林省舒蘭炭田及び奉天省撫順炭田産化石植物調査報告. 満洲帝國國立中央博物館論叢, (3), p. 33–43.
- 藤山家徳・浜田隆士・山際延夫 (編) (1982) 学生版日本古生物図鑑. 北隆館, 東京.
- Heer, O. (1853) Übersicht der Tertiärflora der Schweiz. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, 3 (7), p. 88–153.
- Heer, O. (1869) Flora fossilis alaskana. *Kongliga Svenska vetenskaps-akademiens handlingar*, 8 (4), p. 1–41, pls. 1–10.
- Hickey, L. J. (1973) Classification of the architecture of Dicotyledonous leaves. *American Journal of Botany*, 60 (1), p. 17–33.
- Hickey, L. J. (1979) A revised classification of the architecture of dicotyledonous leaves. In, Metcalfe, C. R. and Chalk, L., eds., *Anatomy of Dicotyledons, 2nd edition*, p. 25–39, Clarendon Press.
- Hu, H. H. and Chaney, R. W. (1938) A Miocene flora from Shantung Province, China. Part 1. Introduction and systematic considerations. *Palaeontologia Sinica*, (1), p. 1–82, pls. 1–50.
- Huzioka, K. (1964) The Aniai flora of Akita Prefecture and the Aniai-type floras in Honshu, Japan. *Journal of Mining Collage of the Akita University, Series A*, 3 (4), p. 1–105, pls. 1–18.
- Huzioka, K. (1972) The Tertiary floras of Korea. *Journal of Mining Collage of the Akita University*, 5 (1), p. 1–83, pls. 1–14.
- 石田正夫・沢村孝之助 (1968) 北見地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 川崎.
- Itaya, T., Doi, M. and Ohira, T. (1996) Very low potassium analysis by flame photometry using ultra low blank chemical lines: an application of K-Ar method to ophiolites. *Geochemical Journal*, 30, p. 31–39.
- Itaya, T., Nagao, K., Inoue, K., Honjou, Y., Okada, T. and Ogata, A. (1991) Argon isotope analysis by a newly developed mass spectrometric system for K-Ar dating. *Mineralogical Journal*, 15, p. 203–221.
- 香川良道 (1973) 北見市および隣接地域の化石 — 概説と各論 その 1 若松沢層植物化石 —. 北見郷土博物館

- 紀要, 3, p. 1–22.
- Kimura, T. and Horiuchi, J. (1978a) *Pseudolarix nipponica* sp. nov., from the Palaeogene Noda Group, Northeast Japan. *Proceedings of the Japan Academy*, 54, Series B, (8), p. 429–434.
- Kimura, T. and Horiuchi, J. (1978b) *Cunninghamia nodensis* sp. nov., from the Palaeogene Noda Group, Northeast Japan. *Proceedings of the Japan Academy*, 54, Series B, (10), p. 589–594.
- Kryshstofovich, A. N. (1937) New data on Tertiary flora of Novokievsk and other places of Ussuri region. *Annals of the All-Union Palaeontological Society*, 11, p. 49–57, pls. 1–2. (in Russian)
- LePage, B. A. (2003a) A new species of *Thuja* (Cupressaceae) from the Late Cretaceous of Alaska: implications of being evergreen in a polar environment. *American Journal of Botany*, 90 (2), p. 167–174.
- LePage, B. A. (2003b) The evolution, biogeography and palaeoecology of the Pinaceae based on fossil and extant representatives. *Acta Horticulturae*, 615 p. 29–52.
- LePage, B. A. (2011) A classification system to separate leaves of the Cephalotaxaceae, Taxaceae, and Taxodiaceae. *Japanese Journal of Historical Botany*, 19 (1–2), p. 109–116.
- LePage, B. A. and Basinger, J. F. (1995) Evolutionary history of the genus *Pseudolarix* Gordon (Pinaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 156 (6), p. 910–950.
- MacGinitie, D. H. (1953) *Fossil Plants of the Florissant Beds, Colorado*. Carnegie Institution of Washington, Publication, vol. 599.
- Manchester, S. R. (1987) The fossil history of the Juglandaceae. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 21, p. 1–137.
- Matsubara, T., Ohta, T., Nakamura, Y., Kaneko, N. and Ito, Y. (2020) Deep-sea fossil molluscan assemblages from a new locality in the lowest Miocene Tsubetsu Formation in the Tsubetsu area, eastern Hokkaido, Japan. *Bulletin of the Kitami City Museums*, (1), p. 1–27.
- Miki, S. (1941) Floral remains of the conifer age at Manzidani near Nishinomiya, Japan (preliminary note). *Japanese Journal of Botany*, 11, p. 377–378.
- Morita, R., Titova, L. V. and Akiba, F. (1996) Oligocene-Early Miocene molluscs and diatoms from the Kitami-Tsubetsu area, eastern Hokkaido, Japan. *Science Reports of the Tohoku University, 2nd Series (Geology)*, 63 (2), p. 53–213, pls. 1–12.
- Murai, S. (1962) Geology and paleobotany of the Shizukuishi basin, Iwate Prefecture, Japan (Part II-1). *Report on Technology of Iwate University*, 15 (2), p. 1–34, pls. 1–17.
- 長尾敬介・板谷徹丸 (1988) K-Ar 法による年代測定. 地質学論集, (29), p. 5–21.
- 長尾敬介・西戸裕嗣・板谷徹丸・緒方惟一 (1984) K-Ar 法による年代測定. 岡山理科大学蒜山研究所研究報告, (9), p. 19–38.
- 成田勝雄・近江康一 (1975) 北見市周辺の動物化石について. 北見郷土博物館紀要, 5, p. 31–49.
- Newberry, J. S. (1863) Descriptions of fossil plants collected by Mr. George Gibbs, Geologist of the U.S. Northwest Boundary Commission, under Mr. Archibald Campbell, U. S. Commissioner. *Boston Journal of Natural History*, 7, p. 506–525.
- Nier, A. O. (1950) A redetermination of the relative abundances of the isotopic carbon, nitrogen, oxygen, argon and potassium. *Physical Review*, 77, p. 789–793.
- Oishi, S. (1936) A note on *Engelhardtia* genus, and its occurrence in the Palaeogene of Korea. *Journal of the Geological Society of Japan*, 43, p. 56–59.
- Oishi, S. and Huzioka, K. (1943) Studies on the Cenozoic plants of Hokkaido and Karahuto VI. On the Tertiary *Platanus* from Hokkaido and Karahuto. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido Imperial University, Series 4*, 7 (1), p. 103–115, pls. 15–20.
- Oishi, S. and Huzioka, K. (1954) Tertiary Ulmaceae from Hokkaido and Karahuto (South Saghalin). *Japanese Journal of Geology and Geography*, 24, p. 123–144, 3 pls.

- Ozaki, K. (1979) Late Miocene Tatsumitoge flora of Tottori Prefecture, southwest Honshu, Japan (I). *Science Reports of the Yokohama National University, Section II*, (26), p. 31–56, pls. 1–7.
- 尾崎正紀 (1992) 日本における古第三紀植物群の変遷と古気候変化. *地質調査所月報*, 43 (1/2), p. 69–85.
- 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), 地質調査所.
- Pavlyutkin, B. I., Chekryzhov, I. Y. and Petrenko, T. I. (2012) *Geology and Flora of Lower Miocene in the South Primorye*. Dalnauka, Vladivostok. (in Russian with English abstract)
- 柴田 賢・棚井敏雅 (1982) 北海道第三紀火山岩類の K-Ar 年代. 棚井敏雅 (編), 北海道新第三系生層序の諸問題, p. 75–79. 北海道大学理学部.
- 鹿間時夫 (1964) 日本化石図譜. 朝倉書店, 東京.
- Steiger, R. H. and Jäger, E. (1977) Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, 36, p. 359–362.
- Sternberg, K. v. (1823) *Versuch einer geognostisch – botanischen Darstellung der Flora. der Vorwelt*, fasc. 3. E. Brenck's Witwe, Regensburg.
- 鈴木順雄 (1981) 植物化石. 北見市史編さん委員会編, 北見市史, 上巻, p. 97–104.
- 鈴木順雄・成田勝雄・近江康一・小原則夫 (1974) 北見市若松沢層産の植物化石調査予報. 北見郷土博物館紀要, 4-I, p. 1–12.
- Tanai, T. (1961) Neogene floral change in Japan. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series 4*, 11 (2), p. 119–398, pls. 1–32.
- Tanai, T. (1970) The Oligocene floras from the Kushiro coal field, Hokkaido, Japan. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series 4*, 14 (4), p. 383–514, pls. 3–20.
- 棚井敏雅 (1982) 北海道の新第三紀生層序研究の今後の課題. 棚井敏雅 (編), 北海道新第三紀生層序の諸問題, p. 81–90, 北海道大学理学部.
- Tanai, T. (1983) Revisions of the Tertiary *Acer* from East Asia. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series 4*, 20 (4), p. 291–390.
- Tanai, T. (1990) Euphorbiaceae and Icacinaceae from the Paleogene of Hokkaido, Japan. *Bulletin of the National Science Museum, Series C*, 16 (3), p. 91–118.
- Tanai, T. (1992a) Juglandaceae from the Paleogene of Hokkaido, Japan. *Bulletin of the National Science Museum, Series C*, 18 (1), p. 13–41.
- 棚井敏雅 (1992b) 東アジアにおける第三紀森林植生の変遷. 瑞浪市化石博物館研究報告, (19), p. 125–163.
- Tanai, T. (1994) Betulaceae from the Paleogene of Hokkaido, Japan. *Bulletin of the National Science Museum, Series C*, 20 (3), p. 89–108.
- Tanai, T. (1995) Fagaceous leaves from the Paleogene of Hokkaido, Japan. *Bulletin of the National Science Museum, Series C*, 21 (3, 4), p. 71–101.
- 棚井敏雅 (1999) 東アジアの古第三紀ハコヤナギ属 — 分類と地理的分布 —. *地学研究*, 48 (1–2), p. 3–15.
- 棚井敏雅・福沢仁之 (1981) 北見 - 本岐調査ルート of 層序概要. 棚井敏雅編, 北海道の新第三系生層序, no. 2, p. 37–43. 北海道大学理学部.
- Tanai, T. and Onoe, T. (1959) A Miocene flora from the northern part of the Joban coal-field, Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 10 (4), p. 261–286, pls. 1–7.
- Tanai, T. and Onoe, T. (1961) A Mio-Pliocene flora from the Ningyo-toge area on the border between Tottori and Okayama Prefectures, Japan. *Report of the Geological Survey of Japan*, (187), p. 1–63, pls. 1–18.
- Tanai, T. and Ozaki, K. (1977) The genus *Acer* from the Upper Miocene in Tottori Prefecture, western Japan. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series 4*, 17 (4), p. 575–606.
- Tanai, T. and Suzuki, N. (1965) Late Tertiary floras from northeastern Hokkaido, Japan. *Palaeontological Society of Japan, Special Papers*, (10), p. 1–117, pls. 1–21.
- Tanai, T. and Uemura, K. (1983) *Engelhardia* fruits from the Tertiary of Japan. *Journal of the Faculty of Science,*

- Hokkaido University, Series 4*, 20, p. 249–260.
- Tanai, T. and Uemura, K. (1994) Lobed oak leaves from the Tertiary of East Asia with reference to the oak phytogeography of the Northern Hemisphere. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, (173), p. 343–365.
- 植村和彦・棚井敏雅 (1981) 北見市南部の若松沢植物群とその地質年代. 棚井敏雅 (編), 北海道新第三紀の生層序. 研究連絡誌, no. 2, p. 44–48, 北海道大学理学部.
- Uemura, K. and Tanai, T. (1993) Betulaceae leaves and fruits from the Oligocene of Kitami, Hokkaido, Japan. *Memoir of National Science Museum, Tokyo*, (26), p. 21–29.
- Wolfe, J. A. (1966) Tertiary plants from the Cook Inlet Region, Alaska. *United States Geological Survey Professional Paper*, 398-B, p. 1–32.
- Wolfe, J. A. and Schorn, H. E. (1990) Taxonomic revision of the spermatopsida of the Oligocene Creede Flora, Southern Colorado. *United States Geological Survey Bulletin*, 1923, p. 1–40.
- Yabe, A. and Yamakawa, C. (2017) Revision of *Cunninghamia protokonishii* Tanai et Onoe (Pinopsida, Cupressaceae) from East Asia. *Palaeontological Research*, 21 (4), p. 309–328.
- Yabe, A., Jeong, E.-K., Kim, K. and Uemura, K. (2018) Oligocene-Neogene fossil history of Asian endemic conifer genera in Japan and Korea. *Journal of Systematics and Evolution*, 57 (2), p. 114–128.
- 八木公史 (2006) K-Ar年代測定のための鉱物分離マニュアル. 地質技術, 創刊準備号, p. 19–25.
- 山口昇一・沢村孝之助 (1965) 本岐. 5 萬分の 1 地質図幅説明書. 地質調査所.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E. and Billups, K. (2001) Trends, rhythms, and aberrations in global climates 65 Ma to Present. *Science*, 292, p. 686–693.

Plant macrofossil assemblage from the Wakamatsuzawa Formation (upper Eocene–lower Oligocene) stored at the Kitami Region Museum of Science, History and Art

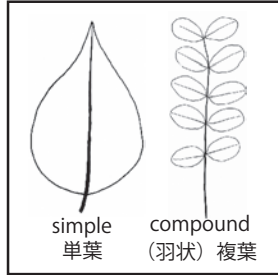
Atsushi Yabe, Yasuhiro Ito, Naotomo Kaneko, Toshikazu Ohta, Yuuki Nakamura and Takeo Ichikawa

Abstract

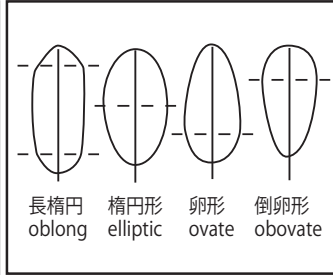
All of the plant macrofossils from the late Paleogene Wakamatsuzawa Formation stored at the Kitami Region Museum of Science, History, and Art were restudied and briefly described systematically. The assemblage contained 51 taxa, comprising 14 families and 33 genera. The majority of its constituents are deciduous angiosperms and conifers common to cooler-temperate forest vegetation during the Oligocene–Miocene, in association with some archaic elements that may have survived from the mid-Eocene warm episode. This assemblage can be considered to represent the onset of modern-temperate forest vegetation. The appearance of such vegetation can be ascribed to the global climate cooling that occurred since the mid-Eocene. The new radiometric age of the Futamata Andesite, which is stratigraphically comparable to the Wakamatsuzawa Formation, clearly indicates that modernization of forest vegetation began as early as the late Eocene.

Key words: Wakamatsuzawa flora, temperate elements, modernization, late Eocene, Kitami, Hokkaido

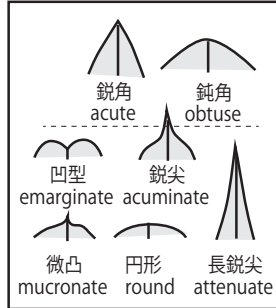
1. 葉の構成 organization



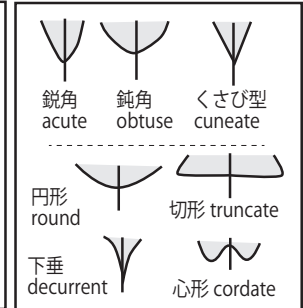
2. 葉の全形 shape



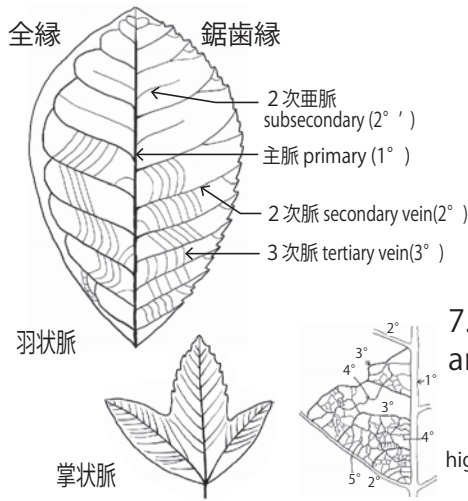
3. 葉頂 apex



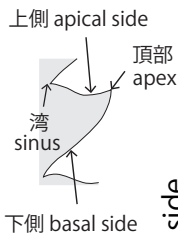
4. 葉基部 base



5. 葉脈の序列 vein category



6. 鋸齒形 tooth shape

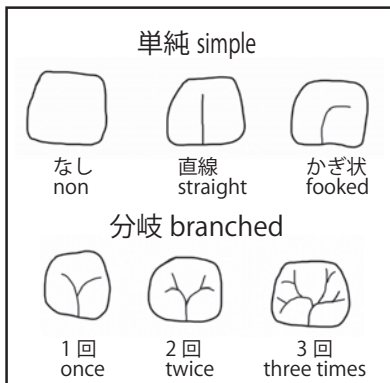


		上側 apical side			
		凸型 convex	直線 straight	凹型 concave	鋭尖 acuminate
下側 basal side	凸型				
	直線				
	凹型				
	鋭尖				

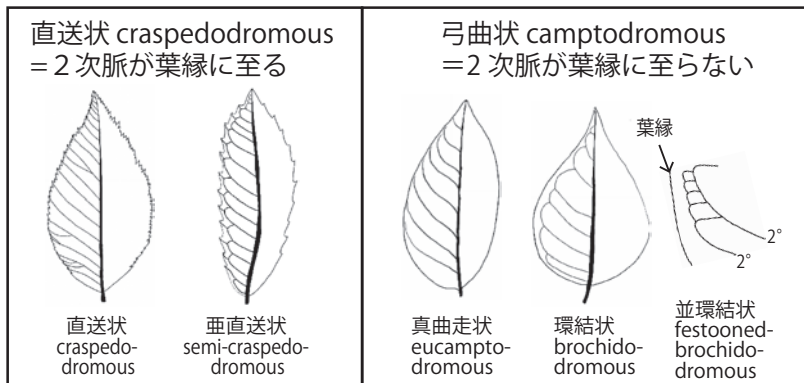
7. 細脈 areolation



8. 脈端 veinlets



9. 2次脈系 secondary vein category



付図 1. 広葉樹の葉の特徴と記載用語. Hickey (1979) を元に作図. 本論で触れた特徴に絞って取りあげた.