

北海道東部川流布 K/T 境界試料の花粉学的検討

高橋 清・山野井 徹*

（1991年9月18日受理）

Palynologic study of Kawaruppu K/T boundary samples in eastern Hokkaido

Kiyoshi TAKAHASHI and Tohru YAMANOI *

Abstract

The junior author, Yamanoi, collected and analyzed 22 siltstone and claystone samples from the Katsuhira Formation spanning the Cretaceous/Tertiary (K/T) boundary in Kawaruppu area of eastern Hokkaido. The K/T boundary was decided on the basis of planktonic foraminifera by Saito et al. (1986). Recently, the senior author, Takahashi, has examined 66 slides which were prepared by Yamanoi and recognized 64 triprojectate, 6 oculata, and 14 other pollen grains which are palynostratigraphically useful (Tables 1 and 2).

However, a remarkable palynofloral change at/near the K/T boundary in Kawaruppu area is not recognized. Especially, many kinds of the triprojectate-oculata pollen did not disappear at the K/T boundary. On the other hand, the major palynofloral change at the K/T boundary in western North America occurred, including the abrupt disappearance of all species of *Aquilapollenites* except *A. spinulosus*, as well as the disappearance of *Wodehouseia spinata*, *Cranwellia striata*, *Proteacidites* spp., and others. They are replaced by such species as *Wodehouseia fimbriata*, *Alnus trina*, and *Carpinus subtriangula* (Lerbekmo et al., 1979). In this region the palynomorph break takes place a few meters above the highest occurrence of dinosaur bones, notably *Triceratops*. In short, the K/T boundary in this region is defined by the palynofloral change.

A climatic condition of biotic change at Kawaruppu in eastern Hokkaido may be different from that in western North America. This problem must be solved in the near future.

* 山形大学教養部地学教室

まえがき

北海道東部の根室層群における K/T 境界の問題に関し、アンモナイトは床潭層下部まで産し、有孔虫およびナンノ化石からは床潭層が Danian であるとしている(吉田・君波, 1980; 吉田, 1981)。また、ナンノ化石によると、K/T 境界は厚岸層の下部又は中部に置かれなければならないとした(岡田他, 1987)。

花粉化石の見地からは、厚岸層および床潭層は Maastrichtian の特徴を有しており、それらの中に境界を置くには無理があり、むしろ、境界は床潭層と霧多布層の間に置くのが妥当であろうと述べた(高橋, 1991)。

他方、十勝地方の川流布地区において、斉藤・山野井・海保(1986)により、浮遊性有孔虫による K/T 境界が定められた。これは活平層上部に当たる。また、彼等は花粉・胞子の消長についても大まかに論述している。

高橋は、筆者の一人山野井の好意により、彼が作製した薄片をすべて鏡下で検討し、花粉・胞子化石の同定を行ない、花粉層位学的検討を行なった。その結果を報告するとともに、北米の西部、内陸西部およびその他の地域の K/T 境界をめぐる花粉群集の変遷との比較検討した結果について述べる。

K/T 境界問題と花粉群集

斉藤他(1986)によれば、川流布におけるデーターは次の如くである。

浮遊性有孔虫による分帯は、奇麗すぎる程に、シャープに白亜紀と第三紀を区分している。

Maastrichtian では、*Globigerinelloides multispina* (Lalicker), *Rugoglobigerina hexacamerata* Bronnimann, *R. rugosa* (Plummer), *R. milamensis* Smith & Pessagno, *R. macrocephala* Bronnimann, *R. scotti* (Bronnimann), *Globotruncanella kefennsoura* Solakius, *G. petaloides* (Gandolfi), *Globigerinelloides volutus* (White) が産出し、Danian では、*Eoglobigerina* sp., *Globigerina fringa* Subbotina, *G. eugubina* Luterbacher & Premoli Silva, *Globorotalia pseudobulloides* (Plummer) が示されている。K/T 境界を示す 6~10 cm の厚さの灰黒色の粘土岩が最上部白亜系と最下部第三系を区分し、フランボイダル黄鉄鉱に富み、鉄が上下の層より 5 倍以上も集中していると云う。花粉・胞子群集については、最上部白亜紀は羊歯植物孢子-被子植物花粉に富み、境界の粘土岩には、羊歯植物孢子が優勢であり、第三紀に入ると松科花粉が優勢であると云う。最も明瞭な植物群の変化は境界を示す粘土岩の基底に起っている。そこでは、被子植物花粉-裸子植物花粉が著しく減退し、羊歯植物孢子が劇的に増加している。K/T 境界における花粉学的変化のパターンは北海道東部と北米の内陸西部と同じであると強調した。

K/T 境界問題がパリノロジーと関連して最もよく研究されているのは、北米西部・内陸西部の地域の K/T 境界である。

(1) カナダの Alberta 州の南-中央部の Red Deer 溪谷では、Edmonton 層群の Scollard 層の Nevis 石炭層の最上部に近く、20 cm の厚さのベントナイトの上 1.5m に中心をおく 2m 間隔

の中に花粉群集の交代がある。それは、*Aquilapollenites spinulosus*を除き、少なくとも10種の*Aquilapollenites*が消滅し*Wodehouseia spinata*, *Cranwellia striata*, *Proteacidites* sp. その他が消滅し、*Wodehouseia fimbriata*, *Alnus trina*, *Carpinus subtriangula*が出現する。この層準にK/T境界が設定された。恐竜化石(*Triceratops*)の最上部産出層準はK/T境界下6mであり、Nevis石炭層下~4.5mである。4枚のベントナイト層のK-Ar年代が測定され、K/T境界から1m下の試料で63.0~63.5Maを示し、11m上位で62.7~63.0Maを示している。古地磁気のデーターでは、SFデーターに従えば、境界はanomaly 29の始まる前の逆磁極帯にあり、scollard層に於けるanomaly 29と30の間の逆磁帯の厚さは30mであり、これは470,000年の時間の長さを示す。恐竜の最後の遺体の埋没はanomaly 29の始まる前約120,000年であり、この地域での恐竜と花粉群集の消滅の間の時間の食違いは約90,000年である(J. F. Lerbekwo 他, 1979)。

(2) 同様な事がHell Creek (Lance)-Fort Union層の境界のあるMontana, Wyoming, Dakotaでみられる。

東-中央部MontanaのHell Creek層の標準地域で、*Triceratops*の骨がHell Creek層の最上部の下9~17mで産出し、同じ地域で恐竜の骨が、花粉群集の交代とHell Creek/Fort Union境界を示すZ石炭の基底4m内に発見された。南-東部WyomingのLance層の標準地域の最上位の恐竜の骨の産出はFort Union層の基底を示す褐炭の、同じ花粉群集交代を示す層準の下約3mである(J. F. Lerbekwo 他, 1979; B. D. Tschudy & E. B. Leopold, 1979; R. H. Tschudy, 1970)。

南東部WyomingのLance層(Late Getaceous)/Fort Union層(Paleocene)の間花粉群集(assemblage AとB)の交代はAlbertaのものと同様な変遷を示す(Leffingwell, 1970)。

(3) *Aquilapollenites*の多数の消滅と関連して、白亜紀の種数の75%が境界で消滅している。これは北の方に増加する傾向を示す。他では、白亜紀の種数の50%を越える消滅はあまりない。北米西部にだけ最後の恐竜と植物の両方を含む層位学的なセクションが観察された。

Albertaでは、植物の交代は恐竜層準より6m高く、東-中央部Montana、北西部Wyomingと南東部Wyomingでは植物の交代は最小限2~3m上位であり、Coloradoでは交代は最後の恐竜の上位で、明記されていない距離にある。North Dakotaでは、花粉群集の1/3と大型植物群集の1/2が境界の下10mからのセクションを通して消滅した。消滅の似たレベルはClarkforkian大型植物群(最晩期漸新世)とWasatchian大型植物群(初期始新世)の比較によっても見られる。植物と恐竜の消滅の時期がずれており、全般的な生物の突然の大変動が起ったようにみえない。白亜紀での温度勾配が低いにもかかわらず、北半球の植物群は、より高緯度では、より冷涼温度の形態を示すものが増加している。

陸上植物の交代のパターン、白亜紀末-漸新世初期の花粉植物群の冷涼種の増加、米国西部の鋸歯葉植物のパーセントの増加、恐竜の減退、植物と恐竜の消滅の同時性の欠如は気候の冷涼化と矛盾しない(L. J. Hickey, 1981)。

(4) 北東部New MexicoのRaton Basinにおける淡水沼沢地に堆積したRaton層にK/T境界がある。これは、花粉群集により、York峡谷でRaton層の基底の上約80mの2枚の石炭層の間の3mの間隔の中に確定された。花粉は*Proteacidites*, "*Tilia*" *wodehouseii* Anderson,

Gunnera, *Trichopeltinites* が石炭層の基底に接した泥岩 (YC121 試料) で急速に消滅する。対照的に *Ulmipollenites* と 10~15 の他の種が消滅しなかった。YC121 試料の直接の上の試料は羊歯植物胞子の注目に値する増加を示し、被子植物花粉はまばらになる。この境界には Ir の 5000parts/trillion に至る集中した異常が認められる。この異常帯における $^{244}\text{Pu}/\text{Ir}$ atom ratio は $\leq 1 \times 10^{-7}$ で、超新星事件から期待されるより 2 オーダー低い数量である (C. J. Orth 他, 1981)。

(5) C. L. Pillmore 他 (1984) は New Mexico と Colorado における数地点において総括的に記述した。

New Mexico:—

York 峡谷: Raton の西 50 km の York 峡谷のボーリング試料で、カオリナイトに富む境界の粘土の上の薄い石炭の基底が Ir 異常 (5.6ng/g) をもっている。境界は Vermejo 層の上端の上約 80m であり、Trinidad 砂岩の上端の上 170m にある。*Proteacidites* 群集は Ir 異常の層で消滅し、羊歯植物胞子の被子植物花粉への割合は顕著に変わる。

Raton: Raton 市の西 1 km の Climax 峡谷公園の旧 Raton 峠道路に沿った切割で約 1ng/g の Ir 異常が *Proteacidites* 群集の消滅と一致する。境界は薄い石炭層の基底下約 5 cm の所にある 2 cm のカオリナイト粘土の上端にある。

Sugarite: Sugarite 石炭は Sugarite 旧市に近い谷底の上約 150m の峡谷の東の壁の地すべりの跡に露出している。下位の帯は薄いので、Sugarite 石炭層は Trinidad 砂岩の上端の上約 30m にあり、Raton barren series の崖を作る砂岩の基底下 3m である。Sugarite では、石炭層は 1.8m の厚さで、2 つの薄い部分を含んでいる。炭質頁岩は石炭の基底上 40 cm で、カオリナイトに富む境界粘土は 2~4 cm の厚さで上端の下 15 cm にある。この粘土は Ir が 2.7ng/g 集中し、*Proteacidites* 群集の消滅がみられ、羊歯植物胞子/被子植物花粉の割合が変わる。

New Mexico の他の地点: 4 地点で同じ様に境界の粘土を観察した。

Colorado:—

Starkville と Clear Creek: K/T 境界は Starkville 出口の南 3.2 km の Starkville North の I-25 の東側の道路の切割で舗道レベルの上 34m で、50 cm の厚さの炭質頁岩層の中にあった。花粉記録の変わり目で、厚さ 0.5 cm の薄い黒色の炭質頁岩中に 6ng/g の Ir の集中を測定した。頁岩は主にカオリナイトから成り、花粉が少なく、羊歯植物胞子/被子植物花粉の割合が 21% から 98% に変化する。比率は頁岩層の上 10 cm 内で 22% 胞子に回復する。頁岩は境界粘土で 2 cm の厚さのカオリナイト粘土の淡色の層の上にある。

Starkville South では、最も強い Ir 異常 (56ng/g) を測定した。花粉群集、胞子/被子植物花粉の割合は Starkville North と同じである。I-25 からの Spring Creek の出口近くの Clear Creek North と Clear Creek South で境界を認めた。ここでは Ir 異常が 25 と 27ng/g で、花粉の変化と羊歯植物胞子/被子植物花粉の割合の逆転を示す。

Madrid: Starkville の 10 km 西の Madrid の近くの鉄道の切割に沿って、Ir 集中 8ng/g が 1~3 cm の厚さの白く風化した境界粘土層の上端にある薄い暗色頁岩の中で測定された。*Proteacidites* 群集が消滅し、羊歯胞子/被子植物花粉の比率が他の地域と同じく、Madrid の境界粘土の上端で変わる。

他の地点：K/T 境界におけるカオリナイト粘土は Purgatoire 峡谷の 2 km の露頭に沿って、Madrid の西 1.2 km の地点に追跡された。境界粘土は Raton 盆地に広い地域に広がる単層である。

(6) 北米内陸西部の白亜紀植物群は Ir を含む層が堆積した時大いに妨害された事をパリノロジーのデーターが示す。i) 白亜紀の植物群は滅され、或る種数は Ir 異常のレベルで急速に、正確に消滅した。ii) 羊歯植物胞子が多く一被子植物花粉が少ないパーセントで境界層の上を直接あらわす。iii) 腐泥を含み、フジニットと減った有機物が境界層と上の石炭層の試料に存在する。iv) 羊歯植物胞子が少く一被子植物花粉が多いパーセントへの植物群の回復は境界層の上数 cm の中に起る。これらの観察は白亜紀末の大変動が植物の広範囲に及ぶ破壊と若干の植物種の急速な消滅に影響を与えている。植物の破壊は全体ではなかった。再び群落を作る核を供給する広くちらばった場所に避難場所があった。羊歯植物が最初の侵入者であった。これらは境界の事件から助かった被子植物が優勢を徐々に再確立するにつれ急速に締出された。火山噴火、洪水、森林火災の様な大きな生態的危機に続く後の植生は以前と同じではない。その様な危機は新しい生物の広がる機会を供給する。結果として生まれた植物界は大抵以前のものと異なるものとなる。(R. H. Tschudy 他, 1984)。

(7) Saskatchewan 南部の K/T 境界はほぼ Frenchman 層 (Maastrichtian 後期) と Ravenscrag 層 (Paleocene 前期) との接触部にある。これらの層はそれぞれ Montana の Hell Creek 層と Fort Union 層に相当する。Saskatchewan と Montana の Maastrichtian の花粉群はよく類似しているが、これらと New Mexico のものとの間には重要な違いがある。北の群集は南におけるものより *Aquilapollenites* と裸子植物花粉が高い率で産出する。*Aquilapollenites* (7 種)、*Proteacidites* spp., *Gunnera microreticulata*, *Cranwellia rumseyensis*, *Leptopocopites pocockii*, *Marypiletes cretacea*, *Liliacidites complexus* と *Ephedra cretacea*。

K/T 境界に羊歯胞子が多いのは New Mexico や Montana のそれに似ており、種の多様化は低く、出現パーセントが高い事で特徴されている。*Laevigatosporites haardtii* が優勢種である。

第三紀では、*Triporopollenites* の花粉のみが最下部第三紀の植物群に新しく出現する。Paleocene の属 *Momipites* は境界の上 5.5 m に出る。石炭からは風媒双子葉植物花粉 *Triporopollenites*, *Ulmipollenites* や単子葉植物花粉 *Arecipites* が出る。スギ科或はヒノキ科の裸子植物花粉は出現率が上下するが、或試料では優勢である。*Sphagnum* 胞子は顕著である。

Saskatchewan の K/T 境界の生態的变化と消滅の証明にもかかわらず、大抵の植物が白亜紀末の事件から助かった。或る花粉学的資料は地域の古気候が白亜紀最後期から第三紀最初期に本質的に安定で、若し古気候が変わったとしても、悪化は極く短い間であった事を示す。*Arecipites* と *Pandaniidites* の花粉は白亜紀と第三紀を通して出現する。これらの種はヤシ科植物やタコノキ属で東南アジアやインドマレーシアに現存するものに似ている。K/T 境界を横切って出るとは古気候の変化が十分で、継続的なものでなかった事を示すと思われる。

しかし、白亜紀末の消滅を引き起したのは何かは 1 世紀以上も論争されたが、問題は決して解決されていない。1) 惑星又は大流星が地球と衝突して地球の生態系を荒廃させたと言う説を地球化学的なそして鉱物学的な観察が支持している様にみえる。この様な事件が地球をとり

まく塵の雲を引き起し、太陽光を遮り、気候を悪化させ、多くの植物を消滅させた。他の種類のものが、避難所にあったもの、種子或は根茎から生き残りにより復旧し得た。北米西部の K/T 境界を横切る花粉学的記録によって示された消滅、生き残り、回復のパターンはそのシナリオに適合している。花粉学は地球の歴史の最も好奇心をそそる問題の 1 つである中生代の終りの意味深長な変化の性質と原因を理解するのに貢献しつつある。(D. J. Nichols et al. 1986: D. J. Nichols, 1990).

(8) 海成層における境界:

Italy の Gubbio (Umbrian Apennines) では上部白亜紀の *Globotruncana* が消え、第三紀の *Globigerina eugubina* が出現する。ココリスも同様に急に変化する。白亜紀と第三紀の間に 1 cm の厚さの粘土層がある。この層は CaCO_3 がなく、生物学的変化の記録がない。さらに、境界はピンク石灰岩が白色である最上部白亜紀層の 1 つの zone で特徴付けられている。この zone は 0.3–1.0m の厚さで、場所により変る。下部の境界は徐々に色が変わり、上部の境界は急に変わり、動植物群の消滅と一致する。1 つの section で境界粘土の下部 5 mm が灰色で、上部 5 mm が赤色である。かくして、粘土層の中部に zone の上部の境界を置く。赤色粘土に Ir が豊富で 9.1ppb である (L. W. Alvarez 他, 1980)。

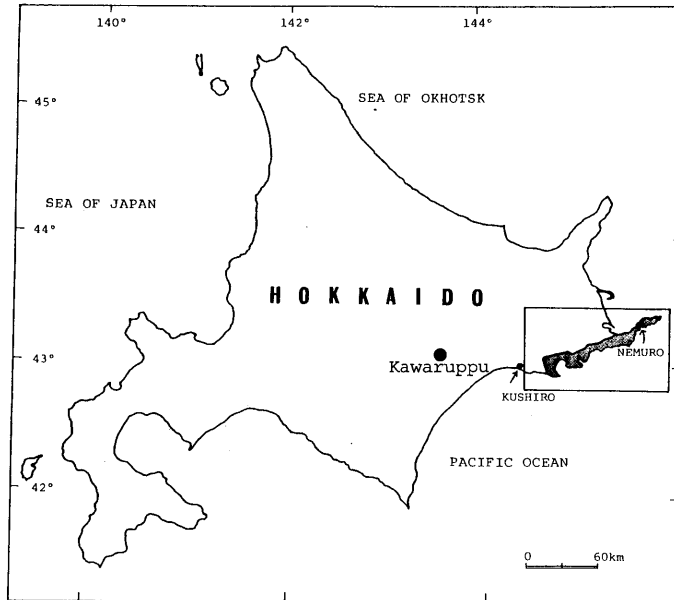
Denmark の Copenhagen の南 50 km の Stevns Klint の海崖に K/T 境界がある。これは厚さ 35 cm の Fiskeler (fish clay) によって特徴付けられている。Højrup church の fish clay は 4 つの薄い層に分けられ、これらの層 (unit III と IV) は黒色又は暗灰色で、下部のものは黄鉄鉱の concretion を含んでいる。Unit II と V の層は淡灰色である。Fish clay の上は Cerithium 石灰岩が 50 cm の厚さで存在する。Danish sequence は浅海のものである。有孔虫とココリスは同様に変化する。境界の Ir は 41.6 ± 1.8 ppb である (L. W. Alvarez et al., 1980)。Fish clay の花粉・胞子は Kedves (1979, 1980) によって報告されているが、Normapolles 植物区であり、ここでは内容については略す。

以上の他、Spain, Tunisia, 多くの DSDP holes で、いずれも K/T 境界で浮遊性有孔虫の消滅が認められる。

K/T 境界にみられる Ir の濃集は多くの地点で認められている。北米西部の非海成層においても New Mexico, Colorado, Wyoming, North Dakota, Montana, Saskatchewan, Alberta においてみとめられている。この物質は、超新星の爆発、巨大隕石の地球との衝突などにより、地球外からもたらされた事は確実と考えられるが、その事件自身が地球上の生物を消滅させ得たとは考え難い。恐竜の消滅はこの事件より以前である。その様な事件が原因となったかも知れないが、植物界の変遷からは古気候の変化—長い期間の冷涼化とは必ずしも考えられない—が白亜紀末に起った。Paleocene において暖かい種類のものが出現している。

試料と検出花粉

筆者の一人、山野井が採集した試料は、北海道東部川流布地区の活平層の中で、浮遊性有孔虫で決定された K/T 境界粘土層下底から約 30 cm 下位から、下底から 50 cm 上位の間の 22 個である (第 2 図参照)。



第1図. 北海道東部の川流布の位置図. 網目で示す地区は根室層群

この論文では、花粉層位学的に有用と考えられる、triprojectate花粉、oculata花粉、その他若干の花粉に注目し、それらの産出層準を検討した結果は次の通りである。

試料 MKW318 : シルト岩

Aquilapollenites conatus Norton, *A. drumhellerensis* Srivastava, *A. parvus* Takahashi, *A. cf. quadrinus* Takahashi, *A. sp. a*, *A. sp. b*, *Betulaepollenites minutulus* Takahashi, *B. normalis* Takahashi, *Callistopollenites comis* Srivastava, *Cranwellia striata* (Couper) Srivastava, *Fibulapollis cf. hamulatus* Takahashi, *F. pusillus* Takahashi, *Hemicorpus* sp. *Integricorpus cf. mtchedlishvili* (Srivastava) Takahashi, *I. sp.*, *Orbiculapollis globosus* Chlonova, *O. moderatus* Takahashi, *Paraalnipollenites confusus* (Zaklinskaja) Hills & Wallace, *Pentapollenites* sp. a, *Ulmoideipites fornicatus* Takahashi, *Wodehouseia edmontonicola* Wiggins, *W. spinata* Stanley.

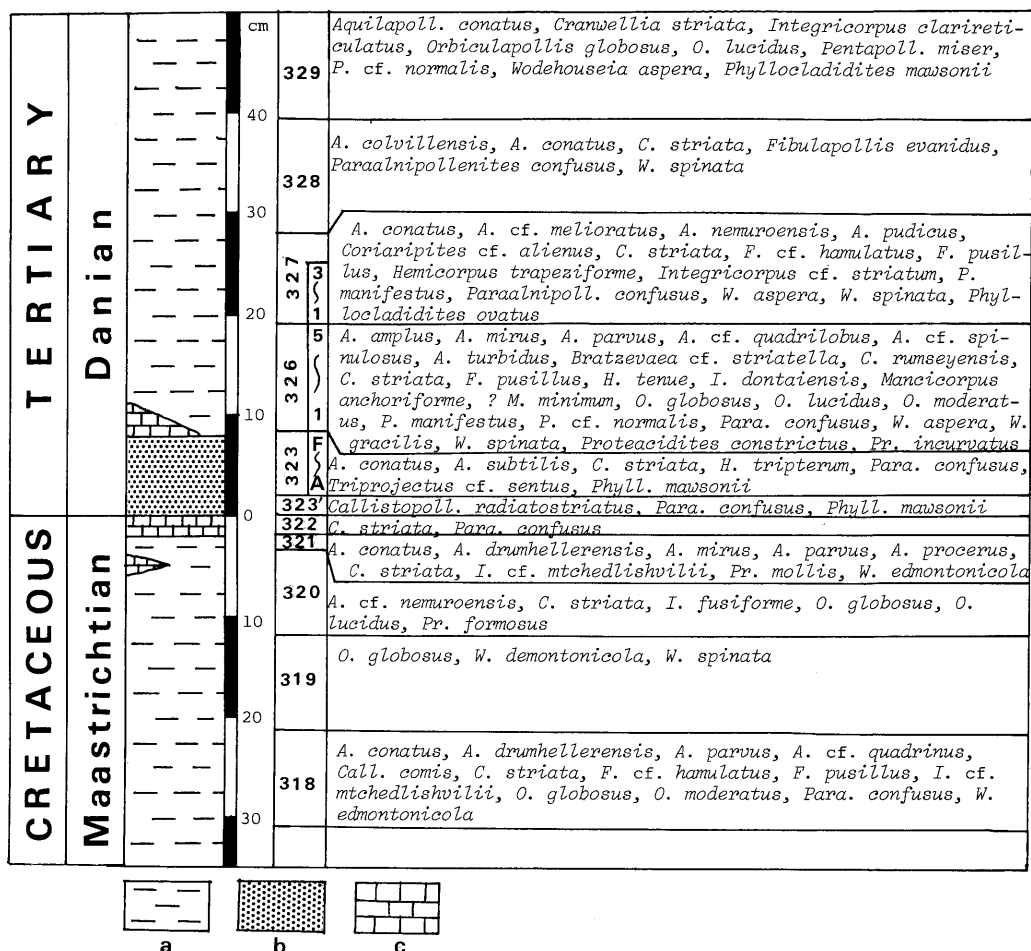
試料 MKW319 : シルト岩

Aquilapollenites sp. c, *Betulaepollenites normalis* Takahashi, *Hemicorpus* sp. b, *Orbiculapollis globosus* Chlonova, *Wodehouseia edmontonicola* Wiggins, *W. spinata* Stanley.

試料 MKW320 : シルト岩

Aquilapollenites cf. nemuroensis Takahashi, *Betulaepollenites normalis* Takahashi, *Cranwellia striata* (Couper) Srivastava, *Hemicorpus* n. sp., *Integricorpus fusiforme* B. D. Tschudy, *Orbiculapollis globosus* Chlonova, *Proteacidites formosus* Samoilovich, *Ulmipollenites undulipunctatus* Takahashi.

試料 MKW321 : シルト岩



第2図. 川流布における K/T 境界付近の岩相，試料番号および主要花粉。

a: シルト岩， b: 粘土岩（黄鉄鉱に富む）， c: 石灰岩

Aquilapollenites conatus Norton, *A. drumhellerensis* Srivastava, *A. mirus* Takahashi, *A. parvus* Takahashi, *A. procerus* Samoilovich, *Betulaepollenites normalis* Takahashi, *Cranwellia striata* (Couper) Srivastava, *C. sp.*, *Integricorpus cf. mtchedlishvili* (Srivastava) Takahashi, *Orbiculapollis globosus* Chlonova, *O. lucidus* Chlonova, *Proteacidites mollis* Samoilovich, *Triporopollenites suzuki* Takahashi, *Tripoprojectus sp. a*, *Wodehouseia edmontonicola* Wiggins, *W. Spinata* Stanley.

試料 MKW322: 泥質石灰岩

Cranwellia striata (Couper) Srivastava.

以上が K/T 境界より下位のデータである。上記の花粉はすべて Maastrichtian として矛盾しない。

試料 MKW323': 粘土岩

Callistopollenites radiatostratus (Mtchedlishvili) Srivastava, *Integricorpus n. sp.*, *Phyllocladidites mawsonii* Cookson, *Wodehouseia spinata* Stanley.

試料 MKW323-A : 粘土岩

検出なし.

試料 MKW323-B : 粘土岩

検出なし.

試料 MKW323-C : 粘土岩

Aquilapollenites subtilis Mtchedlishvili, *Ulmoideipites fornicatus* Takahashi.

試料 MKW323-D : 粘土岩

Aquilapollenites conatus Norton, *Cranwellia striata* (Couper) Srivastava, *Hemicorpus tripterum* Takahashi, *Paraalnipollenites confusus* (Zaklinskaja) Hills & Wallace, *Phyllocladidites mawsonii* Cookson.

試料 MKW323-E : 粘土岩

検出なし.

試料 MKW323-F : 粘土岩

Paraalnipollenites confusus (Zaklinskaja) Hills & Wallace.

試料 MKW323 はいずれも花粉・胞子の検出個体数が極端に少ない. 特に, MKW323-A, MKW323-B, MKW323-E, MKW323-F は少ない. 斉藤他 (1986) によれば, この層準では 羊歯植物胞子の出現パーセントが高いと云う. しかし, 全般的に出現個体数が少ない事もあり, 正確さを欠くくらいはあるが, この事は北米西部および内陸西部の K/T 境界粘土層に見られるものと同じ傾向を示す.

試料 MKW326-1 : シルト岩

Aquilapollenites amplius Stanley, *A. parvus* Takahashi, *A. cf. quadrilobus* Rouse, *A. sp. f.*, *Bratzevaea cf. striatellus* Takahashi, *Cranwellia striata* (Couper) Srivastava, ? *Mancicorpus minimum* (Chlonova) Stanley, *Orbiculapollis globosus* Chlonova, *O. lucidus* Chlonova, *O. moderatus* Takahashi, *Paraalnipollenites confusus* (Zaklinskaja) Hills & Wallace, *Proteacidites incurvatus* Cookson forma minor Samoilovich, *Ulmipollenites undulipunctatus* Takahashi, *Ulmoideipites fornicatus* Takahashi.

試料 MKW326-2 : シルト岩

Aquilapollenites turbidus Tschudy & Leopold, *Cranwellia striata* (Couper) Srivastava, *Fibulapollis sp. a.*, *Integricorpus dongtaiensis* (Zhou) n.comb., *I. cf. fusiforme* B. D. Tschudy, *I. n. sp.*, *Paraalnipollenites confusus* (Zaklinskaja) Hills & Wallace, *Pentapollenites manidestatus* Takahashi & Shimono, *Wodehouseia gracilis* (Samoilovich) Pokrovskaja, *W. sp.*

試料 MKW326-3 : シルト岩

Aquilapollenites sp. d., *A. sp. e.*, ? *A. sp.*, *Cranwellia rumseyensis* Srivastava, *C. striata* (Couper) Srivastava, *Fibulapollis pusillus* Takahashi, *Orbiculapollis sp.*, *Ulmipollenites undulipunctatus* Takahashi.

試料 MKW326-4 : シルト岩

Cranwellia striata (Couper) Srivastava, *Hemicorpus tenue* (Mtchedlishvili) Krutzsch,

Mancicorpus anchoriforme Mtchedlishvili, *Orbiculapollis globosus* Chlonova, *Pentapollenites* cf. *normalis* Takahashi & Shimono, *Phyllocladidites mawsonii* Cookson, *Wodehouseia aspera* (Samoilovich) Wiggins, *W. spinata* Stanley.

試料 MKW326-5 : シルト岩

Aquilapollenites mirus Takahashi, *A.* cf. *spinulosus* Funkhouser, *Orbiculapollis globosus* Chlonova, *Paraalnipollenites confusus* (Zaklinskaja) Hills & Wallace, *Pentapollenites* sp. b, *Phyllocladidites mawsonii* Cookson, *Proteacidites constrictus* Samoilovich.

試料 MKW327-1 : シルト岩

Aquilapollenites nemuroensis Takahashi, *A.* sp. g, *Cranwellia striata* (Couper) Srivastava, *Orbiculapollis globosus* Chlonova, *Paraalnipollenites confusus* (Zaklinskaja) Hills & Wallace, *Pentapollenites manifestus* Takahashi & Shimono, *Proteacidites* sp., *Wodehouseia spinata* Stanley.

試料 MKW327-2 : シルト岩

Aquilapollenites conatus Norton, *A.* sp. h, *Fibulapollis* cf. *hamulatus* Takahashi, *Paraalnipollenites confusus* (Zaklinskaja) Hills & Wallace, *Pentapollenites* sp. d, *Triporopollenites suzukii* Takahashi, *Triprojectus* sp. b, *Wodehouseia* n. sp.

試料 MKW327-3 : シルト岩

Aquilapollenites pudicus Srivastava, *Coriariipites* cf. *alienus* Srivastava, *Cranwellia striata* (Couper) Srivastava, *Fibulapollis pusillus* Takahashi, *Hemicorpus trapeziforme* (Mtchedlishvili) Krutzsch, *H.* n. sp., *H.* sp. c, *Integricorpus* cf. *mtchedlishvilii* (Srivastava) Takahashi, *I.* cf. *stritum* (Mtchedlishvili) Stanley, *Paraalnipollenites confusus* (Zaklinskaja) Hills & Wallace, *Pentapollenites manifestus* Takahashi & Shimono, *P.* sp. c, *Phyllocladidites ovatus* Takahashi, *Proteacidites incurvatus* Cookson forma *minor* Samoilovich, *Wodehouseia aspera* (Samoilovich) Wiggins, *W.* n. sp.

試料 MKW328 : シルト岩

Aquilapollenites colvillensis B. D. Tschudy, *A. conatus* Norton, *A.* cf. *melioratus* Takahashi, *A.* sp. i, *Cranwellia striata* (Couper) Srivastava, *Fibulapollis evanidus* (Chlonova) Takahashi, *F.* sp. b, *Paraalnipollenites confusus* (Zaklinskaja) Hills & Wallace, ? *Pentapollenites* sp., *Wodehouseia spinata* Stanley.

試料 MKW329 : シルト岩

Aquilapollenites conatus Norton, *A.* sp. j, *Cranwellia striata* (Couper) Srivastava, *Integricorpus clarireticulatus* Samoilovich, *Orbiculapollis globosus* Chlonova, *O. lucidus* Chlonova, *O.* sp. a, *Pentapollenites miser* Takahashi, *P. normalis* Takahashi & Shimono, *Phyllocladidites mawsonii* Cookson, *Wodehouseia aspera* (Samoilovich) Wiggins.

K/T 境界より上位に産出した triprojectate 花粉, oculata 花粉, その他の花粉で層位学的に有用とみられる 44 種について, これまでの産出層準について検討した. その結果は次の如くである.

表 1. K/T 境界を挟む Maastrichtian および Danian に見られる triprojectate, oculata およびその他の花粉の出現層準

Horizons and sample nos. Palynomorphs	→ Maastrichtian ←						Danian ←				
	318	319	320	321	322	323'	323	326	327	328	329
Angiospermous pollen:											
Aquilapollenites amplus Stanley								X			
A. colvillensis B. D. Tschudy										X	
A. conatus Norton	X			X			X		X	X	X
A. drumhellerensis Srivastava	X			X							
A.cf.melioratus Takahashi									X		
A. mirus Takahashi				X				X			
A. nemuroensis Takahashi			X(cf)						X		
A. parvus Takahashi	X			X				X			
A. procerus Samoilovich				X							
A. pudicus Srivastava									X		
A. cf. quadrilobus Rouse								X			
A. cf. quadrinus Takahashi	X										
A. cf. spinulosus Funkhouser								X			
A. subtilis Mtchedlishvili							X				
A. turbidus Tschudy & Leopold								X			
A. sp. a	X										
A. sp. b	X										
A. sp. c		X									
A. sp. d								X			
A. sp. e								X			
A. sp. f								X			
A. sp. g									X		
A. sp. h									X		
A. sp. i										X	
A. sp. j											X
? A. sp.								X			
Bratzevaea cf. striatella Takahashi								X			
Callistopollenites comis Srivastava	X										
C. radiostriatus (Mtchedlishvili) Srivastava						X					
Coriariipites cf. alienus Srivastava									X		
Cranwellia rumseyensis Srivastava								X			
C. striata (Couper) Srivastava	X		X	X	X		X	X	X	X	X
C. sp.				X							
Fibulapollis evanidus (Chlonova) Takahashi										X	
F. cf. hamulatus Takahashi	X								X		
F. pusillus Takahashi	X							X	X		
F. sp. a								X			
F. sp. b										X	
Hemicorpus tenue (Mtchedlishvili) Krutzsch								X			
H. trapeziforme (Mtchedlishvili) Krutzsch									X		
H. tripterum Takahashi							X				

表 2. K/T 境界により上位層準 (Danian) にみられる triprojectate, oculata およびその他の花粉の出現範囲

	Coniac.	Santon.	Campan.	Maastr.	Paleocene Danian	
<i>Phyllocladidites ovatus</i>						
<i>Cranwellia striata</i>						
<i>Callistopoll. radiatostratus</i>						
<i>Fibulapollis evanidus</i>						
<i>Phyllocladidites mawsonii</i>						
<i>Aquilapollenites quadrilobus</i>						
<i>Proteacidites constrictus</i>						
<i>Orbiculapollis globosus</i>						
<i>Integricorpus clarireticulatus</i>						
<i>Aquilapollenites turbidus</i>						
<i>Aquilapollenites spinulosus</i>						
<i>Paraalnipollenites confusus</i>						
<i>Wodehouseia spinata</i>						
<i>Aquilapollenites subtilis</i>					— ?	
<i>Hemicorpus tenue</i>						
<i>Hemicorpus trapeziforme</i>						
<i>Integricorpus striatum</i>						
<i>Mancicorpus anchoriforme</i>						
<i>Orbiculapollis lucidus</i>						
<i>Proteacidites incurvatus minor</i>						
<i>Wodehouseia aspera</i>			? ---			
<i>Wodehouseia gracilis</i>						
<i>Aquilapollenites amplus</i>						
<i>Aquilapollenites conatus</i>						
<i>Aquilapollenites melioratus</i>						
<i>Aquilapollenites mirus</i>						
<i>Aquilapollenites nemuroensis</i>				— ? —		
<i>Aquilapollenites parvus</i>				— ? —		
<i>Aquilapollenites pudicus</i>						
<i>Bratzevaea striatella</i>						
<i>Cranwellia rumseyensis</i>						
<i>Fibulapollis hamulatus</i>						
<i>Fibulapollis pusillus</i>						
<i>Hemicorpus tripterum</i>						
<i>Orbiculapollis moderatus</i>						
<i>Pentapollenites manifestus</i>						
<i>Pentapollenites miser</i>						
<i>Pentapollenites normalis</i>						
<i>Triprojectus sentus</i>						
<i>Integricorpus dongtaiensis</i>						

- Aquilapollenites amplus* Stanley (Maastrichtian; Hell Creek: S. Dakota).
- A. colvillensis* B. D. Tschudy (Up. Cretaceous; Colville G.: Alaska).
- A. conatus* Norton (Maastrichtian; Hell Creek, Lance: Montana, Wyoming).
- A. melioratus* Takahashi (Maastrichtian; 宮谷川層: 飛驒).
- A. mirus* Takahashi (Maastrichtian; 宮谷川層: 飛驒).
- A. nemuroensis* Takahashi (Maastrichtian?; 厚岸層, 床潭層: 落石).
- A. parvus* Takahashi (Maastrichtian?; 厚岸層, 床潭層: 厚岸, 落石, 西別).
- A. pudicus* Srivastava (Maastrichtian; Edmonton: Alberta).
- A. quadrilobus* Rouse (Santonian-Maastrichtian; Hell Creek: Montana; Lance: Wyoming; Bearpaw shale: Montana; Pierre shale: S. Dakota, Wyoming; Miner Creek: Montana; Judith River: Montana, Wyoming; Brazeau, Oldman: Alberta; 宮谷川層: 飛驒).
- A. spinulosus* Funkhouser (Maastrichtian-Paleocene; Hell Creek, Lance: Montana, Wyoming; Fort Union: Wyoming).
- A. subtilis* Mtchedlishvili (Maastrichtian-Danian?; W. Siberian lowland).
- A. turbidus* Tschudy & Leopold (Campanian-Maastrichtian; Dawson Arkose, Laramie, Kirtland shale: Colorado; Pierre shale: S. Dakota, Wyoming; Judith River, Claggett shale: Montana).
- Bratzevaea striatella* Takahashi (Maastrichtian; 宮谷川層: 飛驒).
- Callistopollenites radiatostriatus* (Mtchedlishvili) Srivastava (Santonian-Danian; W. Siberian lowland, E. Siberia; 宮谷川層: 飛驒; 厚岸層, 床潭層: 厚岸, 落石, 長節).
- Coriariipites alienus* Srivastava (Maastrichtian; Edmonton: Alberta).
- Cranwellia rumseyensis* Srivastava (Maastrichtian; Edmonton: Alberta).
- C. striata* (Couper) Srivastava (Santonian-Paleogene: 北半球; W. Canada; Scollard: Alberta; 宮谷川層: 飛驒; 厚岸層, 床潭層: 落石).
- Fibulapollis evanidus* (Chlonova) Takahashi (Santonian-Danian; W. Siberian lowland; 有家部層: 種子).
- F. hamulatus* Takahashi (Maastrichtian; 宮谷川層: 飛驒).
- F. pusillus* Takahashi (Maastrichtian; 宮谷川層: 飛驒; 厚岸層, 床潭層: 厚岸, 落石).
- Hemicorpus tenue* (Mtchedlishvili) Krutzsch (Maastrichtian-Danian; W. Siberian lowland; 宮谷川層: 飛驒).
- H. trapeziforme* (Mtchedlishvili) Krutzsch (Maastrichtian-Danian; W. Siberian lowland; 宮谷川層: 飛驒; 厚岸層: 厚岸, 落石).
- H. tripterum* Takahashi (Maastrichtian; 宮谷川層: 飛驒).
- Integricorpus clarireticulatus* Samoilovich (up. Senonian-Danian; Vylyuy, Yakutia; Eagle S. S.: Montana; Alaska).
- I. dongtaiensis* (Zhou) n. comb. (Paleocene-Eocene; Funing Group; Jiansu).
- I. fusiforme* Tschudy n. comb. (Up. Cretaceous; Colville Group: Alaska).
- I. striatum* (Mtchedlishvili) Stanley (Maastrichtian-Danian?; W. Siberian lowland; 厚岸

層：落石).

Mancicorpus anchoriforme Mchedlishvili (Maastrichtian-Danian; W. Siberian lowland).

? *M. minimum* (Chlonova) Stanley (Up. Cretaceous; W. Siberia).

Orbiculapollis globosus Chlonova (Up. Senonian-Paleocene; Siberia-Saghalien; 厚岸層：厚岸，西別).

O. lucidus Chlonova (Maastrichtian-Danian; W. Siberian lowland; 宮谷川層：飛驒).

O. moderatus Takahashi (Maastrichtian; 宮谷川層：飛驒).

Pentapollenites manifestus Takahashi & Shimono (Maastrichtian; 宮谷川層：飛驒；厚岸層：厚岸).

P. miser Takahashi (Maastrichtian; 宮谷川層：飛驒；厚岸層：厚岸).

P. normalis Takahashi & Shimono (Maastrichtian; 宮谷川層：飛驒；浜中層，厚岸層，床潭層：厚岸，落石).

Paraalnipollenites confusus (Zaklinskaja) Hills & Wallace (Maastrichtian-Paleocene; Siberia; Canadian arctic; 厚岸層，床潭層：落石).

Proteacidites constrictus Samoilovich (Santonian-Danian; W. Siberian lowland).

P. incurvatus Cookson forma *minor* Samoilovich (Maastrichtian-Danian; W. Siberian lowland).

Triprojectus sentus (Srivastava) Stanley (Maastrichtian; Edmonton: Alberta).

Wodehouseia aspera (Samoilovich) Wiggins (Up. Maastrichtian-Paleocene?; Alaska; W. Siberian lowland; 宮谷川層：飛驒).

W. gracilis (Samoilovich) Pokrovskaja (Maastrichtian-Danian; Alaska; W. Siberian lowland; 宮谷川層：飛驒).

W. spinata Stanley (Maastrichtian-Paleocene; W. Siberian lowland; Alaska; Hell Creek: S. Dakota, Montana; Lance, Fort Union: Wyoming; Edmonton: Alberta).

Phyllocladidites mawsonii Cookson (Santonian-Maastrichtian: 北半球；有家部層：種市；宮谷川層：飛驒；床潭層：落石).

P. ovatus Takahashi (Coniacian-Maastrichtian; 笠松層，玉山層：双葉；有家部層：種市；厚岸層，床潭層：厚岸，落石).

W. Siberian lowland の Maastrichtian-Danian で，Danian については確実性に疑問があるが，ここでは一応 Danian として取扱う。以上 44 種の中で，Maastrichtian までに出現し，第三紀には見られないものが 25 種，Danian 或は Paleocene まで出現するものが 19 種となっている。各種類の出現図は第 2 表に示す。

北米西部・内陸西部の K/T 境界はパリノロジーのデーターによって定められている。花粉群集の顕著な変化および恐竜の消滅との層準のずれを明確にしている。また，New Mexico および Colorado でも同じ花粉群集の変化が認められ，K/T 境界には Ir の濃集帯がある。

川流布の花粉群集は，浮遊性有孔虫により決定された K/T 境界より下位の Maastrichtian とされている層準では，Maastrichtian とするのに矛盾は全くないが，境界より上位の Danian とされているものについては，決定し難い。特に triprojectate 花粉に Maastrichtian より引

き続き出現するものが多い。ただし、山野井が検討した K/T 境界粘土岩に羊歯植物胞子の割合が多いと云うのは、上記の北米の K/T 境界粘土層にみられる羊歯植物胞子の被子植物花粉に対する割合が高い事とよく一致する。

Monolete 胞子の種類については、厚岸層－床潭層にみられるものと良く類似し、境界による変化は認め難い。

すなわち、浮遊性有孔虫の K/T 境界に於る消滅－出現の変化は顕著であるが、花粉群集の変化は境界を決定するに至らない。

結 論

以上の説明から得られる結論は次の如くまとめられる。

(1) 浮遊性有孔虫で決定された K/T 境界より下位の Maastrichtian においては、検出された花粉群集はこの時代を示すものである。

(2) K/T 境界粘土岩から検出された palynomorph は極端に少ない。この層に見られる羊歯植物胞子の被子植物花粉に対する割合は大きい。この傾向は北米西部・内陸西部の K/T 境界粘土層にみられる傾向と同じである。

(3) 北米西部・内陸西部の K/T 境界はパリノロジーの研究によって決定されている。北米では、この境界において、花粉群集の交代が顕著にみられるのに反し、川流布の Danian とされている層準には Maastrichtian から引き継ぐものが多く、花粉群集の著しい交代は認められない。

(4) この違いの原因は何によるものであるかを明らかにする必要がある。可能性としては次の事が考えられる。

a) Maastrichtian 末頃から気候の冷涼化が進行し、生物界の交代が行われたと考えられるが、気候変化は高緯度地方が顕著で、多くの植物が消滅したが、低緯度では冷涼化がそれほど著しくなかったために大きな変化を認め難い事がある。この可能性はありそうである。

b) 花粉・胞子は微細で、軽いので、再堆積によって、下位のものが Danian の地層に多く入って来た事も考えられる。海成層であるので、その可能性も十分考えられるが、有孔虫の場合は分帯があまりにも綺麗に出来ているので、可能性の小さい事も考えられる。今後の検討が必要となる。

c) Ir などの地球外物質が濃集している層準が K/T 境界と一致しているが、全地球すべてに Ir 濃集帯をもっているのではない。Ir は超新星の爆発、巨大隕石の地球との衝突などによって地球に来たと考えられるが、この大事件が生物界の交代の直接の原因であると考えれば、影響をまぬがれた地域の生物は残り得たはずであり、生物界の交代の図式はうまく行かない事になる。従って、この可能性は少ないと思われる。

(5) 浮遊性有孔虫による分帯が絶対的なものとするならば、川流布地域の花粉群による境界問題は通用しない事になり、根室層群における花粉群による境界問題の結論も再考せねばならなくなる。

参考文献

- Alvarez, L. W., Alvarez, W., Asaro, F. and Michel, H. V. (1980): Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208, no. 448, 1095-1108.
- Bratzeva, G. M. (1965): Pollen and spores Maestrichtian deposits of the Far East. *Trans. Geol. Inst., Acad. Sci. USSR*, 129, 5-42, pls. 1-42.
- (1969): Palynological studies of Upper Cretaceous and Paleogene of the Far East. *Trans. Geol. Inst., Order Red Banner Sab., Acad. Sci., USSR*, 207, 5-50, pls. 1-64.
- Chlonova, A. F. (1961): Spore and pollen of the upper Upper Cretaceous in the eastern area of the western Siberian lowland. *Trans. Inst. Geol. Geophys., Acad. Sci. USSR, Siberian Br.*, 7, 3-100, pls. 1-17.
- Funkhouser, J. W. (1961): Pollen of the genus *Aquilapollenites*. *Micropaleont.*, 7, no. 2, 193-198, pls. 1-2.
- Ganapathy, R. (1980): A major Meteorite impact on the earth 65 million years ago; evidence from the Cretaceous-Tertiary boundary clay. *Science*, 209, 921-923.
- Gartner, S. and McGuirk, J. P. (1979): Terminal Cretaceous extinction scenario for a catastrophe. *Science*, 206, 1272-1276.
- Hickey, L. J. (1981): Land plant evidence compatible with gradual, not catastrophic, change at the end of the Cretaceous. *Nature*, 292, 529-531.
- Kedves, M. (1979): Palynological investigations on sediments of the Lower Danian (Fish clay, Denmark) I. *Acta Mineral. Petrogr., Szeged*, 24, no. 1, 167-186, pls. 1-5; II. *Acta Mineral.-Petrogr., Szeged*, 24, no. 2, 355-376, pls. 1-7.
- Leffingwell, H. A. (1970): Palynology of the Lance (Late Cretaceous) and Fort Union (Paleocene) Formations of the type Lance area, Wyoming. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper* 127, 1-64.
- Lerbekmo, J. F., Evans, M. E. and Baadsgaard, H. (1979): Magnetostratigraphy, biostratigraphy and geochronology of Cretaceous-Tertiary boundary sediments, Red Deer valley. *Nature*, 279, 26-30.
- 松本達郎 (1970): 中生界の地質年代. 科学, 40, no. 5, 248-255.
- Nichols, D. J. (1990): Geologic and biostratigraphic framework of the non-marine Cretaceous-Tertiary boundary interval in western North America. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 65, 75-84.
- , Jarzen, D. M., Orth, C. J., and Oliver, P. Q. (1986): Palynological and Iridium anomalies at Cretaceous-Tertiary boundary, South-central Saskatchewan. *Science*, 231, 714-717.
- Norton, N. J. (1965): Three new species of *Aquilapollenites* from the Hell Creek Formation, Garfield County, Montana (1). *Pollen et spores*, 7, no. 1, 135-143, pls. 1-4.
- Orth, C. J., Gilmore, J. S., Knight, J. D., Pillmore, C. L., Tschudy, R. H. and Fassett, J.

- E. (1981): An Iridium abundance anomaly at the palynological Cretaceous-Tertiary boundary in northern New Mexico. *Science*, 214, 1341-1343.
- Pillmore, C. L., Tschudy, R. H., Orth, C. J., Gilmore, J. S. and Knight, J. D. (1984): Geologic framework of nonmarine Cretaceous-Tertiary boundary sites, Raton Basin, New Mexico and Colorado. *Science*, 223, 1180-1183.
- Rouse, G. E. (1957): The application of a new nomenclatural approach to Upper Cretaceous plant microfossils from Western Canada. *Canad. J. Bot.*, 35, 349-375, pls. 1-3.
- , Hopkins, Jr., W. S. and Piel, K. M. (1970): Palynology of some Late Cretaceous and Early Tertiary deposits in British Columbia and adjacent Alberta. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper*, 127, 213-246, pls. 1-9.
- 斉藤常正・海保邦夫 (1986): 白亜紀—第三紀 (C-T) 境界と恐竜の絶滅. 地球, 8, no. 3, 192-202.
- Saito, T., Yamanoi, T. and Kaiho, K. (1986): End-Cretaceous devastation of terrestrial flora in the boreal Far East. *Nature*, 323, no. 6085, 253-255.
- Samoilovich, S. R. et al. (1961): Pollen and spores of western Siberia, Jurassic-Paleocene. *Trudy VNIGRI*, 177, 1-657, pls. 1-84 and I-LXV.
- (1967): Tentative botanico-geographical subdivision of northern Asia in Late Cretaceous time. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 2, 127-139, pls. 1-3.
- Smit, J. and Hertogen, J. (1980): An extraterrestrial event at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Nature*, 285, 198-200.
- Srivastava, S. K. (1966): Upper Cretaceous microflora (Mastrichtian) from Scollard, Alberta, Canada. *Pollen et spores*, 8, no. 3, 497-552, pls. 1-11.
- (1967): Palynology of Late Cretaceous Mammal beds, Scollard, Alberta (Canada). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 3, 133-150, pls. 1-3.
- (1969): Pollen genus *Wodehousea* and its stratigraphic significance in the Edmonton Formation (Maastrichtian), Alberta, Canada. *Canad. Jour. Earth Sci.*, 6, no. 5, 1307-1311, pl. 1.
- (1969): Assorted angiosperm pollen from the Edmonton Formation (Maastrichtian), Alberta, Canada. *Canad. Jour. Bot.*, 47, no. 6, 975-989, pls. 1-3.
- (1969): Upper Cretaceous proteaceous pollen from the Edmonton Formation, Alberta (Canada) and their paleoecologic significance. *Canad. Jour. Bot.*, 47, no. 10, 1571-1578, pl. 1.
- (1969): Some angiosperm pollen from the Edmonton Formation (Maastrichtian), Alberta, Canada. *J. Sen Mem. Comm. & Bot. Soc. Bengal*, 47-67, pls. 1-2.
- (1970): Pollen biostratigraphy and paleoecology of the Edmonton Formation (Maastrichtian), Alberta, Canada. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 7, 221-276, pls. 1-4.
- and Rouse, G. E. (1970): Systematic revision of *Aquilapollenites* Rouse 1957. *Canad.*

- Jour. Bot.*, 48, no. 9, 1591-1601, pls. 1-2.
- Stanley, E. A. (1961): The fossil pollen genus *Aquilapollenites*. *Pollen et spores*, 3, no. 2, 329-352, pls. 1-8.
- (1965): Upper Cretaceous and Paleocene plant microfossils and Paleocene dinoflagellates and hystrichosphaerids from northwestern South Dakota. *Bull. Amer. Paleont.*, 49, no. 222, 179-384, pls. 19-49.
- (1970): The stratigraphical, biogeographical, paleoautecological and evolutionary significance of the fossil pollen group Triprojectacites. *Bull. Georgia Acad. Sci.*, 28, 1-44.
- Takahashi, K. (1991): Palynologic study of the Akkeshi and Tokotan Formations of the Nemuro Group, eastern Hokkaido. *Bull. Fac. Liberal Arts, Nagasaki Univ., Nat. Sci.*, 31, no. 2, 169-513, pls. 1-46.
- (1991): Palynomorph assemblage of the Tokotan Formation at Konbumori, Nemuro city, eastern Hokkaido. *Jpn. J. Palynol.*, 37, no. 1, 41-57, pls. 1-2.
- and Shimono, H. (1982): Maestrichtian microflora of the Miyadani-gawa Formation in the Hida district, central Japan. *Bull. Fac. Liberal Arts, Nagasaki Univ., Nat. Sci.*, 22, no. 2, 11-188, pls. 1-23.
- 高橋 清 (1991): 霧多布およびユルリ島の霧多布層の花粉層位学的研究. 日本花粉学会誌, 37, 1号, 23-34, pls. 1-2.
- Tschudy, B. D. (1969): Species of *Aquilapollenites* and *Fibulapollis* from two Upper Cretaceous localities in Alaska. *Geol. Surv. Prof. Paper* 643-A, A1-A15, pls. 1-16.
- (1973): Palynology of the Upper Campanian (Cretaceous) Judith River Formation, North-Central Montana. *Geol. Surv. Prof. Paper* 770, 1-39, pls. 1-11.
- and Leopold, E. B. (1970): *Aquilapollenites* (Rouse) Funkhouser--selected Rocky Mountain taxa and their stratigraphic ranges. *Geol. Soc. Amer., special paper*, 127, 113-167, pls. 1-4.
- Tschudy, R. H. (1970): Palynology of the Cretaceous-Tertiary boundary in the northern Rocky Mountain and Mississippi embayment regions. *Geol. Soc. Amer., spec. paper*, 127, 65-111, pls. 1-6.
- , Pillmore, C. L., Orth, C. J., Gilmore, J. S. and Knight, J. D. (1984): Disruption of the terrestrial plant ecosystem at the Cretaceous-Tertiary boundary, Western Interior. *Science*, 225, 1030-1032.
- Wiggins, V. D. (1976): Fossil ocolata pollen from Alaska. *Geoscience and Man*, 15, 51-76, pls. 1-4.

図版の説明 (全て 1,000 倍)

図版 1

- Figs. 1a, b. *Aquilapollenites amplus* Stanley 326-1-(3).
 Figs. 2a, b. *Aquilapollenites drumhellerensis* Srivastava 321-(1).
 Fig. 3. *Aquilapollenites* sp. g 327-1-(2).
 Fig. 4. *Aquilapollenites subtilis* Mtchedlishvili 323-C-(3).
 Figs. 5a, b. *Triprojectus* cf. *sentus* (Srivastava) Stanley 323-D-(2).
 Figs. 6a, b. *Pentapollenites miser* Takahashi 329-(1).
 Figs. 7a, b, c. ? *Aquilapollenites* cf. *quadrinus* Takahashi 318-(3).

図版 2

- Fig. 1. *Triprojectus* sp. a 321-(2).
 Fig. 2. *Triprojectus* sp. b 327-2-(2).
 Figs. 3a, b. *Aquilapollenites* sp. i 328-(2).
 Fig. 4. *Aquilapollenites* cf. *nemuroensis* Takahashi 320-(1).
 Figs. 5, 6. *Aquilapollenites parvus* Takahashi
 Figs. 5a, b.: 326-(1); fig. 6: 318-(1).
 Figs. 7-10. *Aquilapollenites conatus* Norton
 Fig. 7.: 329-(1); fig. 8: 328-(1); figs. 9a, b: 318-(3);
 fig. 10: 321-(2).

図版 3

- Figs. 1a, b. *Aquilapollenites* cf. *quadrilobus* Rouse 326-1-(3).
 Figs. 2, 3. *Aquilapollenites parvus* Takahashi
 Figs. 2a, b.: 321-(1); figs. 3a, b.: 318-(2).
 Figs. 4a, b. *Aquilapollenites drumhellerensis* Srivastava 318-(2).
 Figs. 5a, b. *Pentapollenites* sp. a 326-5-(1).
 Fig. 6. *Aquilapollenites* sp. d 326-3-(1).
 Figs. 7a, b. *Bratzevaea* cf. *striatella* Takahashi 326-1-(1).
 Figs. 8a, b. *Aquilapollenites* sp. c 319-(1).
 Figs. 9a, b, c. *Aquilapollenites* sp. h 327-2-(2).
 Fig. 10. *Aquilapollenites procerus* Samoilovich 321-(2).

図版 4

- Fig. 1. *Hemicorpus* sp. 327-3-(3).
 Figs. 2a, b. *Aquilapollenites* sp. a 318-(1).
 Figs. 3a, b. *Pentapollenites* sp. 318-(1).
 Figs. 4a, b. *Aquilapollenites* cf. *melioratus* Takahashi 328-(2).
 Figs. 5a, b. *Pentapollenites* sp. b 327-3-(1).
 Fig. 6. *Aquilapollenites colvillensis* B. D. Tschudy 328-(2).
 Figs. 7a, b. *Aquilapollenites* sp. b 318-(1).
 Figs. 8a, b. *Aquilapollenites mirus* Takahashi 326-5-(1).

- Figs. 9a, b. *Aquilapollenites nemuroensis* Takahashi 327-1-(1).
 Fig. 10. ? *Mancicorpus minimum* (Chlonova) Stanley 326-1-(2).
 Figs. 11a, b. *Integricorpus clarireticulatus* Samoilovich 329-(3).
 Fig. 12. *Integricorpus* cf. *fusiforme* B. D. Tschudy 326-2-(2).

図版 5

- Figs. 1a, b. *Aquilapollenites* sp. f 326-3-(1).
 Fig. 2. *Aquilapollenites* sp. j 329-(1).
 Figs. 3a, b. *Integricorpus fusiforme* B. D. Tschudy 320-(3).
 Figs. 4, 5. *Integricorpus* n. sp.
 Figs. 4a, b.: 326-2-(3); figs. 5a, b.: 323'-(1).
 Figs. 6-8. *Integricorpus* cf. *mtchedlishvili* (Srivastava) Takahashi
 Figs. 6a, b.: 318-(1); figs. 7a, b.: 321-(3); fig. 8: 327-3-(3).
 Figs. 9a, b. *Hemicorpus trapeziforme* (Mtchedlishvili) Krutzsch 327-3-(3).
 Fig. 10. *Aquilapollenites mirus* Takahashi 321-(2).

図版 6

- Figs. 1, 12. *Hemicorpus* n. sp.
 Figs. 1a, b, c.: 320-(3); figs. 12a, b.: 327-(1).
 Figs. 2, 3, 13. *Pentapollenites manifestus* Takahashi & Shimono
 Figs. 2a, b.: 327-3-(3); fig. 3: 327-3-(1); fig. 13: 326-2-(3).
 Fig. 4. *Hemicorpus* sp. a 318-(2).
 Fig. 5. *Hemicorpus tenue* (Mtchedlishvili) Krutzsch 326-4-(3).
 Fig. 6. *Hemicorpus* sp. b 319-(1).
 Fig. 7. *Hemicorpus tripterum* Takahashi 323-D-(2).
 Fig. 8. *Aquilapollenites turbidus* Tschudy & Leopold 326-2-(2).
 Fig. 9. *Pentapollenites* cf. *normais* Takahashi & Shimono 326-4-(3).
 Figs. 10a, b. *Mancicorpus anchoriforme* Mtchedlishvili 326-4-(1).
 Figs. 11a, b. *Pentapollenites* sp. 327-2-(2).

図版 7

- Figs. 1a, b. *Aquilapollenites pudicus* Srivastava 327-3-(1).
 Figs. 2a, b. *Aquilapollenites* sp. 326-1-(3).
 Figs. 3a, b. *Pentapollenites normalis* Takahashi & Shimono 329-(3).
 Figs. 4a, b. *Pentapollenites manifestus* Takahashi & Shimono 327-1-(3).
 Fig. 5. *Aquilapollenites* cf. *spinulosus* Funkhouser 326-5-(3).
 Fig. 6. ? *Aquilapollenites* sp. 326-3-(1).
 Fig. 7. ? *Pentapollenites* sp. 328-(2).
 Figs. 8, 14, 15. *Orbiculapollis lucidus* Chlonova
 Fig. 8: 326-1-(3); fig. 14: 321-(1); figs. 15a, b.: 329-(3).
 Fig. 9. *Integricorpus* sp. 318-(1).
 Figs. 10a, b. *Integricorpus* cf. *striatum* (Mtchedlishvili) Stanley 327-3-(2).
 Fig. 11. *Integricorpus dongtaiensis* (Zhou) n. comb. 326-2-(1).

- Figs. 12, 13. *Orbiculapollis moderatus* Takahashi
Fig. 12 : cf., 318-(1); fig. 13 : 326-1-(3).

図版 8

- Figs. 1, 2, 13, 16-19. *Orbiculapollis globosus* Chlonova
Fig. 1 : 318-(1); figs. 2a-b, 16, 19a-b : 320-(1);
figs. 13a, b : 326-1-(1); fig. 17 : 319-(1); fig. 18 : 321-(2).
- Figs. 3, 9. *Fibulapollis* cf. *hamulatus* Takahashi
Figs. 3a, b : 327-2-(1); fig. 9 : 318-(1).
- Figs. 4, 5, 8. *Fibulapollis pusillus* Takahashi
Fig. 4 : 327-3-(2); fig. 5 : 318-(1); fig. 8 : 326-3-(2).
- Fig. 6. *Orbiculapollis moderatus* Takahashi 318-(1).
- Fig. 7. *Orbiculapollis* sp. a 329-(1).
- Fig. 10. *Proteacidites* sp. 327-1-(1).
- Fig. 11. *Orbiculapollis* sp. b 326-3-(3).
- Fig. 12. *Fibulapollis* sp. 328-(3).
- Fig. 14. *Orbiculapollis* sp. a 329-(1).
- Figs. 15, 20. *Coriariipites alienus* Srivastava
Fig. 15 : 327-3-(2); fig. 20 : 318-(1).

図版 9

- Figs. 1-4. *Orbiculapollis globosus* Chlonova
Fig. 1 : 321-(1); fig. 2 : 321-(2); fig. 3 : 320-(3); fig. 4 : 318-(3).
- Fig. 5. *Fibulapollis evanidus* (Chlonova) Takahashi 328-(3).
- Figs. 6-10, 12-19. *Cranwellia striata* (Couper) Srivastava
Fig. 6 : 318-(2); fig. 7 : 326-3-(1); fig. 8 : 327-1-(2);
fig. 9 : 326-4-(1); fig. 10 : 318-(1); fig. 12 : 322-(1);
fig. 13 : 326-1-(1); fig. 14 : 320-(3); fig. 15 : 327-3-(1);
fig. 16 : 318-(1); fig. 17 : 326-2-(1); fig. 18 : 326-1-(1);
fig. 19 : 321-(3).
- Fig. 11. *Cranwellia rumseyensis* Srivastava 326-3-(3).
- Fig. 20. *Cranwellia* sp. 321-(3).
- Fig. 21. *Fibulapollis* sp. 326-2-(3).

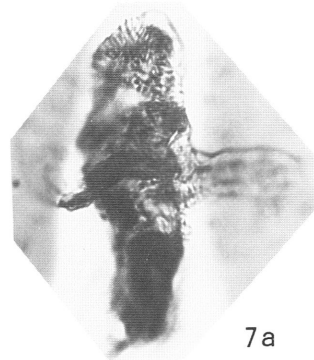
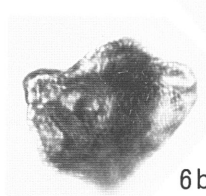
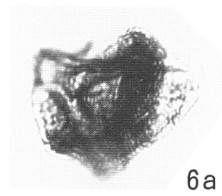
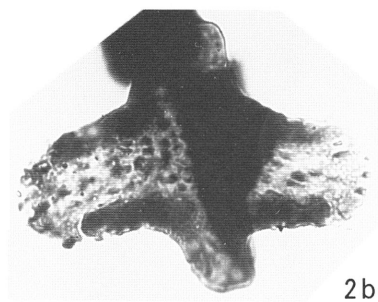
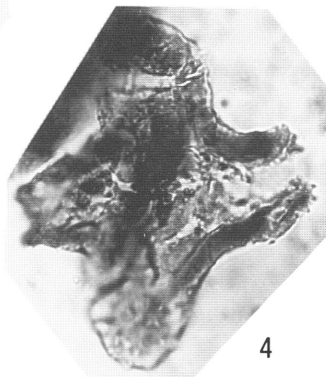
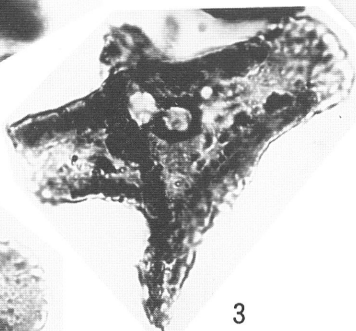
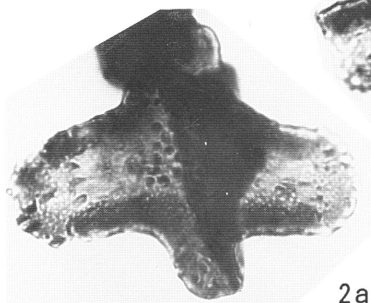
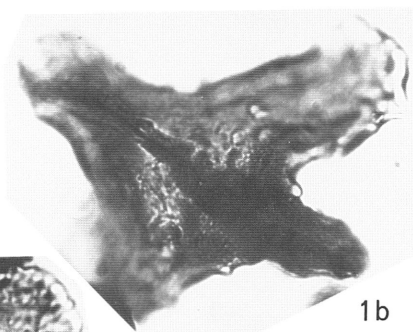
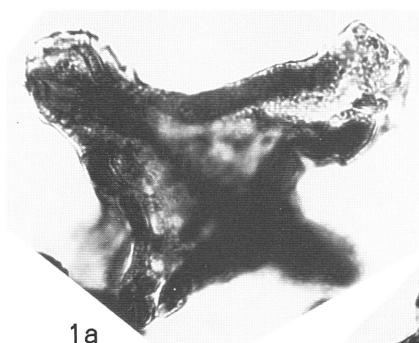
図版 10

- Figs. 1-5. *Wodehouseia edmontonica* Wiggins
Fig. 1 : 318-(1); fig. 2 : 319-(1); figs. 3, 5 : 318-(3); fig. 4 : 321-(2)
- Figs. 6, 7. *Wodehouseia gracilis* (Samoilovich) Pokrovskaja
Fig. 6 : 326-2-(2); fig. 7 : 326-2-(1).
- Figs. 8-10. *Wodehouseia aspera* (Samoilovich) Wiggins
Fig. 8 : 327-3-(3); fig. 9 : 326-4-(3); fig. 10 : 329-(1).
- Figs. 11-14. *Wodehouseia spinata* Stanley
Fig. 11 : 319-(2); fig. 12 : 328-(1); fig. 13 : 321-(2);

- fig. 14 : 323'-(1).
 Figs. 15-17. *Wodehouseia* n. sp.
 Fig. 15 : 321-(3); fig. 16 : 327-3-(3); fig. 17 : 327-2-(1).
 Fig. 18. *Wodehouseia* sp. 326-2-(1).

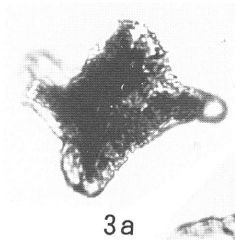
図版 11

- Fig. 1. *Phyllocladidites ovatus* Takahashi 327-3-(1).
 Figs. 2-6. *Phyllocladidites mawsonii* Cookson
 Figs. 2a, b : 323'-(2); fig. 3 : 326-4-(3); fig. 4 : 329-(2);
 fig. 5 : 326-5-(2); fig. 6 : 323-D-(1).
 Fig. 7. *Callistopollenites radiatostriatus* (Mtchedlishvili) Srivastava
 323'-(3).
 Figs. 8, 9. *Callistopollenites comis* Srivastava
 Fig. 8 : 318-(1); fig. 9 : 318-(2).
 Fig. 10. *Proteacidites constrictus* Samoilovich 326-5-(2).
 Figs. 11, 12. *Proteacidites incurvatus* Cookson forma *minor* Samoilovich
 Figs. 11a, b : 327-3-(2); fig. 12 : 326-1-(1).
 Fig. 13. *Proteacidites mollis* Samoilovich 321-(2).
 Fig. 14. *Proteacidites formosus* Samoilovich 320-(1).
 Figs. 15-19. *Paraalnipollenites confusus* (Zaklinskaja) Hills & Wallace
 Fig. 15 : 323-F-(2); fig. 16 : 323-D-(2); fig. 17 : 327-3-(3);
 fig. 18 : 326-1-(1); fig. 19 : 318-(3).

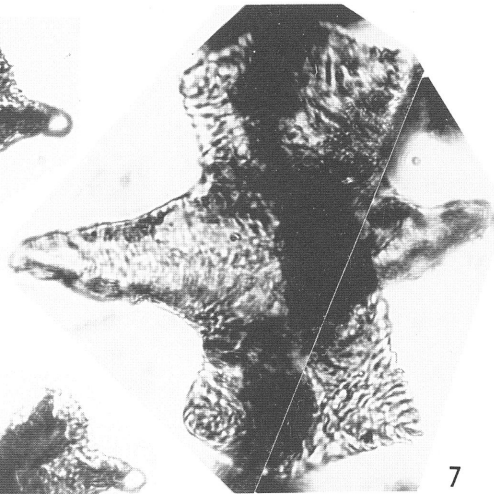




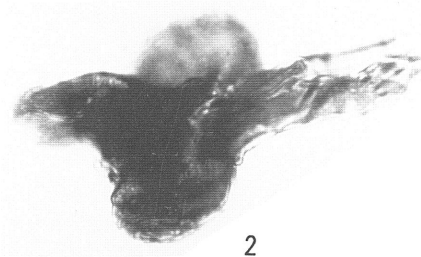
1



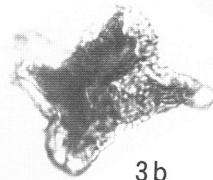
3a



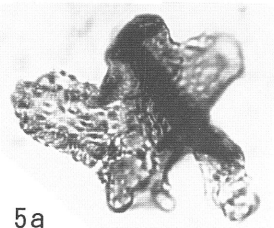
7



2



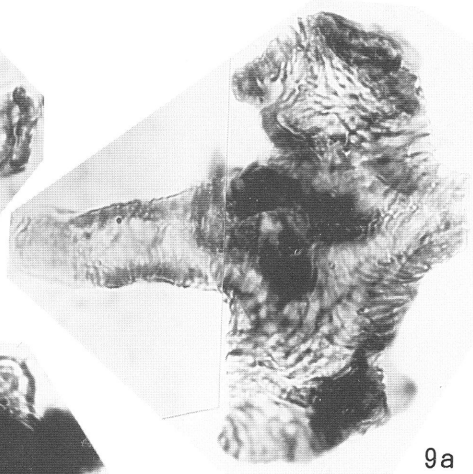
3b



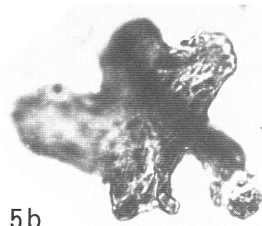
5a



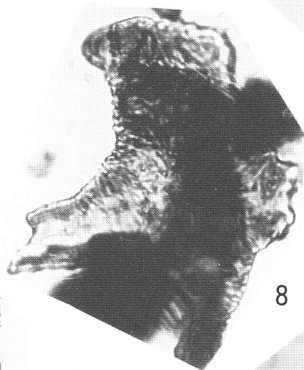
4



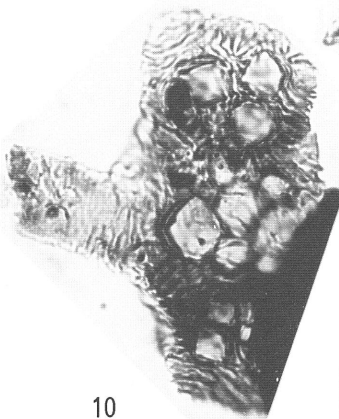
9a



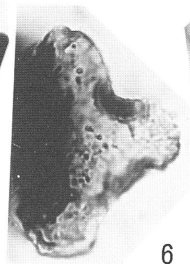
5b



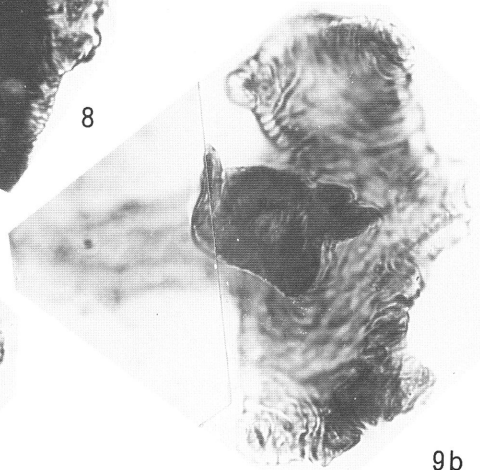
8



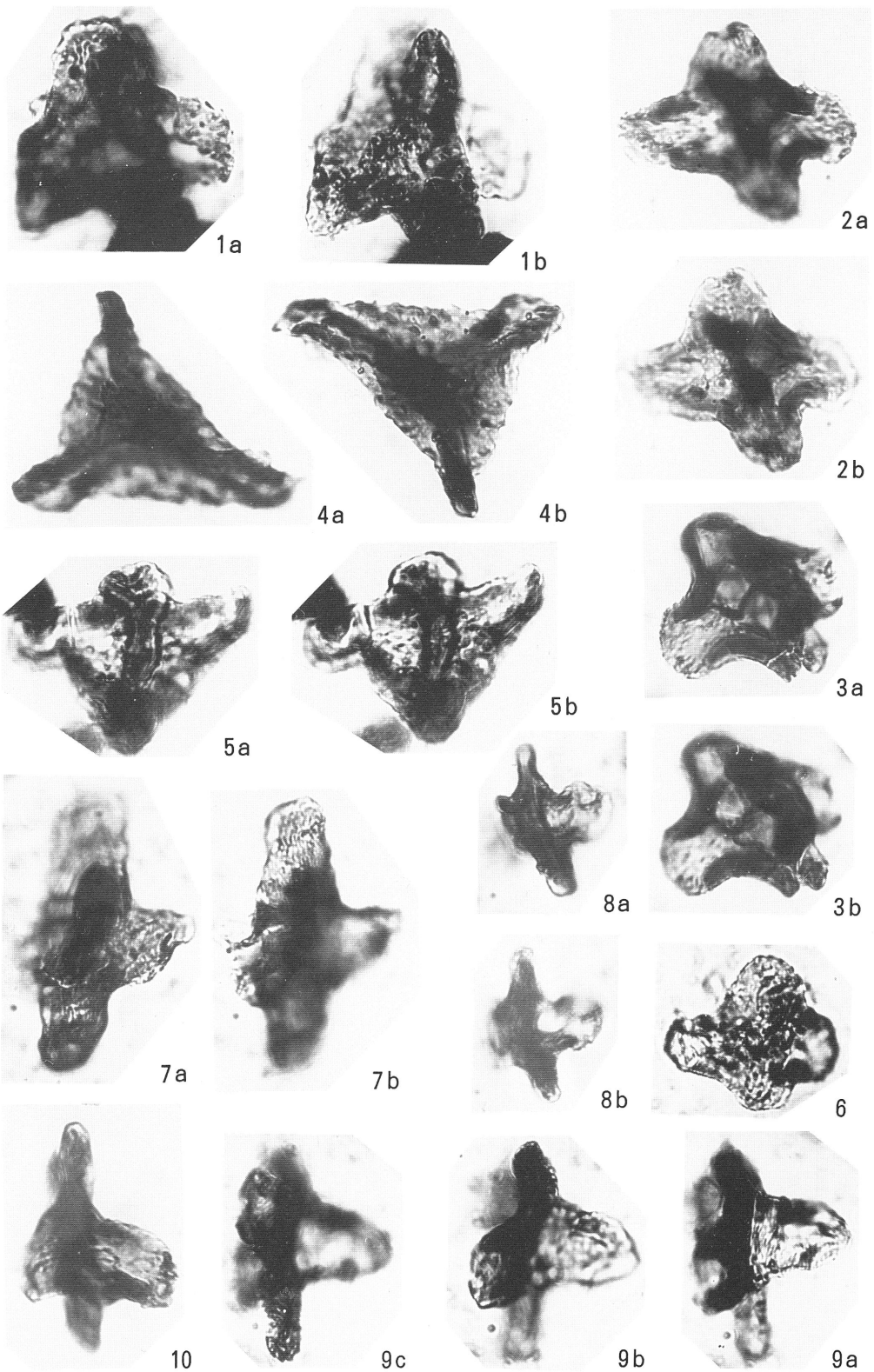
10

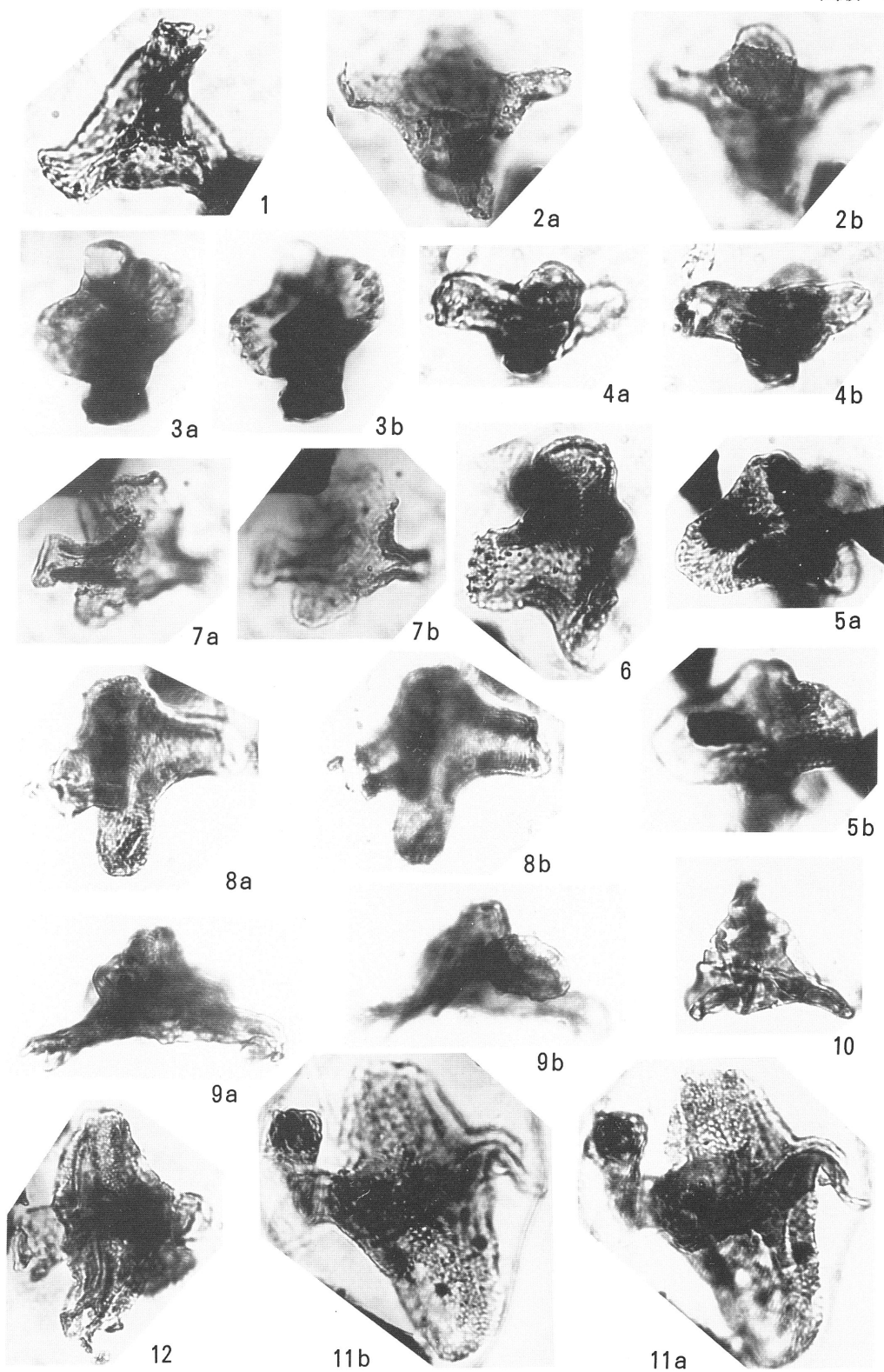


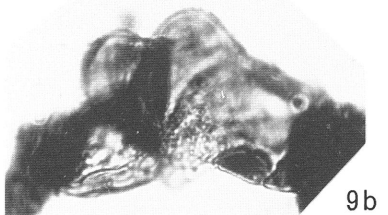
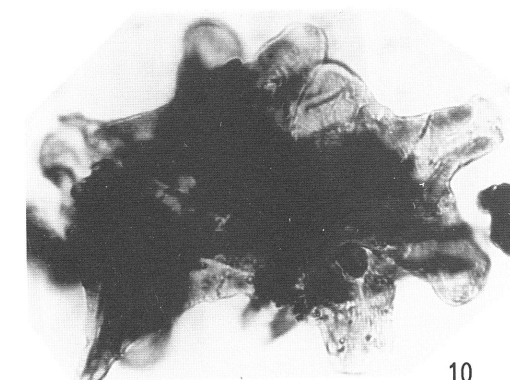
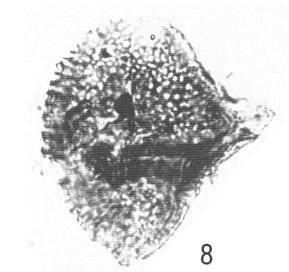
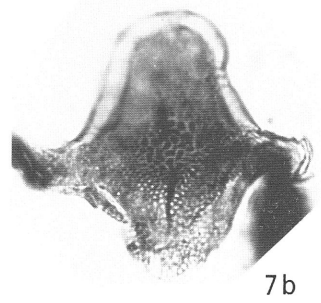
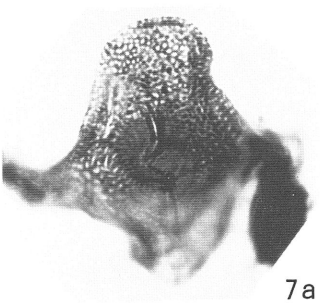
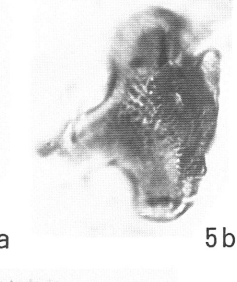
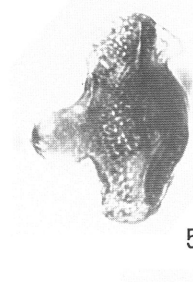
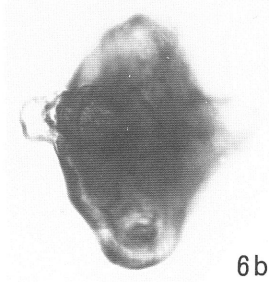
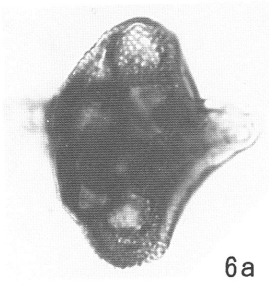
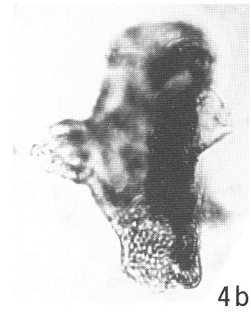
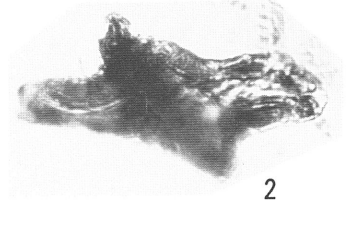
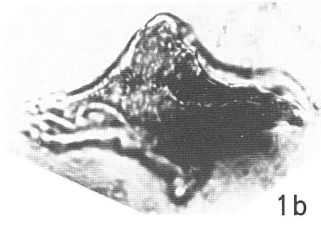
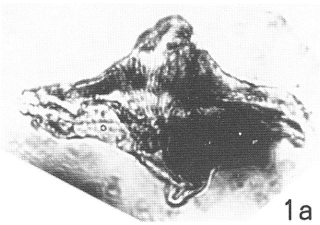
6



9b

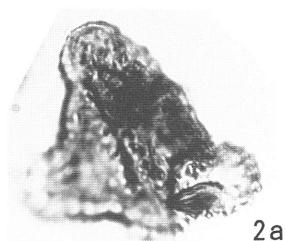




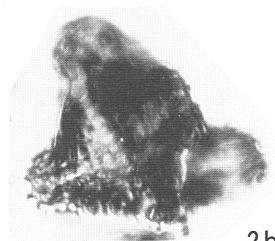




1a



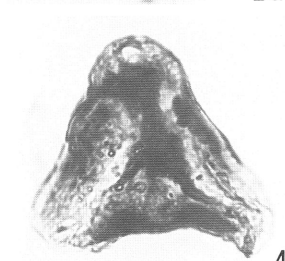
2a



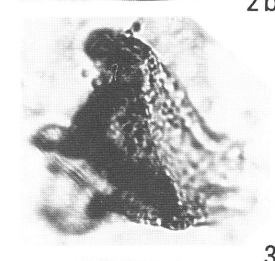
2b



1b



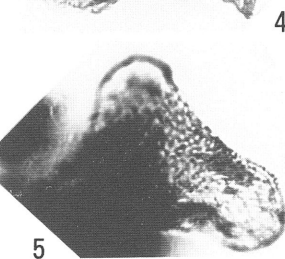
4



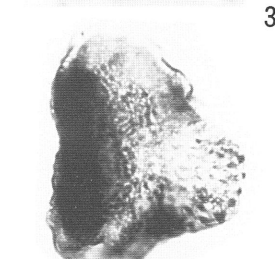
3



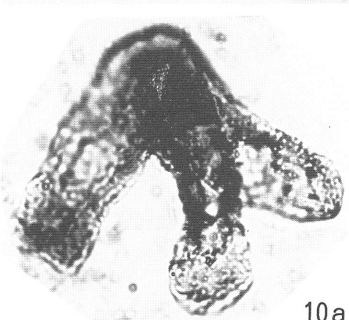
1c



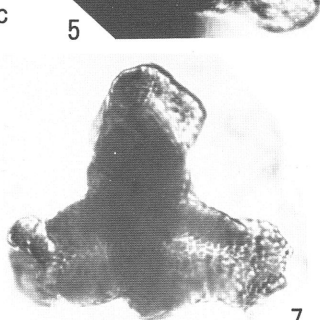
5



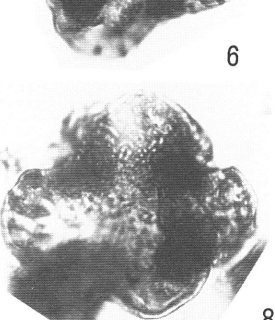
6



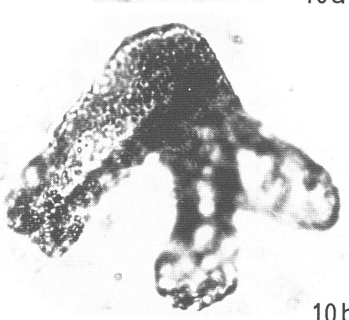
10a



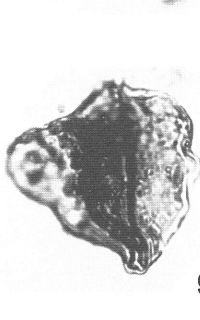
7



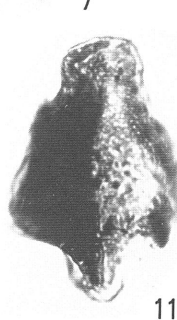
8



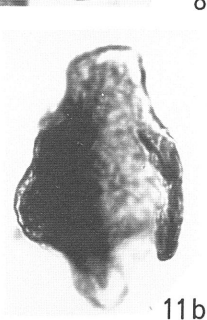
10b



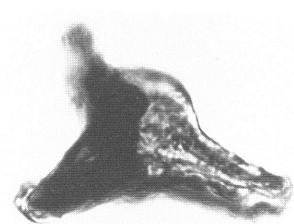
9



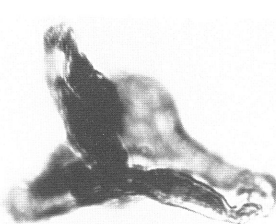
11a



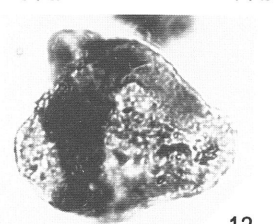
11b



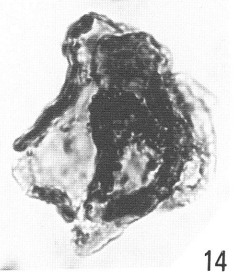
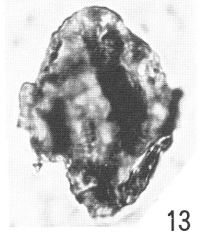
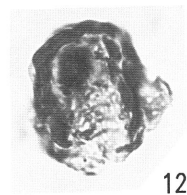
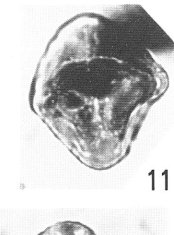
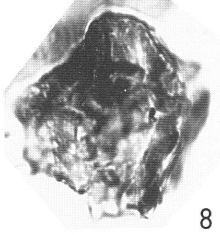
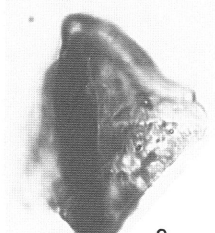
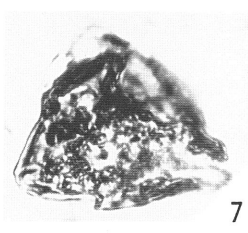
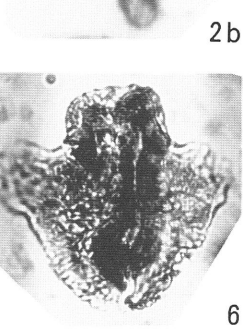
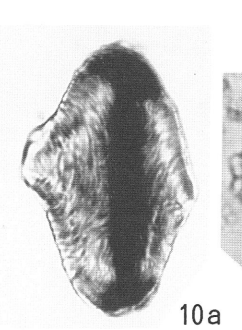
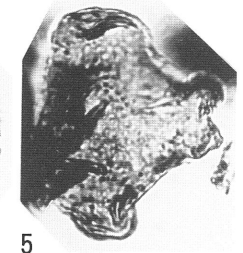
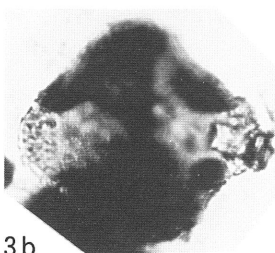
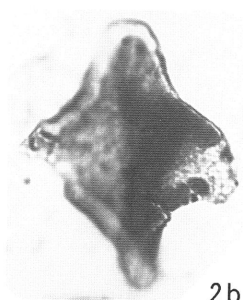
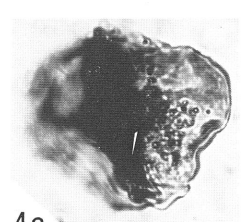
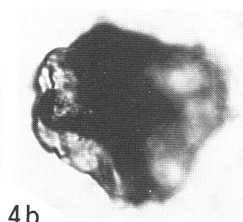
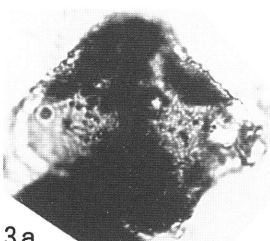
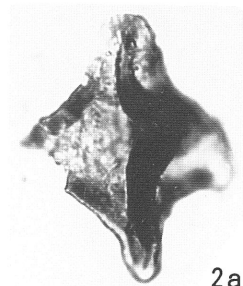
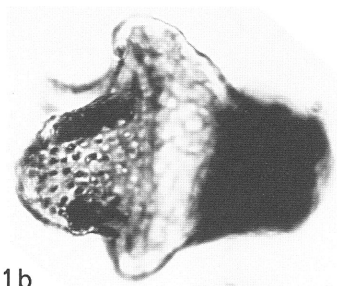
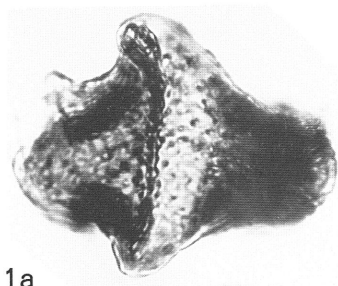
12a

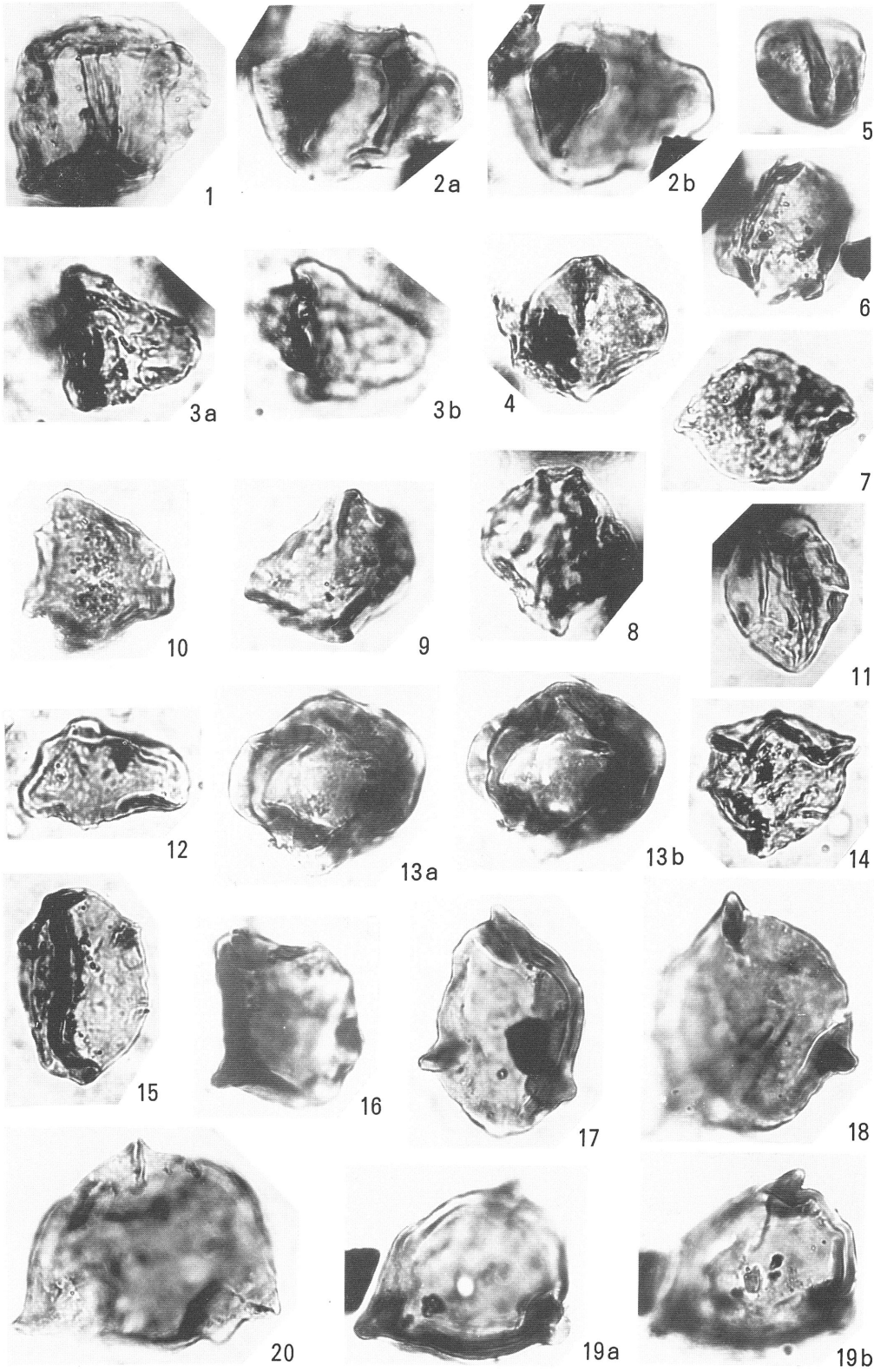


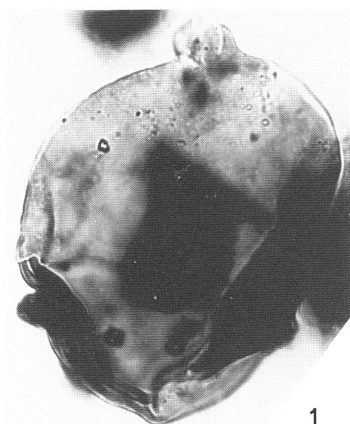
12b



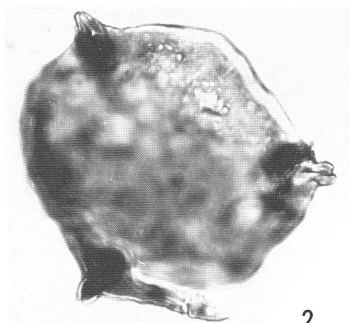
13



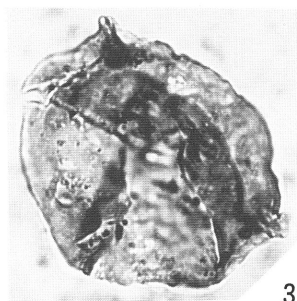




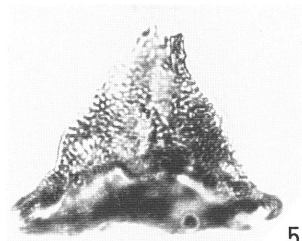
1



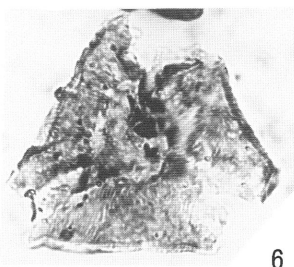
2



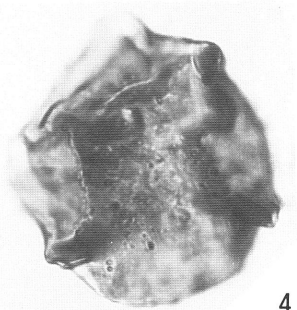
3



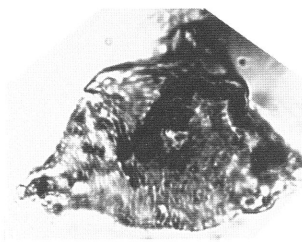
4



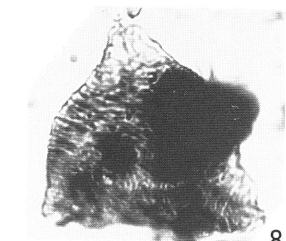
5



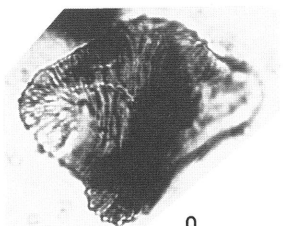
6



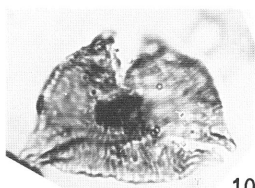
7



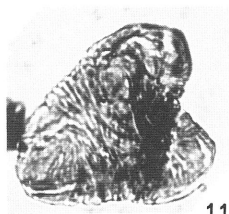
8



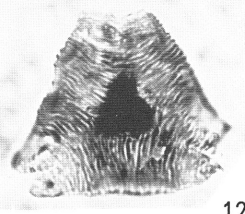
9



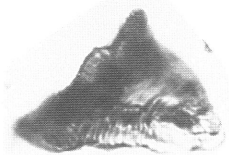
10



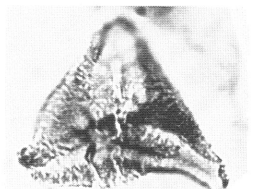
11



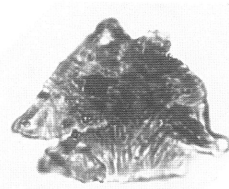
12



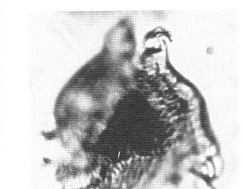
13



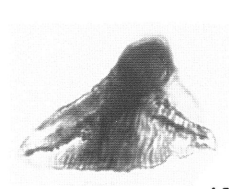
14



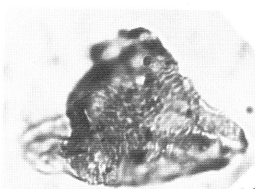
15



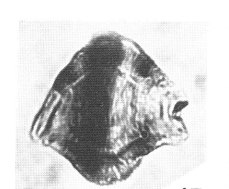
16



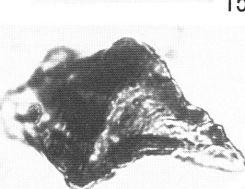
17



18



19



20



21

