

論 文

岩手県北東部, 上部白亜系久慈層群の花粉化石層序と年代

梅津 慶太*・栗田 裕司**

(Received March 9, 2006 ; accepted January 12, 2007)

Palynostratigraphy and age of the Upper Cretaceous Kuji Group, northeast
Iwate Prefecture, Northeast Japan

Keita Umetsu and Hiroshi Kurita

Abstract : Palynostratigraphic investigation and age determination based on terrestrial palynomorphs are conducted on the nonmarine to shallow marine deposits of the Upper Cretaceous Kuji Group, Northeast Japan. Four palynostratigraphic assemblages are recognized in the group (assemblages A, B, C, and D, in ascending order). The variation of the assemblages are considered to depend on changes of paleovegetation and depositional environment of host sediments. Especially, the variation of assemblages A to C from marine-influenced deposits suggests a regional paleovegetational change represented by the increase of bisaccate pollen-producing conifers during the deposition of the Tamagawa Formation. The occurrence of angiosperm triprojectate pollen in the Kuji Group shows that the interval from the upper part of the Tamagawa Formation to the Sawayama Formation is confined to Santonian to lower Campanian. This contributes to dating of the potential source rock/reservoir packages within Cretaceous sediments in the Yezo forearc basin.

Key words : Cretaceous, fossil pollen and spores, Kuji Group, palynostratigraphy, Yezo forearc basin

1. はじめに

東北日本の鹿島沖～常磐沖海域およびその沿岸地域から北海道中軸部, さらにサハリン中部にかけての帯状の地域は蝦夷前弧堆積盆地と呼ばれ, 白亜紀～暁新世の前弧堆積盆地埋積物が広く分布する (Ando, 2003 ; 安藤, 2005)。この地域での先新第三系をターゲットとした探鉱活動は 1960 年代初頭から続けられ, 我が国有数の埋蔵量を有する磐城沖ガス田 (1973 年発見) および勇払油ガス田 (1989 年発見) の 2 つの油ガス田が現在操業している。さらに 1999 年には, 基礎試錐「三陸沖」において上部白亜系中に根源岩・貯留岩となりうる河川成～浅海成層が発見され, 本堆積盆地は, 東アジアの島弧-海溝系の前弧堆積盆地セッティング下で最も探鉱余地

の高い地域の 1 つとなっている (小松, 1979 ; 栗田・横井, 2000 ; 石油公団, 2000 ; 大澤ほか, 2002 ; 武富・西田, 2002 ; 岩田ほか, 2002)。しかしこの地域の坑井セクションにおける白亜系河川成～浅海成層は海生浮遊性微化石に乏しいことから, その詳細な年代決定や広域対比には不明な点が多い。また, 蝦夷前弧堆積盆地中央部の西縁域にあたる三陸沿岸地方には, 盆地内に広く分布する白亜系の延長部が陸上に露出しており, いくつかの古生物学的研究の対象とされてきたが, その詳細な年代は必ずしも明らかでない。

白亜系の花粉・胞子化石は, 中国・ロシア・北米など, 世界の大陸域の内陸油田地域を中心に生層序学的研究がなされており, 非海成白亜系の地域間対比および年代対比に重要な役割を果たしている (Nichols, 1994 ; 2003 ; Li and Liu, 1994)。一方, 日本での白亜紀花粉・胞子化石の研究は, 1960 年代から東北日本を中心に行われてきたが (Takahashi, 1964 ; 1974 ; 徳永・高瀬, 1968 ; 徳永ほか, 1972 ; 三木, 1972 ; 1973 ; Miki, 1972 ; 1977 ; Takahashi and Sugiyama, 1990 など), これらは花粉・

*新潟大学大学院自然科学研究科・日本学術振興会特別研究員 DC Graduate School of Science and Technology, Niigata University ; JSPS Research Fellow

**新潟大学理学部地質科学科 Department of Geology, Faculty of Science, Niigata University

胞子化石の記載的研究が多く、対比に関しては極東ロシアからの群集との比較にとどまっていた。近年、研究例が増えてきつつあるものの（梅津・松岡，2003；Umetsu and Sato, in press），日本における白亜紀花粉・胞子化石研究は世界的にみて多いとはいえない。

本研究では、岩手県北東部に分布する上部白亜系久慈層群の陸上セクションで花粉・胞子化石分析を行い、群集組成の層位変化から、後背地の古植生変化の考察を行うとともに、被子植物花粉化石の出現パターンを検討し、花粉・胞子化石に基づく地質年代の決定を目指した。その結果、従来有効な年代資料に欠けていた久慈層群の沢山層と玉川層上部について新たな年代資料が得られた。本研究の成果は、蝦夷前弧堆積盆地や東アジアの白亜紀花粉・胞子化石層序の基礎資料として、石油・天然ガス探鉱に資するものである。

2. 久慈層群の地質概要

久慈層群（島津・寺岡，1962）は下位の下部白亜系岩泉層群および白亜紀花崗岩類を不整合に覆い、上位を古第三系野田層群に不整合で覆われる（吉田ほか，1987）。久慈層群の地質構造は、一般に $N20^{\circ}W$ の走向で 25° 以下の角度で北東に傾斜する同斜構造を示し、九戸郡野田村から久慈市の北部にかけて帯状に分布する（Fig. 1）。久慈層群は、下位より玉川層、国丹層、沢山層から構成される（Fig. 2: 佐々，1932; 島津・寺岡，1962; 吉田ほか，1987）。玉川層は厚さ約 200 m で、河川、エスチュアリー、浅海の堆積環境で堆積したと解釈される礫岩、砂岩、泥岩からなり、岩相の垂直変化が激しい。玉川層の河川成泥岩は黒色有機質で、琥珀や大型植物化石の産出（Tanai, 1979）が報告されている。国丹層は厚さ約 200 m で、主に浅海成砂岩からなり、岩相の垂直変化は少ない。国丹層からはアンモナイトやイノセラムスなどの大型海生示

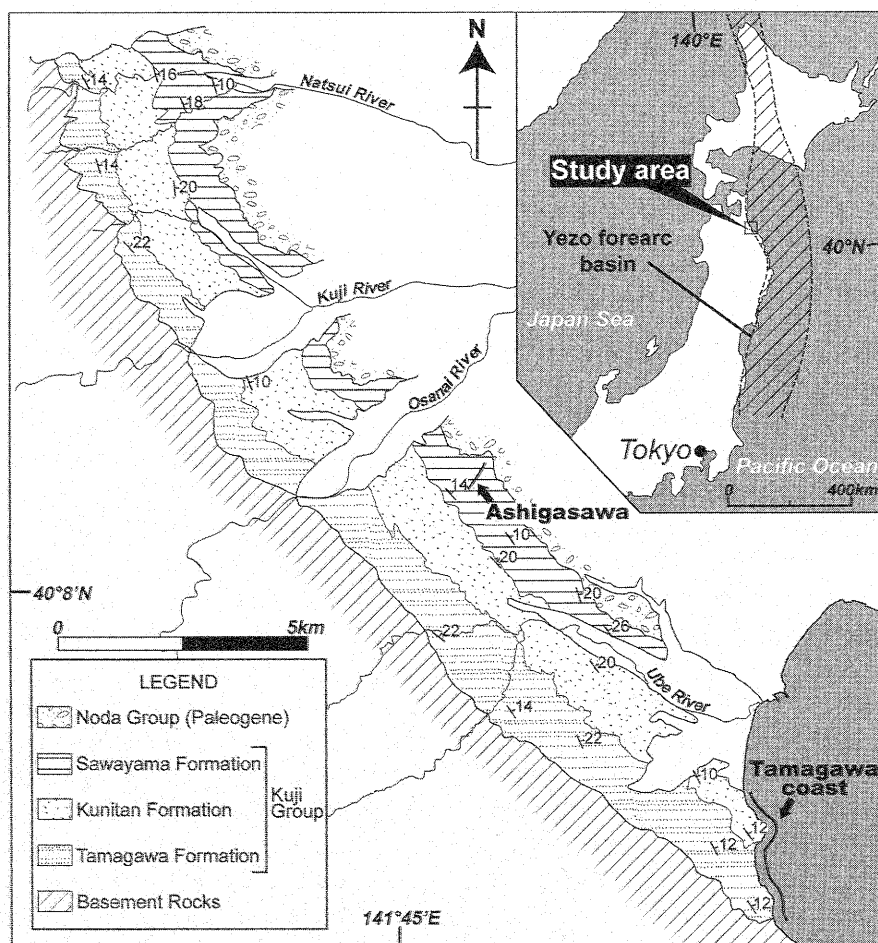


Fig. 1 Index map and geologic map of the study area. Distribution of the Yezo forearc basin after Ando (2005).

Age (This study)	Lithostratigraphy (Sasa, 1932; Yoshida et al., 1987)
Paleogene	Noda Group
early Campanian	Sawayama Formation
Santonian	Kunitan Formation
?	Tamagawa Formation
Pre-Late Cretaceous	Basement rocks

Fig. 2 Lithostratigraphy and age of the Kuji Group.

準化石が産出し (Futakami *et al.*, 1987), その年代は下部から中部がサントニアン期, 上部がカンパニアン期前期とされている (Ando, 1997)。また, 国丹層からはこれまで花粉・胞子化石の産出は報告されていない。沢山層は厚さ約 100 m で, 河川成の礫岩, 砂岩, 泥岩および凝灰岩からなる。玉川層と同様, 大型植物化石の産出が報告されている (Tanai, 1979)。

3. 試料および分析方法

花粉・胞子化石分析に用いた試料は, 玉川層および国丹層については久慈層群分布域の最も南西に位置する玉川海岸からの 18 試料と, 沢山層については久慈層群分布域中央部の芦ヶ沢地域からの 3 試料の, 合計 21 個である (Fig. 1, Fig. 3)。

採取した各試料は, 乾燥した後, 粉碎・篩い分けにより 1.0 ~ 2.36 mm 径にしたものを約 5 g 使用した。粉碎した試料は, 炭酸塩および珪酸塩を除去するため約 17% の塩酸 (HCl) と 55% のフッ酸 (HF) でそれぞれ約 24 時間反応させた。酸処理の後, 水の入れ替えによって中和し, 重液遠心分離を行い, 有機物を濃集した。重液遠心分離は, 比重 2.0 の臭化亜鉛 (ZnBr_2) を重液として用い, 3,000 r.p.m. で 10 分間行った。濃集された有機物は, 開口径 10 μm のメンブレンフィルターを用いたフィルタリングによって水洗した。フィルタリングの後, 有機物の一部をシュルツ氏液 (HNO_3 fuming + KClO_3) で酸化し, 10% のアンモニア水 (NH_3aq) によりフミン酸を中和した後, 再びフィルタリングによる水洗を行った。

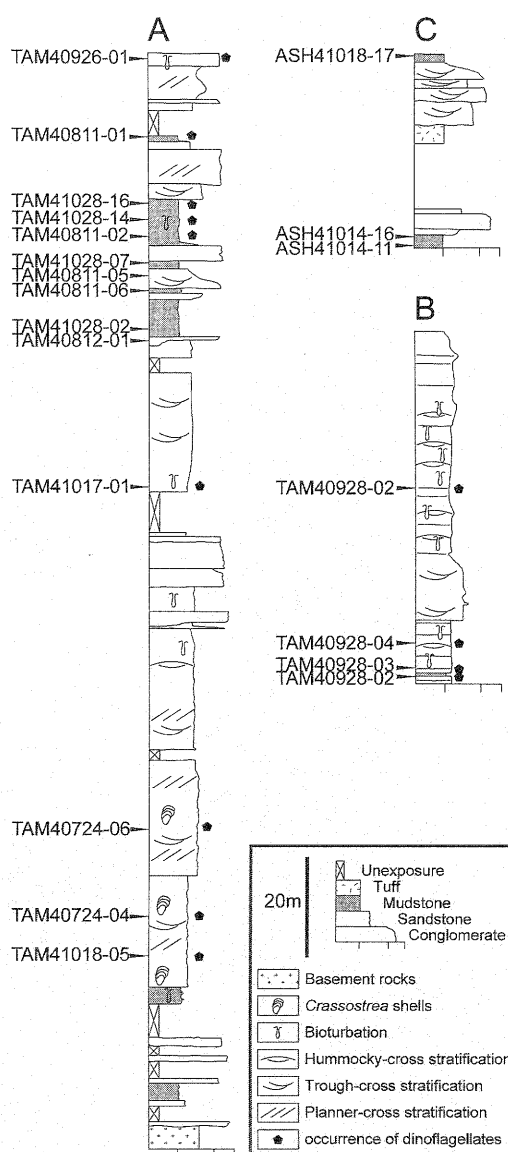


Fig. 3 Stratigraphic columns of the Tamagawa coast section (A: Tamagawa Formation and B: Kunitan Formation) and the Ashigasawa section (C: Sawayama Formation) showing sampled horizons. The top of the column A continues to the base of the column B.

観察用のスライドは, 封入剤としてポリビニルアルコール (PVA) およびポリエステル樹脂を使用し作成した。

検鏡は生物顕微鏡 Nikon Labophot を用いて行い, 200 個体以上のカウントによって花粉・胞子化石の相対産出頻度を求めた。花粉・胞子化石の写真は生物顕微鏡 OLYMPUS BX51 によって微分干渉照明下で撮影した。

4. 花粉・孢子化石群集

検討した全 21 試料から、被子植物花粉化石 22 属、裸子植物花粉化石 21 属、シダ植物孢子化石 48 属を検出し

た。Fig. 4 に、産出した花粉・孢子化石のうち主要なタクサの写真を示す。花粉・孢子化石群集組成の層位的変化に基づき、下位から群集 A, B, C, D の 4 花粉・孢子化石群集を認識した (Fig. 5)。

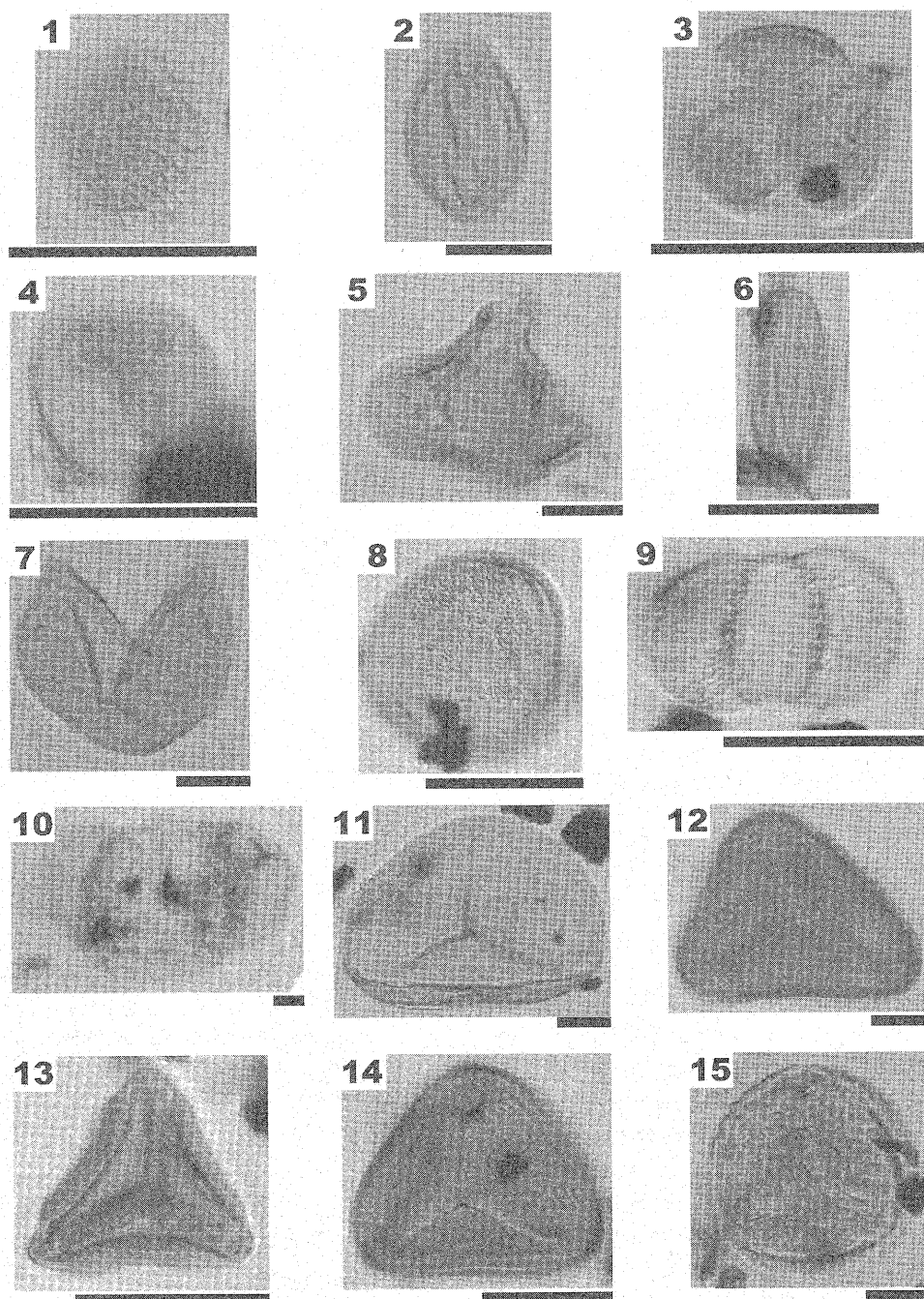


Fig. 4 Photomicrographs of terrestrial palynomorphs from the Kuji Group. Scale bar 20 μ m.

1 : *Retimonocolpites*, 2 : *Tricolpopollenites*, 3 : *Tricolpites*, 4 : *Asteropollis*, 5 : *Aquilapollenites*, 6 : *Ephedripites*, 7 : *Taxodiaceapollenites*, 8 : *Classopollis*, 9 : *Vitreisporites*, 10 : *Ruguvibesculites*, 11 : *Biretisporites*, 12 : *Dictyophyllidites*, 13 : *Gleichmudites*, 14 : *Cicatricosisporites*, 15 : *Camazonosporites*.

群集 A は、玉川層下部～中部の 4 試料からの群集で、裸子植物花粉化石の割合が個体数比で 54.7～69.5%と高く、そのなかでも *Taxodiaceapollenites* が群集全体の 32.0～38.9%と高い割合で含まれる。それに比べて二翼型裸子植物花粉化石の割合は、2.5～12.5%と低い。被子植物花粉化石の中では三溝型花粉の *Retitricolpites* が多く、単溝型花粉の *Retimonocolpites* の産出も特徴的である。また、三溝孔型花粉の *Rhoipites* も産する。裸子植物花粉化石では *Classopollis*, *Cycadopites*, *Ephedripites* の産出頻度が比較的高い。シダ植物胞子化石としては、*Cicatricosisporites*, *Laevigatosporites*, *Cyathidites* などの産出が目立つ。さらに、海成～汽水成堆積物中から普遍的にみられるとされる渦鞭毛藻化石の産出を伴う (Fig. 3)。

群集 B は、玉川層上部の 5 試料からの群集で、シダ植物胞子化石が 40%以上の高頻度で産する。被子植物花粉化石の割合は群集 A に比べて低い。また、被子植物花粉化石のなかでは *Retitricolpites* が比較的高い割合で産する。さらに三突出型花粉の *Fibulapollis* の産出は、久慈層群中ではこの群集が最下位である。裸子植物花粉化石はこの群集で最下位の試料 TAM4010812-01 において 54.5%と高い割合を示すものの、ほかの試料では 30%以下でそれほど高くはない。また、*Taxodiaceapollenites* の割合が群集全体の 20%以下であることやシダ植物胞子化石が 40%以上の高頻度になることは、この群集の大きな特徴である。特に、シダ植物胞子化石の *Laevigatosporites* が非常に高い割合で産出する。裸子植物花粉化石では、*Cycadopites* が比較的多い。シダ植物胞子化石では *Laevigatosporites* のほかに *Appendicisporites*, *Cicatricosisporites*, *Cyathidites*, *Deltoidospora* を比較的多く含む。

群集 C は、玉川層上部および国丹層の 9 試料からの群集で、裸子植物花粉化石が 54.1～68.9%と高く、そのなかでも *Taxodiaceapollenites* が 27.5～42.1%の高い割合を示すことは群集 A に類似する。また、この群集は、二翼型裸子植物花粉化石が 12.9～24.8%と群集 A に比べて高い割合で産することによって特徴付けられる。被子植物花粉化石は、群集 A や B のように *Tricolpites* や *Retitricolpites* などの三溝型花粉が比較的多い。また、北米などで年代指標として有効とされる三突出型花粉 *Aquilapollenites* は、久慈層群中ではこの群集および最上位の群集 D から産出している。裸子植物花粉化石は、*Classopollis*, *Cycadopites*, *Ephedripites*, 二翼型花粉の *Pityosporites* などが比較的多く産出した。シダ植物胞子化石は、*Camaronosporites*, *Cyathidites*, *Laevigatosporites* などが産出した。さらに、群集 A と同様に、渦鞭毛藻化石の産出を伴う (Fig. 3)。

群集 D は、沢山層の 3 試料からの群集で、被子植物花粉化石の割合が 28.9～55.2%と下位のどの群集よりも高いことで特徴付けられる。また、*Taxodiaceapollenites* の割合は、ASH41014-16 の 1 試料を除いて群集 B と同様に低い。被子植物花粉化石は、*Tricolpopollenites* などの三溝型花粉が多くを占めるが、三溝孔型花粉の *Rhoipites* も比較的多い。裸子植物花粉化石では、*Cycadopites* や二翼型花粉の *Rugubivesiculites* などが多く産出した。シダ植物胞子化石では *Laevigatosporites*, *Cyathidites* などが産出した。

5. 群集変化と後背地の古植生変化

久慈層群で認識された 4 つの花粉・胞子化石群集のうち、海生軟体動物化石および堆積相 (照井・長浜, 1995) や渦鞭毛藻化石の産出などから、群集 A と C は海水の影響を受ける環境で堆積した堆積物からの群集であることが分かる。このことから、久慈層群から産出した花粉・胞子化石群集に見られた群集組成変化は、古植生の変化と化石を含む堆積物の堆積環境の変化との双方に影響を受けていると考えられる。

次に古植生変化の考察を行う。堆積環境の変化の影響と、古植生変化の影響が記録されている群集について堆積環境の変化の影響を極力除外できるように、同様の堆積環境からの群集同士を比較する必要がある。しかしながら、非海成層からの群集はより局地的な要素が強く反映されることが予想されるため、本論では海成層からの群集に着目して後背地の古植生変化の考察を行う。一般に海成層から産出した花粉・胞子化石群集は、局所的でないより広域的な後背地の古植生を反映するとされている (栗田ほか, 1997)。そのため、層準の異なる海成層から産出した群集同士を比較することで、広域的な後背地の古植生変化を読み取ることができる。群集 A と C を含む層準の形成環境として、外浜以浅の浅海環境が示唆されている (山内・箕浦, 1986; 照井・長浜, 1995)。さらに、デルタなど河川の流入に強く影響を受ける環境はどちらの層準にも確認されていない。これらのことは、群集 A および C の堆積環境には大きな違いがないことを示す。以上から、群集 A と C の違いは、堆積環境の変化よりも古植生の変化により強く影響を受けていると考えられる。

群集 A と C を比較すると、裸子植物花粉の *Taxodiaceapollenites* が群集中で最も多くを占めていることが共通点として認められる (Fig. 5)。このことは、両群集の堆積期において後背地の森林では、スギ科に近縁な裸子植物針葉樹が主要な要素であったことを示唆する。そして、両群集を比較した際に顕著な変化とし

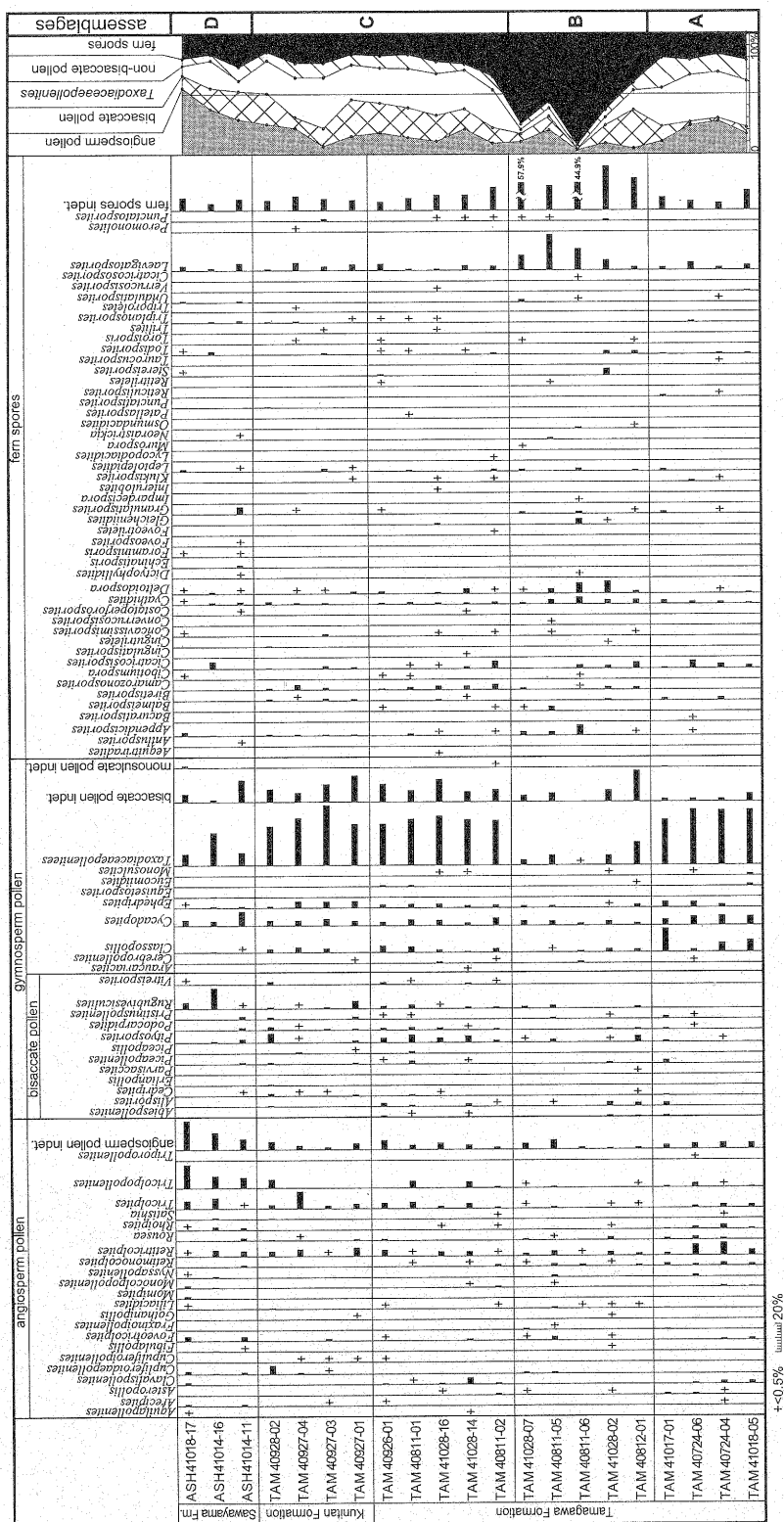


Fig. 5 Relative frequency diagrams of terrestrial palynomorphs of the Kuji Group. Subdivision of assemblages on the right.

て認められるのが群集Cにおける二翼型花粉の割合の増加である。この群集では所属不明二翼型花粉の増加が同様に顕著であるが、そのほかにマツ科に近縁とされる *Pityosporites* とマキ科に近縁とされる *Rugubivesiculites* が比較的顕著に増加している。さらに、シダ植物胞子にも多少の増加が見られるものの、目立った増加を示す属はない。一方で、*Taxodiaceapollenites* には幾分減少が見られる。また、属レベルでの目立った変化は無いものの、被子植物花粉は減少している。そのほか、絶滅した低木の針葉樹とされる (Vakhrameev, 1970) ケイロレピド科の *Classopollis* にもわずかに減少が見られる。以上から、広域的な古植生の変化は、構成要素の比較的小さな変化を伴うものの、主として針葉樹の割合の変化が顕著であったと考えられる。すなわち、群集Aの堆積期にはスギ科が中心であった森林が、群集Cの堆積期にはスギ科とマツ科やマキ科をはじめとする二翼型花粉を生産する針葉樹を主要な要素とする森林へと変化したことが示唆される。

なお、Tanai (1979) は玉川層と沢山層の非海成層から大型植物化石の産出を報告している。大型植物化石は古植生を考察する上で重要な要素であるため、今後、久慈層群で花粉・胞子化石と大型植物化石の両方を検討することで、より総合的な古植生変化の考察が可能となろう。

6. 花粉・胞子化石に基づく地質年代

Miki (1972) は、久慈層群から産出した花粉・胞子化石群集を北海道に分布する函淵層群およびロシアから報告されている群集と比較し、久慈層群を下部セノニアンに対比した。最近、蝦夷前弧海盆における陸上セクションおよび沖合の抗井データに基づくシーケンス層序の総

合的解釈から、沢山層がカンパニアン上部～マーストリヒチアン最下部に対比される (安藤, 2005) など、従来と異なる見解も出されており、検証が望まれる。

北半球の後期白亜紀には、*Aquilapollenites*, *Normapolles*, そして *Schizaeoisporites* パリノフローラ区が存在が知られ、日本を含む東アジア、西ヨーロッパの一部から北米西部にかけての、中緯度から高緯度地域 (北米東部は除く) は *Aquilapollenites* パリノフローラ区に含まれている (Herngreen *et al.*, 1996)。また、被子植物花粉の進化による、主要な形態 (例えば三突出型など) の出現に基づく生層序基準面が Nichols and Sweet (1993) によって北米西部で見いだされ、Nichols (2003) はこれらが北米西部と同じ *Aquilapollenites* パリノフローラ区に属し、生層序シーケンスが類似する東アジアにも適用可能であると述べた。

Aquilapollenites パリノフローラ区において生層序学的に最も有用であるとされるグループの1つとして、*Aquilapollenites* に代表される三突出型花粉 (triprojectate pollen) が挙げられる (高橋, 1996; Nichols, 2003)。三突出型花粉グループは、コニアシアン期/サントニアン期にシベリアとカナダ西部で出現し、カンパニアン期にその属・種の多様化が進み、マーストリヒチアン期にその繁栄の頂点に達したとされる (高橋, 1995; 1996)。また、北米西部ではカンパニアン期中期以降にこれらの多様化が明瞭になる (Nichols, 1994)。

久慈層群の三突出型花粉化石は、玉川層上部で産出頻度・多様性ともに極めて低いものの、*Fibulapollis* と *Aquilapollenites* の産出がみられる (Fig. 5, 6)。また、沢山層においても *Fibulapollis* と *Aquilapollenites* が産出しているものの、玉川層上部と同様に多様性は極めて低い。

Litho-stratigraphy	Assemblage	Sedimentary environment	Paleo-vegetation	triprojectate pollen	Age	
					pollen and spores	ammonoids (Ando, 1997)
Sawayama Formation	D	Fluvial		*		?
Kunitan Formation	C	Estuary to shallow marine		*	early Campanian	early Campanian
				*	Santonian	Santonian
Tamagawa Formation	B	Fluvial		*		?
	A	Estuary to shallow marine	↑ increase of conifer	<i>Fibulapollis</i> <i>Aquilapollenites</i>	?	

Fig. 6 Summary of the palynostratigraphy, paleovegetation and age. Age from pollen and spores by this study.

以上の、久慈層群における三突出型花粉の産出状況および *Aquilapollenites* パリノフローラ区における三突出型花粉の出現と多様化の時期を考え合わせると、玉川層上部から沢山層の年代は、少なくとも三突出型花粉の出現時期であるコニアシアン期/サントニアン期境界以降でかつ、三突出型花粉の多様化以前であるカンパニアン期前期以前の範囲内にあると考えられる (Fig. 6)。以上の結果、久慈層群の年代の下限は不明であるが、従来有効な年代資料が無かった沢山層と玉川層上部に年代制約を与えることができた。

7. ま と め

本研究では、岩手県北東部に分布する久慈層群について、その花粉・胞子化石群集を明らかにした。その群集は、三突出型被子植物花粉化石の産状の北米との比較に基づけば、玉川層上部から沢山層がサントニアン階からカンパニアン階下部に対比されることを示す。石油公団 (2000) および Ando (2003) のコンパイルによれば、今回検討した沿岸陸域の久慈地域から堆積盆地の中心である沖合に向かっては、上部白亜系〜暁新統がより連続して発達するような地層分布が想定されている。今後は花粉・胞子化石生層序と、浅海成層における渦鞭毛藻化石生層序や地震探鉱断面との総合化によって、より詳細な根源岩・貯留岩分布を描くことが期待される。また、本研究のような海成層と非海成層が互層する日本の白亜系を対象とした花粉・胞子化石研究の蓄積は、広く東アジアの陸域・沿岸海域の堆積盆地解析に重要な年代的制約を与えると考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、茨城大学の安藤寿男助教授には現地にて堆積環境について有益な議論をしていただいた。新潟大学の立石雅昭教授と吉田真見子氏には堆積相に関して貴重なご意見をいただいた。芦ヶ沢セクションの調査を行うにあたり、土地所有者の勝田様ご一家と有限会社小野寺木材の方々には快く立ち入りのご許可をいただいた。また、匿名査読者の方々には有意義なご意見をいただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

引 用 文 献

- Ando, H., 1997 : Apparent stacking patterns of depositional sequences in the Upper Cretaceous shallow-marine to fluvial successions, Northeast Japan. *Mem. Geol. Soc. Japan*, 48, 43–59.
- Ando, H., 2003 : Stratigraphic correlation of Upper Cretaceous to Paleocene forearc basin sediments in Northeast Japan : cyclic sedimentation and Basin evolution. *Jour. Asian Earth Sci.*, 21, 919–933.
- 安藤寿男, 2005 : 東北日本の白亜系—古第三系蝦夷前弧堆積盆の地質学的位置づけと層序対比. 石技誌, 70, 24–36.
- Futakami, M., Kawakami, T. and Obata, I., 1987 : Santonian texanite ammonites from the Kuji Group, Northeast Japan. *Bull. Iwate Pref. Mus.*, 5, 103–112.
- Herngreen, G. F. W., Kedves, M., Rovnina, L. V. and Smirnova, S. B., 1996 : Cretaceous palynofloral provinces : a review. In Jansonius, J. and McGregor, D. C. eds. : *Palynology : Principles and Applications*, 3, 1157–1188, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas.
- 岩田尊夫・平井明夫・稲場土誌典・平野真史, 2002 : 常磐沖堆積盆地における石油システム. 石技誌, 67, 62–71.
- 小松直幹, 1979 : 常磐・北上沖の堆積盆地について. 石技誌, 44, 268–271.
- 栗田裕司・松岡数充・小布施明子, 1997 : 堆積環境指標としての有機質微化石 (パリノモルフ). 堆積学研究, 44, 59–69.
- 栗田裕司・横井 悟, 2000 : 中央北海道南部における新生代テクトニクスの変遷と油田構造形成. 石技誌, 65, 58–70.
- Li, W. and Liu, Z., 1994 : The Cretaceous palynofloras and their bearing on stratigraphic correlation in China. *Cret. Res.*, 15, 333–365.
- 三木昭夫, 1972 : 上部白亜系双葉層群の化石花粉・胞子群. 地質雑, 78, 241–252.
- 三木昭夫, 1973 : 北海道天北地方の中部蝦夷層群上部層産の化石花粉・胞子群. 地質雑, 79, 205–218.
- Miki, A., 1972 : Palynological study of the Kuji Group in northeastern Honshu, Japan. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., ser. 4*, 15, 513–604.
- Miki, A., 1977 : Late Cretaceous pollen and spore floras of northern Japan : composition and interpretation. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., ser. 4*, 17, 399–436.
- Nichols, D. J., 1994 : A revised palynostratigraphic zonation of the nonmarine Upper Cretaceous, Rocky Mountain region, United States. In Caputo, M. V., Peterson, J. A. and Franczyk, K. J. eds. : *Mesozoic Systems of the Rocky Mountain Region, USA*, 503–521, Rocky Mountain Section SEPM, Denver.
- Nichols, D. J., 2003 : Biodiversity changes in Cretaceous palynofloras of eastern Asia and western North America.

- Jour. Asian Earth Sci.*, **21**, 823–833.
- Nichols, D. J. and Sweet, A.R., 1993 : Biostratigraphy of Upper Cretaceous nonmarine palynofloras in a north-south transect of the Western Interior Basin. In Caldwell, W. G. E. and Kauffman, E. G. eds. : *Evolution of the Western Interior Basin*, Geol. Ass. Canada Spec. Pap., **39**, 539–584, Geol. Ass. Canada, Toronto.
- 大澤正博・中西 敏・棚橋 学・小田 浩, 2002 : 三陸～日高沖前弧堆積盆の地質構造・構造発達史とガス鉱床ポテンシャル. 石技誌, **67**, 38–51.
- 佐々保雄, 1932 : 岩手懸久慈地方の地質に就いて. 地質雑, **39**, 401–430.
- 石油公団, 2000 : 平成 10 年度国内石油・天然ガス基礎調査 基礎試錐「三陸沖」調査報告書.
- 島津光夫・寺岡易司, 1962 : 5 万分の 1 地質図幅「陸中野田」および同説明書. 地質調査所, 64p.
- Takahashi, K., 1964 : Sporen und Pollen der oberkretazeischen Hakobuchi-Schichtengruppe, Hokkaido. *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. D*, **14**, 159–271.
- Takahashi, K., 1974 : Palynology of the upper Aptian Tanohata Formation of the Miyako Group, Northeast Japan. *Pollen et Spores*, **16**, 535–564.
- 高橋 清, 1995 : 東アジアの白亜紀後期の被子植物花粉の多様化. 地質雑, **101**, 70–78.
- 高橋 清, 1996 : 被子植物花粉の起源と多様化. 海鳥社, 244p.
- Takahashi, K. and Sugiyama, R., 1990 : Palynomorphs from the Santonian Uge Member of the Taneichi Formation, Northeast Japan. *Bull. Fac. Liberal Arts, Nagasaki Univ. (Nat. Sci.)*, **30**, 133–573.
- 武富 浩・西田英毅, 2002 : 石狩～日高堆積盆における石油システムー勇払油ガス田の地化学データを中心としてー. 石技誌, **67**, 52–61.
- Tanai, T., 1979 : Late Cretaceous floras from the Kuji district, northeastern Honshu, Japan. *Jour. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. 4*, **19**, 75–136.
- 照井一明・長浜春夫, 1995 : 上部白亜系久慈層群の堆積相とシーケンス. 地質学論集, **45**, 238–249.
- 徳永重元・高瀬一成, 1968 : 岩手県久慈炭田産孢子・花粉化石の研究. 地調月報, **19**, 495–505.
- 徳永重元・尾上 亨・照沼義夫・川前浩二・中村一夫, 1972 : 東日本における中生代花粉・孢子化石の研究 その 1 – 銚子・大洗・双葉地域産 –. 地調月報, **23**, 305–311.
- 梅津慶太・松岡 篤, 2003 : 福井県九頭竜川上流地域の手取層群から産出した前期白亜紀孢子・花粉化石. 地質雑, **109**, 420–423.
- Umetsu, K. and Sato, Y., in press : Early Cretaceous terrestrial palynomorph assemblages from the Miyako and Tetori Groups, Japan, and their implication to paleophytogeographic provinces. *Rev. Palaeobot. Palynol.*
- Vakhrameev, V. A., 1970 : Range and paleoecology of Mesozoic conifers, the Cheirolepidiaceae. *Paleont. Jour.*, **1**, 12–25.
- 山内 仁・箕浦幸治, 1986 : 久慈地域の久慈層および野田層 – 上部白亜系・古第三系堆積盆にみる堆積過程. 弘前大学理科報告, **33**, 96–120.
- 吉田 尚・吉井守正・片田正人・田中啓策・坂本 亨・佐藤博之, 1987 : 陸中大野地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 70p.