PRESS RELEASE 2023/12/6

国内最大の恐竜全身骨格カムイサウルス（むかわ竜）共産の白亜紀末期の被子植物花粉化石を発見

静岡大学の LEGRAND Julien 助教らの研究グループ（静岡大学，むかわ町穂別博物館，東京大学）は，北海道むかわ町穂別で発見された国内最大の恐竜全身骨格である通称「むかわ竜」，カムイサウルス・ジャポニクス（*Kamuysaurus japonicus*）の化石の周囲の地層から，日本初産出の被子植物花粉を含む多くの花粉や胞子の化石を発見しました．

産出した花粉種を含む被子植物についての花粉層序（花粉化石から地質時代を決定する研究）を再検討した結果，カムイサウルスが産出した地層からは白亜紀最末期のマーストリヒチアン期の花粉化石が多産する一方，そのひとつ前の時代；カンパニアン期に絶滅した花粉化石は発見されませんでした．このことから，カムイサウルスがマーストリヒチアン期初期に生息したことが支持されました．カムイサウルスが産出した蝦夷層群は，白亜紀の北西太平洋地域の標準層序であるため，同時期の被子植物の進化過程を高時間分解能で解明できると期待されます．

本研究の成果は，国際誌 「Palaeontological Research」電子版に 11 月 30 日に掲載されました．

【むかわ竜のこれまで】

（１）むかわ竜の発見と全身骨格の発掘

2013 年 7 月，北海道むかわ町穂別（図 1）に分布する上部白亜系函淵（はこぶち）層の海成層（約 7,200 万年前の外側陸棚堆積物，水深およそ 80～200 メートルの範囲内）からハドロサウルス科の骨格化石（13 個の尾椎骨）が確認され，報道発表を行いました（H25.7.17「むかわ町穂別から恐竜化石を発見ーハドロサウルス科恐竜か」http://www.town.mukawa.lg.jp/3391.htm）．その後，2013 年 9 月と 2014 年 9～10 月に全身骨格が発掘され，クリーニング作業が行われて全身のおよそ 6 割の骨が確認され，体積では 8 割を超える骨格が揃っていたことが明らかになりました．

（２）カムイサウルス記載論文の出版

2019 年 9 月にむかわ竜は新属新種のカムイサウルス・ジャポニクスという学名に命名されました（Kobayashi *et al.*, 2019）．古地理学的な解析から，カムイサウルスを含むエドモントサウルス族の祖先は，アジアと北米に広く分布し，現在のアラスカを通って両大陸を行き来していたと考えられていました．エドモントサウルス族の一部の恐竜（カムイサウルス，ケルベロサウルス，ライヤンゴサウルス）は極東地域に隔離され，白亜紀のカンパニアン期には独自の進化を遂げたと考えられました．（R1.9.6「むかわ竜を新属新種の恐竜として「カムイサウルス・ジャポニクス（*Kamuysaurus japonicus*）」と命名 ～ハドロサウルス科の起源を示唆～」http://www.town.mukawa.lg.jp/secure/5406/hobetsu_dinosaur_(Mukawa_ryu)_press_release_201909.pdf）

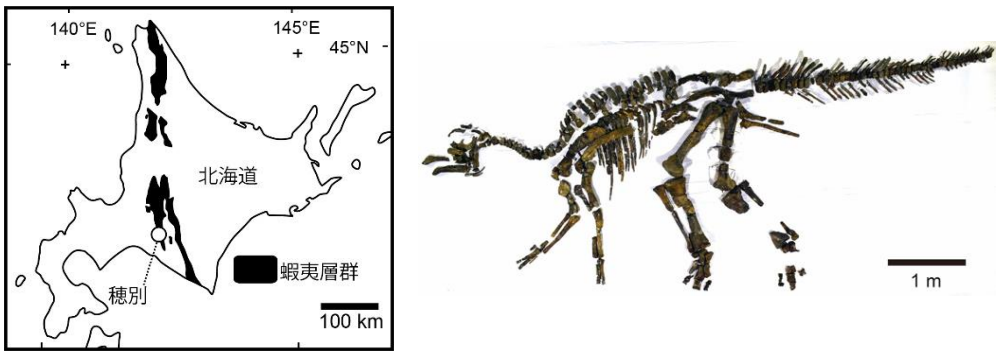

図 1．むかわ町穂別の位置図とカムイサウルス全身骨格写真.

（１）研究試料

カムイサウルス発掘の際に骨格化石の周囲を石膏で覆って回収されたジャケット中の砂質泥岩を 2019 年 8 月及び 2022 年 9 月に LEGRAND 助教らが採集しました（図 2）．採集したカムイサウルスの尾骨(J2)，左脛骨付近(J12)，背椎付近（J24D），肩甲骨および腹部付近（J25D），右大腿骨付近(J27-10)，および頭骨付近（J26-4，J29D）に対応する 7 つの試料で，そのうちの J24D，J25D，J29D は，ジャケットのダウン（D）部分，すなわちカムイサウルス骨格化石産出層（ボーンベッド）内にある砂質泥岩です.

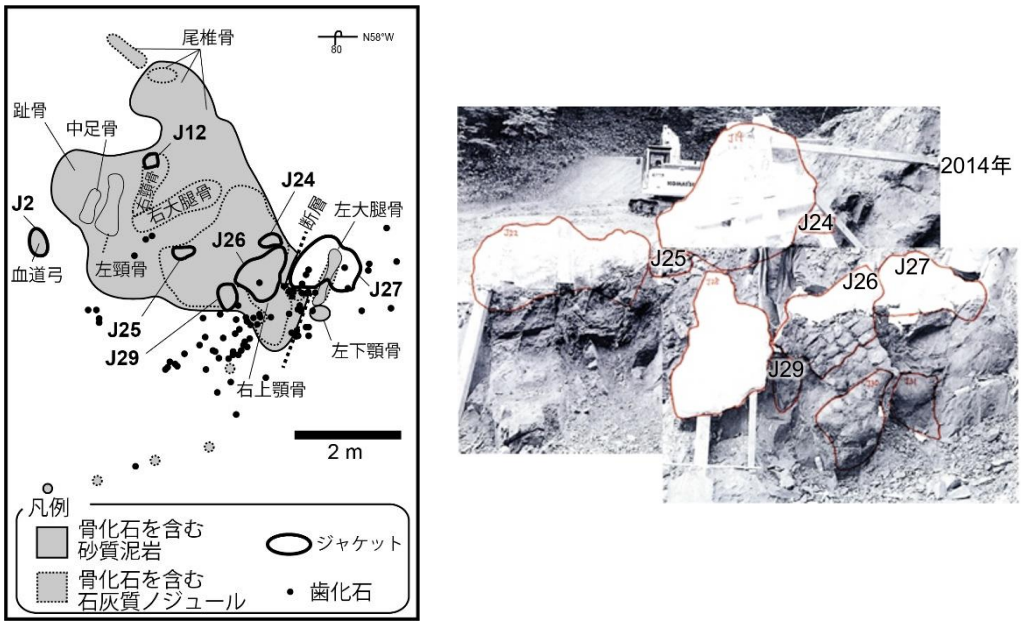

図 2. 花粉分析を行ったジャケット 7 試料の位置.

（2）カムイサウルスが生息した地質時代

カムイサウルスの生息年代は，産出層準の 5 m 下および 3 m 上から発見されたアンモナイト *Nostoceras hetonaiense* 帯に含まれるアンモナイト *Pachydiscus* (*Neodesmoceras*) *japonicus* に基づいて推定されています.

この *Nostoceras hetonaiense* アンモナイト化石帯は，アンモナイト・イノセラムス・微化石層序によって，マーストリヒチアン期最前期に対比されていました．他方で，四国の和泉層群の古地磁気層序によると，本化石帯の下部はカンパニアン期最後期に対比されるため，カムイサウルスが産出した地質時代はカンパニアン期最後期の可能性も残されていました.

カンパニアン期からマーストリヒチアン期にかけては全球的に寒冷化し，植生も変化したことが知られています．そのため，カムイサウルスと共産する植物化石が明らかになれば，カムイサウルスが生息した周囲の植生を明らかにでき，さらに生息時代を制約することができる可能性があります．そこで，我々はアジア - 北米のカンパニアン期からマーストリヒチアン期の生層序に利用される三突出型（Triprojectate）花粉（極軸に 3 つの三突部を持つ花粉）の花粉層序をまとめ，カムイサウルスと共産する花粉化石との比較を試みました.

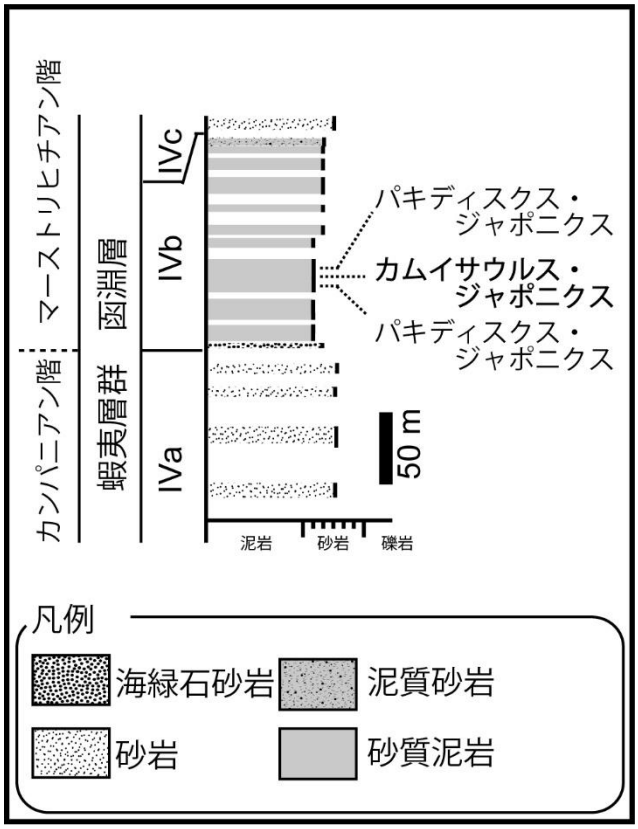

図３．カムイサウルスが産出した蝦夷層群函淵層 IVb ユニットの柱状図.

（３）カムイサウルス骨格化石産出層の花粉分析

カムイサウルスが産出した堆積物中に含まれている有機質微化石(＝パリノモルフ)を抽出するため，乳鉢で粉砕した岩石試料をフッ化水素酸や塩酸，硝酸で酸処理し，濾過・遠心分離後，直径 10～100 ㎛の残留物をカナダバルサムでマウントしました．陸上植物の胞子・花粉の外壁はスポロポレニンという高分子化合物が主成分であるため，堆積物中で長期間分解されずに酸処理して砂や泥を溶かしても保存されやすい特徴があります.

本研究プロジェクトではカムイサウルスのジャケットの 7 試料から，胞子 30 種，裸子植物花粉 10 種，被子植物花粉 30 種以上が確認されました．被子植物花粉の内，今回の研究で対象とした三突出型花粉は 6 属 15 種です．三突出型花粉の内，日本の固有種が 5 種確認され，この内 *Triprojectus blandus, T. elegans, T. granatus* の 3 種は日本から初めて産出が確認されました（図 5）.

（４）三突出型花粉について

三突出型花粉とは，一般的に極軸に３つの突出部を持つ花粉です（図 4）．白亜紀後期の北半球に広く分布し，生層序に利用されています．三突出型花粉は化石としてはチューロニアン後期から漸新世まで報告され，カンパニアン期～マーストリヒチアン期にもっとも多様化しています．世界的に分布する種が多く，アジアでは，シベリア・ロシア極東・中国北東部・日本の多くの地域の花粉化石相で主体となっています．

今回の研究で得られた三突出型花粉の内，*Integricorpus kokufuense*, *Pseudoaquilapollenites melior*, *Ps. melioratus*, *Ps. mirus*, *Triprojectus hakobuchiensis* は日本の固有種です．他方で，これまでに日本から報告されてこなかった，*Triprojectus blandus*, *T. elegans*, *T. granatus* を初めて確認しました（図 5）．

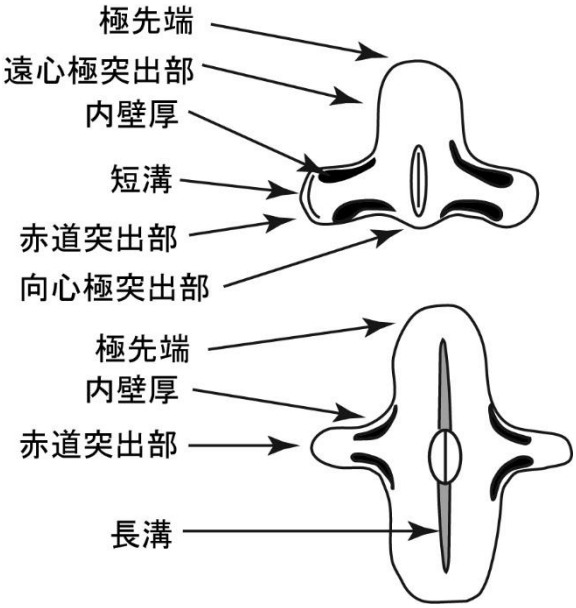

図 4．三突出型花粉（Triprojectate 花粉）の形態（Farabee, 1993 を参考に制作）．

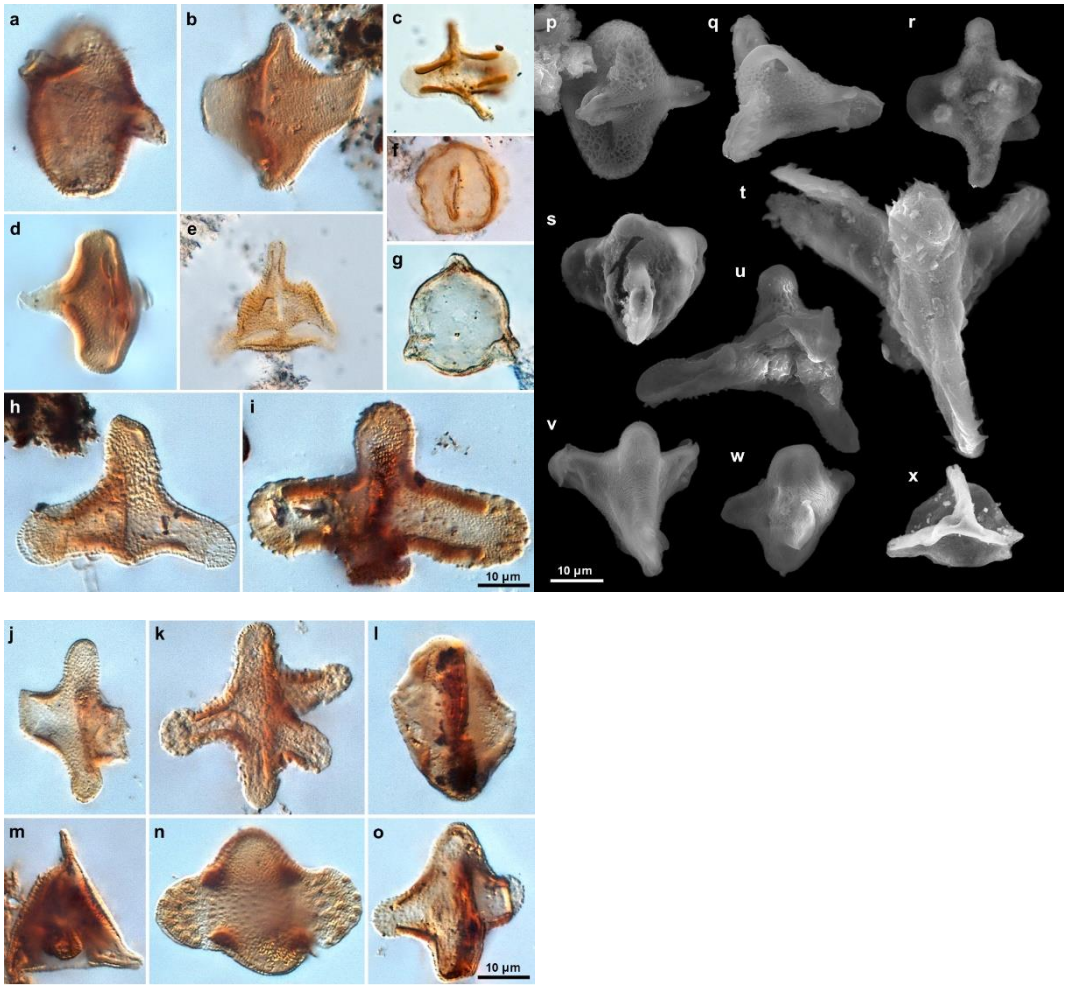

図 5．カムイサウルス化石のジャケット試料から得られた三突出型花粉（a-o：微分干渉顕微鏡；p-x：走査型電子顕微鏡）．

a, *Integricorpus kokufuense*; **b,** *Pseudoaquilapollenites melior*; **c,** *Pseudoaquilapollenites melioratus*; **d, e,** *Parviprojectus reticulatus*; **f, g,** *Orbiculapollis globosus*; **h,** *Reticorpus delicatus*; **i,** *Triprojectus attenuatus*; **j,** *Triprojectus blandus*; **k,** *Triprojectus elegans*; **l,** *Triprojectus granatus*; **m,** *Triprojectus hakobuchiensis*; **n,** *Triprojectus normalis*; **o,** *Triprojectus turbitus;* **p,** *Integricorpus kokufuense*; **q,** *Triprojectus normalis*; **r,** *Triprojectus blandus*; **s,** *Triprojectus miser*; **t,** *Triprojectus attenuatus*; **u,** *Reticorpus delicatus*; **v,** *Pseudoaquilapollenites melior*; **w,** *Pseudoaquilapollenites mirus*; **x,** *Triprojectus hakobuchiensis.*

（5）花粉化石で推定するカムイサウルスの地質時代

カムイサウルス産出層から同定した三突出型花粉の中で、世界的に分布する種（*Orbiculapollis globosus, Parviprojectus reticulatus, Reticorpus delicatus, Triprojectus attenuatus*）と共に，北米に主に分布する種（*Triprojectus turbitus*）も見つかりました（図 6）．先行研究の放射年代値，古地磁気層序，天文年代層

序，アンモナイト化石層序のデータに基づくと，これらの花粉はマーストリヒチアン期にのみ共存します．

その他の三突出型花粉はアジアを中心に分布し，5 種（*Ps. melior, Ps. melioratus, Ps. mirus, T. elegans, T. granatus*）の産出はマーストリヒチアン期に限られています．

なお，函淵層から見つかった花粉群集には，先行研究でカンパニアン期末に絶滅したとされる種は確認されませんでした．

以上のことから，カムイサウルス化石のジャケット試料から得られた三突出型花粉は，以前から推測されていたマーストリヒチアン期前期の年代を支持しました．若干の可能性が残されていたカンパニアン期最後期であることを支持しませんでした．

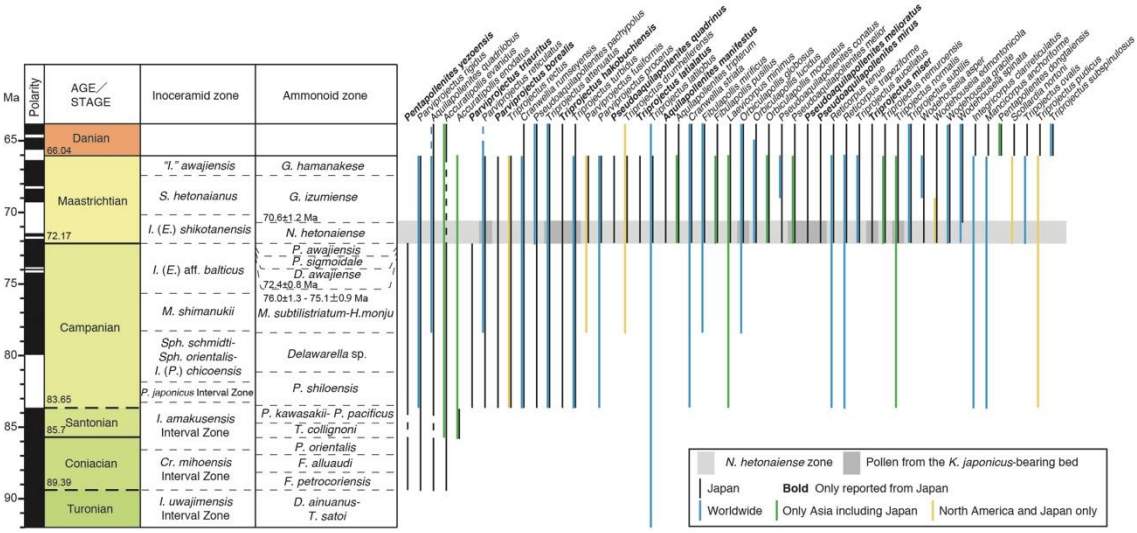

図 6.　日本産三突出型花粉化石のリストとレンジ．

（6）カムイサウルスと三突出型花粉の生育環境

三突出型花粉は花化石内で発見されたことはなく，類縁は現生種との花粉形態比較からビャクダン目またはセリ目（被子植物，コア真正双子葉類）の類縁が推定されています（図 7）．特に，ビャクダン目オオバヤドリギ科との類似性が挙げられています．

オオバヤドリギ科は世界の熱帯・温帯地域を中心に分布し，日本には落葉広葉樹に寄生するホザキヤドリギ属(*Loranthus*), 針葉樹に寄生するオオバヤドリギ属(*Taxillus*)などが自生し，アジア原産のグミバヤドリギ属(*Scurrula*)も知られています．オオバヤドリギ科の中生代の花化石記録がありませんが，科内で最も原始的で三突出型花粉に類似する花粉を持つヌイチア属（*Nuytsia*）・アトキンソニア属（*Atkinsonia*）・ガイアデンドロン属（*Gaiadendron*）を，今回のイラストのモ

デルにしました．

オオバヤドリギ科は氾濫原から海岸やマングローブに生育しています．河口付近から海岸性の植物として，本花粉分析では被子植物ではオオバヤドリギ科のみ得られましたが，先行研究では函淵層から被子植物のイネ科（Miki, 1977）とガマ科（Sato, 1961）の花粉が報告されています．これらの結果は，これまで発見されたハドロサウルス亜科の生息域の植生とも整合的です．

図 7．海岸で咲いている三突出型花粉由来のビャクダン目とカムイサウルス・ジャポニクスのイラスト．服部雅人氏提供．

【引用文献】

Farabee, M. J., 1993: Morphology of triprojectate fossil pollen: form and distribution in space and time. *The Botanical Review*, vol. 59, p. 211–249.

Kobayashi, Y., Nishimura, T., Takasaki, R., Chiba, K., Fiorillo, A. R, Tanaka, K., Chinzorig, T., Sato, T. and Sakurai, K., 2019: A new hadrosaurine (Dinosauria: Hadrosauridae) from the marine deposits of the Late Cretaceous Hakobuchi Formation, Yezo Group, Japan. *Scientific Reports*, vol. 9, 12389.

Miki, A., 1977: Late Cretaceous pollen and spore floras of northern Japan: composition and interpretation. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series 4 (Geology and Mineralogy)*, vol. 17, p. 399–436.

Sato, S., 1961: Pollen analysis of carbonaceous matter from the Hakobuchi Group in the Enbetsu district, northern Hokkaido, Japan. *Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University, Series 4 (Geology and mineralogy)*, vol. 11, p. 77–93.

【論文情報】

掲載誌：　Palaeontological Research　（日本古生物学会欧文誌）

論文タイトル：　Revision of the triprojectate and oculate angiosperm pollen record in Japan, with new data from the Maastrichtian of the Hakobuchi Formation, Yezo Group, in the Hobetsu area of Hokkaido

著者：Julien Legrand[1,2]*, Miyu Baba[1], Tomohiro Nishimura[3], Masayuki Ikeda[1,2]
(*責任著者, [1] 静岡大学, [2] 東京大学, [3] むかわ町穂別博物館)

DOI：https://doi.org/10.2517/PR220012

お問い合わせ先

【問い合わせ先】

静岡大学理学部地球科学科　助教
LEGRAND Julien（ルグラン ジュリアン）
E-mail: legrand.julien@shizuoka.ac.jp
TEL: 054-238-4797

むかわ町穂別博物館
学芸員　西村智弘（にしむらともひろ）
E-mail: tnishimura@town.mukawa.lg.jp
TEL: 0145-45-3141, FAX: 0145-45-3141