

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～

ポイント

- ・むかわ竜が新属新種の恐竜であることが判明し、「カムイサウルス・ジャポニクス」と命名。
- ・カムイサウルスを含むエドモントサウルス族の起源と移動経路を解明。
- ・初期のハドロサウルス科の多様化を引き起こした環境が判明。

概要

北海道大学総合博物館の小林快次教授を中心とする研究グループ（北海道大学，むかわ町穂別博物館，岡山理科大学，米国ペロー自然科学博物館，筑波大学，モンゴル古生物学地学研究所，東京学芸大学の共同研究）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」が比較研究と系統解析の結果，新属新種の恐竜であることを明らかにし，「カムイサウルス・ジャポニクス」という学名を命名しました。この学名の意味は，「日本の竜の神（日本の神トカゲ）」です。カムイサウルスは，系統解析の結果，ハドロサウルス科ハドロサウルス亜科エドモントサウルス族に属し，ロシアのケルベロサウルスと中国のライヤングサウルスに近縁な恐竜であることがわかりました。組織学研究の結果，カムイサウルスは，年齢が9歳以上の成体で，体長8メートル，体重4～5.3トンの恐竜であることが判明しました。また，カムイサウルスの頭の骨である前頭骨には，鼻骨との大きな関節面があり，トサカを持っていた可能性が示唆されます。そのトサカは，北米から発見されているブラキロフォサウルスの亜成体が持つトサカのような，薄く平たいトサカであったと考えられます。カムイサウルスを含むエドモントサウルス族の最新共通祖先は，現在のアラスカを通じてアジアと北米に広く分布していましたが，カムイサウルスとケルベロサウルスとライヤングサウルスの仲間（クレード）は，カンパニア期には極東地域に存在し，その後独自の進化を遂げたと推測されます。カムイサウルスは，海成層から発見されていますが，小林教授らの解析により，初期のハドロサウルス科にとって，海岸線を生息環境としていたことが多様化に大きく寄与していることが判明しました。

【むかわ竜のこれまで】

（1）むかわ竜の発見（平成25年7月）

平成25年7月，北海道むかわ町穂別（図1上）に分布する上部白亜系^{はこぶち}函淵層の海成層（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：図1下）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>）。



図 1. むかわ町穂別の位置図と発見されたむかわ竜の尾椎骨化石

(2) 第一次穂別恐竜発掘の報告と全身骨格の可能性（平成 26 年 1 月）

平成 26 年 1 月には、平成 25 年夏の第一次穂別恐竜発掘の報告を行いました（図 2）。その際に、むかわ竜が全身骨格である可能性が高いことを示唆し、少なくとも 3 割程度が発見されたと報告しました。（H26. 1. 17「平成 25 年度恐竜発掘成果報告－むかわ町穂別から恐竜全身骨格化石を確認」<http://www.town.mukawa.lg.jp/3391.htm>）。



図 2. 平成 25 年の発掘風景。確認された主な骨の名称（部位名）を示す

(3) 第二次穂別恐竜発掘の報告と頭骨の発見（平成 26 年 10 月）

平成 26 年 10 月に、第二次穂別恐竜発掘の報告を行いました（図 3）。この時には、頭骨の部分骨（上

顎骨の一部)を報告し、体の骨だけではなく頭の骨が含まれていることを確認しました。これによって、この恐竜化石が全身骨格であることがより確実になりました(H26.10.10「むかわ町穂別産恐竜の頭骨一部を発見」<http://www.town.mukawa.lg.jp/3391.htm>)。

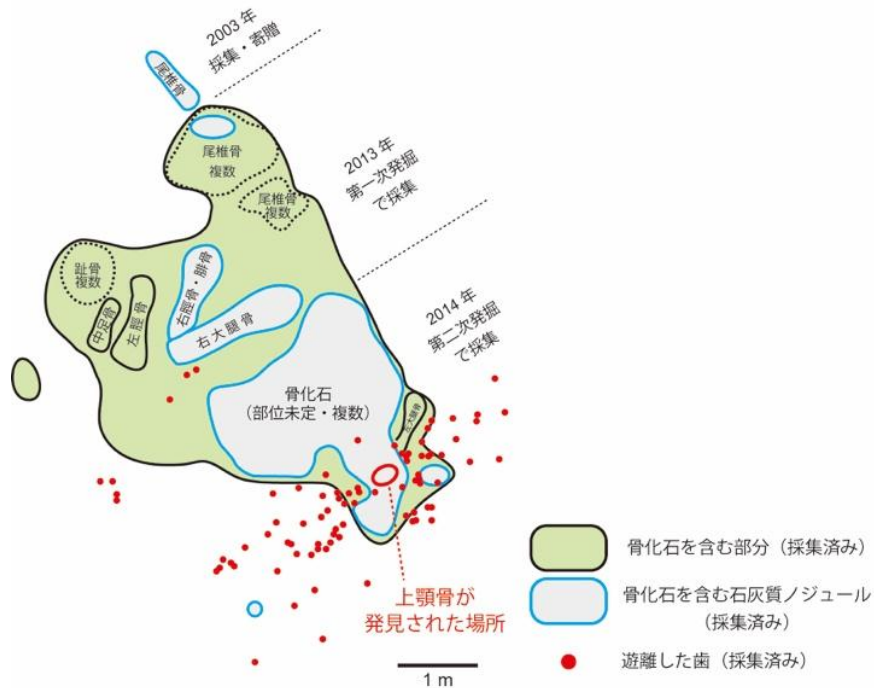


図3. 発見されたむかわ竜の骨化石の分布及び上顎骨と歯の発見された場所

(4) クリーニング作業の経過報告とむかわ竜の全身骨格 (平成29年4月)

第一次・第二次穂別恐竜発掘とその後の追加発掘によって掘り出されたむかわ竜の骨化石について、多くの石膏ジャケットに含まれている化石のクリーニング作業が行われたため、その成果を平成29年4月に発表しました。図4は、この時点で確認できた骨のみを並べた写真です(H29.4.28「国内最大の恐竜全身骨格を発見(むかわ竜)」<http://www.town.mukawa.lg.jp/3391.htm>)。



図4. 平成29年4月の時点で発表したむかわ竜の全身骨格

(5) クリーニング作業の終了とむかわ竜の全身骨格 (平成30年9月・平成31年3月)

骨化石を岩から取り出すクリーニング作業がほぼ終了したことを報告しました。その時点で同定ができていない骨が数多くありましたが、体の全体像がくっきりとわかるくらいの全身骨格標本であることが確認されました（図5）。平成29年に報告した全身骨格写真（図4）と比較してもその違いは明らかで、特に、頭骨・肩帯・前肢・胴椎骨・腰帯・大腿骨・尾椎骨が揃っていることがわかります。全身のおよそ6割の骨が確認され、体積で言えば8割を超える骨格と言えます。大型恐竜としてこれだけ骨が揃った全身骨格化石は本邦初です。

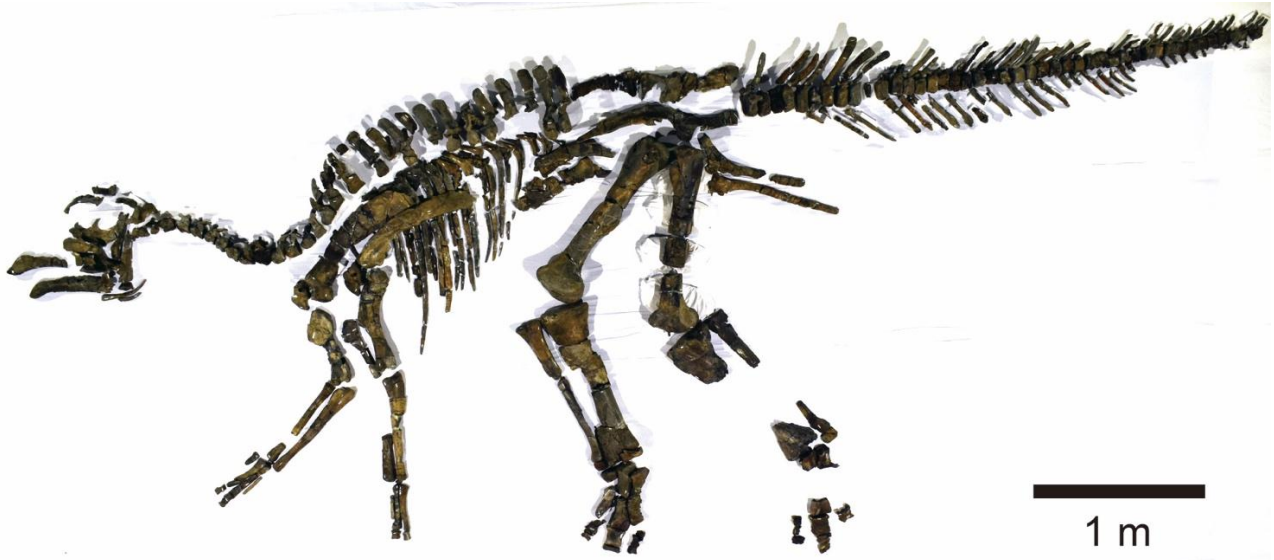


図5. むかわ竜全身骨格写真（平成31年3月）

(6) 日本古生物学会で発表された研究成果

クリーニング終了後、北海道大学、むかわ町穂別博物館、岡山理科大学、米国ペロー自然科学博物館、筑波大学、モンゴル古生物学地学研究所、東京学芸大学の共同研究によって作業が進められました。その結果、むかわ竜には他の恐竜には見られない固有の特徴が多くみられ、新属新種である可能性が極めて高くなりました。例えば、華奢で細い前あしや背骨（胴椎骨）の上に伸びる突起（神経棘）が大きく前に傾いていることが挙げられます（図6）。それ以外にも多くの固有の特徴が頭骨にもみられ、むかわ竜は他の恐竜とは異なると言えます。

系統解析を行った結果、むかわ竜は、ハドロサウルス科のうちのハドロサウルス亜科に属することが判明しました（図7）。さらに、その中でもエドモントサウルス類（族）というグループに属し、特に中国のライヤングサウルスとロシアのケルベロサウルスに近縁であることがわかってきました。

さらに、後ろ足（脛骨）の骨の断面を分析した結果、むかわ竜は9歳以上の成体であることが確実で、おそらく12歳以降に死亡したと考えられます（図6）。また、上腕骨と大腿骨の太さ（周囲長）から、体重が二足歩行の場合4トン、四足歩行の場合5.3トンと推定されました。

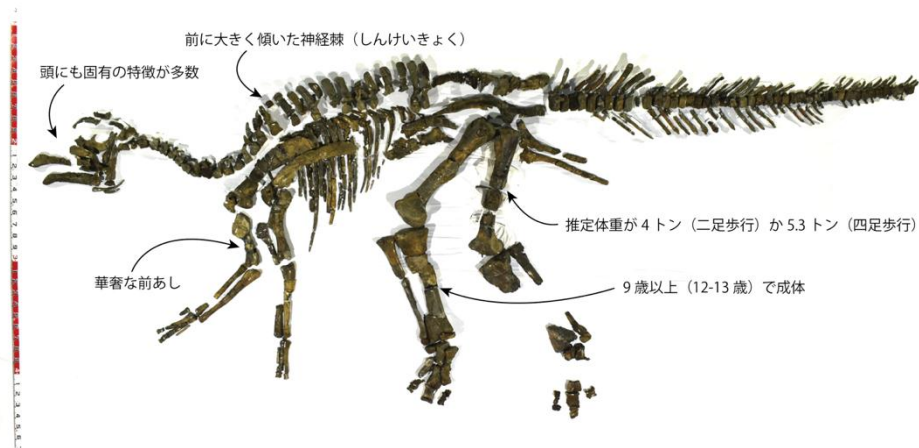


図 6. むかわ竜に見られる固有な特徴の例と推定年齢及び体重

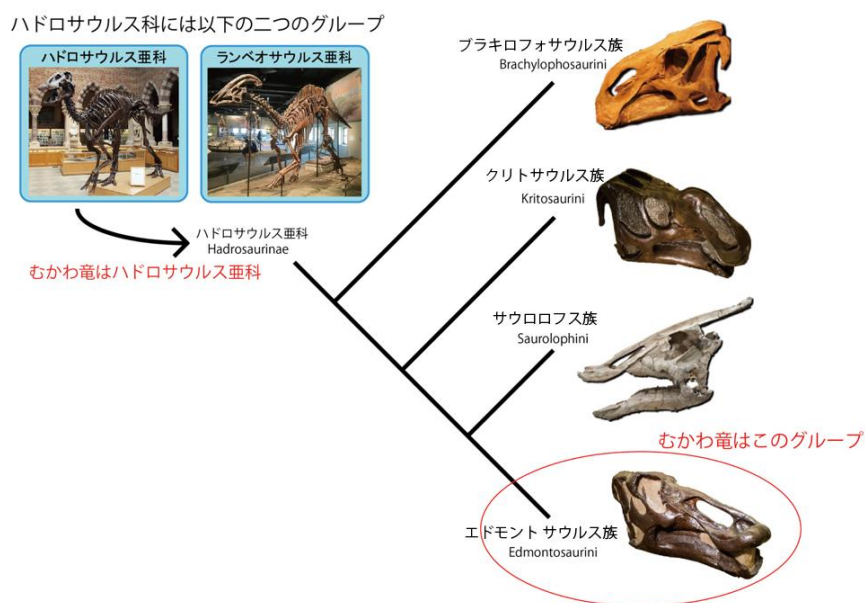


図 7. 系統解析によるむかわ竜の分類

(7) 今回論文で発表される研究成果

・新属新種

むかわ竜は、3つの他の恐竜に見られない特徴（固有な特徴）を有し、さらに、ユニークな13の特徴のコンビネーションを持つことから、新しい恐竜であることが判明し、「カムイサウルス・ジャポニクス」という学名が付けられました。

分類

Ornithischia 鳥脚亜目

Hadrosauridae ハドロサウルス科

Hadrosaurinae ハドロサウルス亜科

Edmontosaurini エドモントサウルス族

Kamuysaurus japonicus カムイサウルス・ジャポニクス **新属・新種**

3つの固有な特徴は、(1)方形骨にある方形頬骨が入るくぼみ (quadratojugal notch) の位置が低い、

(2)上角骨の上に伸びる突起 (ascending process) が短い, (3)第 6~12 胸椎骨の神経弓が前方に傾いている, といった特徴です。

さらに, ユニークな 13 の特徴のコンビネーションは, 2 つの歯の特徴 ((4)カーブした上顎歯の primary ridge; (5)下顎歯の歯冠の縦横比が 3.30 以上), 9 つの頭骨の特徴 ((6)中程度に内側に伸びる歯骨の結合突起 (symphyseal process); (7)歯骨の鉤状突起の前部が後部よりも発達している; (8)頬骨の前突起の下部にある三角形の突起の高さがその幅とほぼ同じ; (9)頬骨の口蓋骨関節面が中程度に傾く; (10)頬骨の方形頬骨突縁 (quadratojugal flange) の後方縁がほぼ直線; (11)前前頭骨の眼窩の縁がスムーズにカーブしている; (12)後眼窩骨の鱗状骨突起が quadrate colytus よりも前で終わる; (13)前頭骨に鼻骨縫合面; (14)前頭骨の鼻骨縫合面が長い), 2 つの体骨格の特徴 ((15)上腕骨の三角筋稜が弱く発達; (16)華奢な上腕骨) です (図 9, 10)。



図 8. カムイサウルスの骨格図 (白部が発見された部位)

・系統解析

カムイサウルスが、他の恐竜とどのような関係があるかを解明するために、70種類のハドロサウルス類から350個の骨の形（形質）を検討し、系統解析を行いました（図11）。その結果、ハドロサウルス科が、4つのグループ（ブラキロフォサウルス族、クリトサウルス族、サウロロフス族、エドモントサウルス族）で構成されることが確認され、カムイサウルスは、エドモントサウルス族に属することが確認されました。このエドモントサウルス族はさらに二つに別れ、一つは中国のシャントングサウルスとカナダのエドモントサウルスから構成されるグループ、そしてもう一つはカムイサウルス・ケルベロサウルス・ライヤングサウルスから構成されるグループです。カムイサウルスは、ケルベロサウルスとライヤングサウルスよりも、原始的（基盤的）な恐竜です。

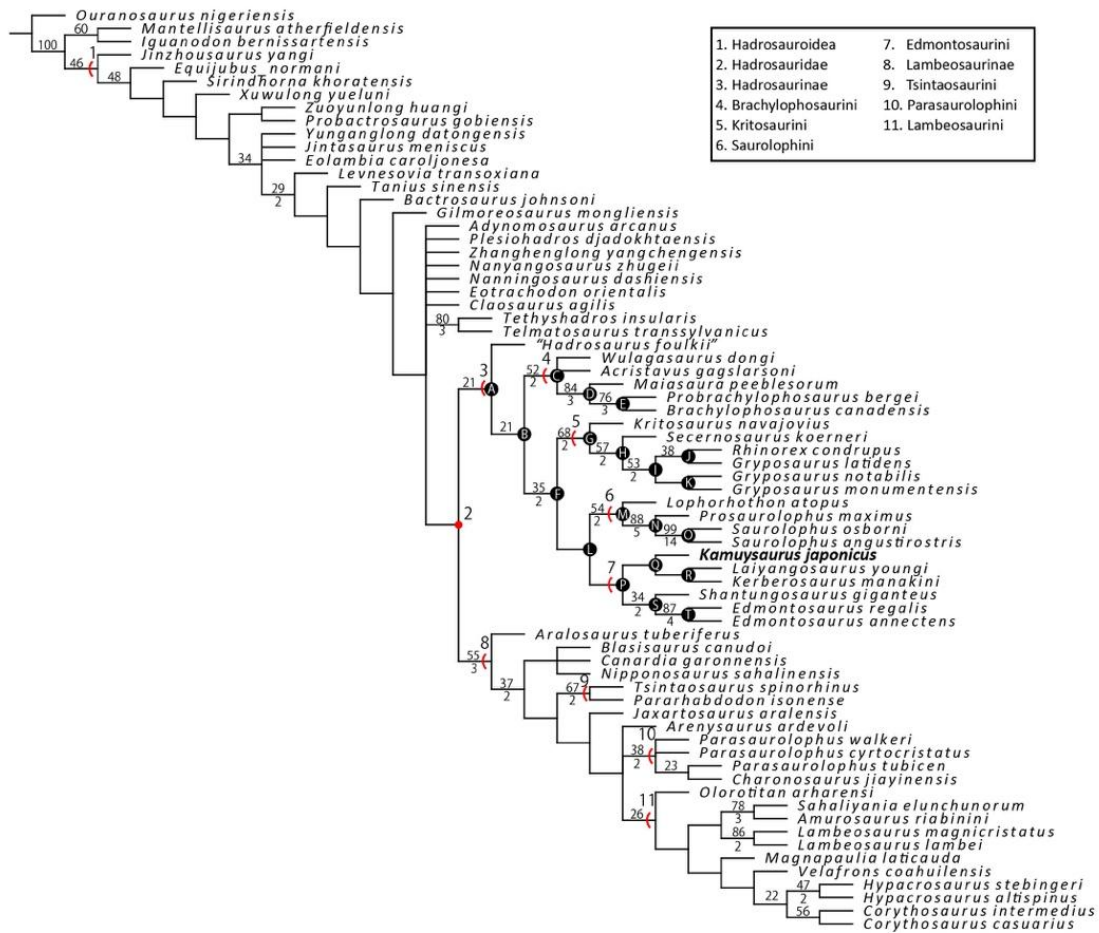


図 11. 系統解析によるカムイサウルスの位置

・年齢と体重

北海道大学にある薄片室において脛骨の最も細い中央部分を切断し、厚さ 150 μm の薄片を作成しました。その結果、9本の成長停止線が観察され、その骨組織の構造や復元された成長曲線から成体であることがわかりました。年齢推定を行った結果、9本の成長停止線のうち最初の停止線が2.85~4.4歳の時に形成されたものと推測され、2本から4本の成長停止線が消えていると考えられます（図12）。

体重は、二足歩行である場合と四足歩行である場合とで異なる計算式を使用しました。カムイサウルスが、二足歩行であった場合 4,087 ± 1,047 kg、四足歩行であった場合 5,296 ± 1,357 kg という結果が出ました。また、全長は8メートルと考えられます。

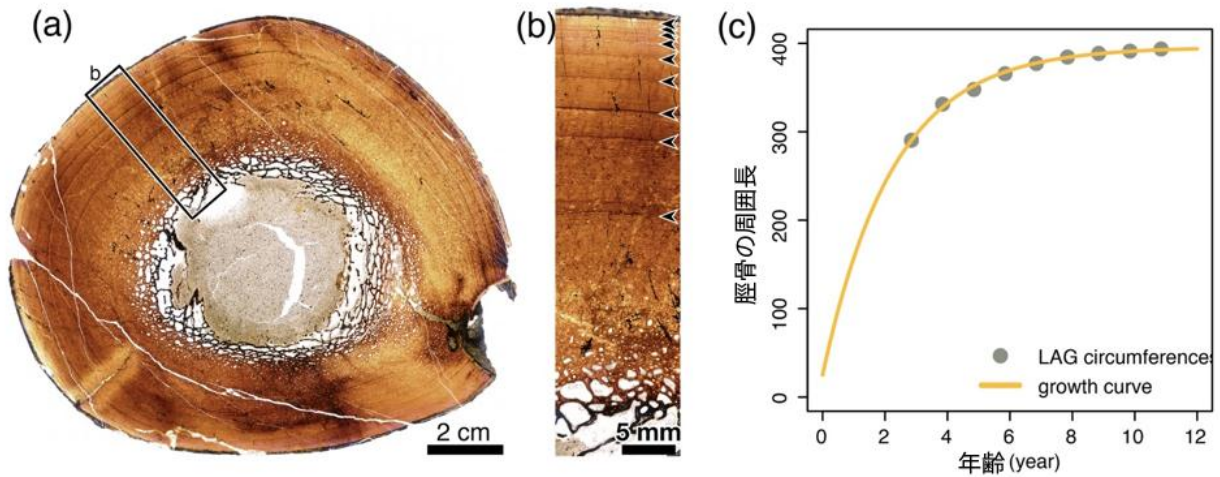


図 12. (a)カムイサウルスの脛骨の断面。(b) (a)の四角部を拡大。(c)カムイサウルスの成長曲線。

・トサカの有無

ハドロサウルス亜科の中には、トサカを持っているものがおり、そのトサカは主に鼻骨から構成されます。カムイサウルスには、鼻骨が保存されていないため、トサカを持っていたか否かは確認できません。その一方で、カムイサウルスの前頭骨には、鼻骨が関節する大きな面が保存されています。この形状は、頭に平たいトサカを持つブラキロフォサウルス（特に亜成体）に類似していることから、カムイサウルスにもトサカがあった可能性が考えられます（図 13）。



図 13. カムイサウルスの頭骨の復元画

・古生物地理学的な意義

Dispersal Extinction Cladogenesis 解析の結果、ハドロサウルス亜科の起源や移動がわかってきました(図14)。ハドロサウルス亜科は、北米に起源を持ちます。ハドロサウルス亜科の4つのクレード(ブラキロフォサウルス族、クリトサウルス族、サウロロフス族、エドモントサウルス族)のうち、サウロロフス族は北米起源、ブラキロフォサウルス族は北米または北米+アジア起源、クリトサウルス族は北米または北米+南米起源であることがわかりました。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して両大陸を行き来していたと考えられます。白亜紀のカンパニア期には、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、ライヤングサウルス)は極東地域に隔離され、独自の進化を遂げました。

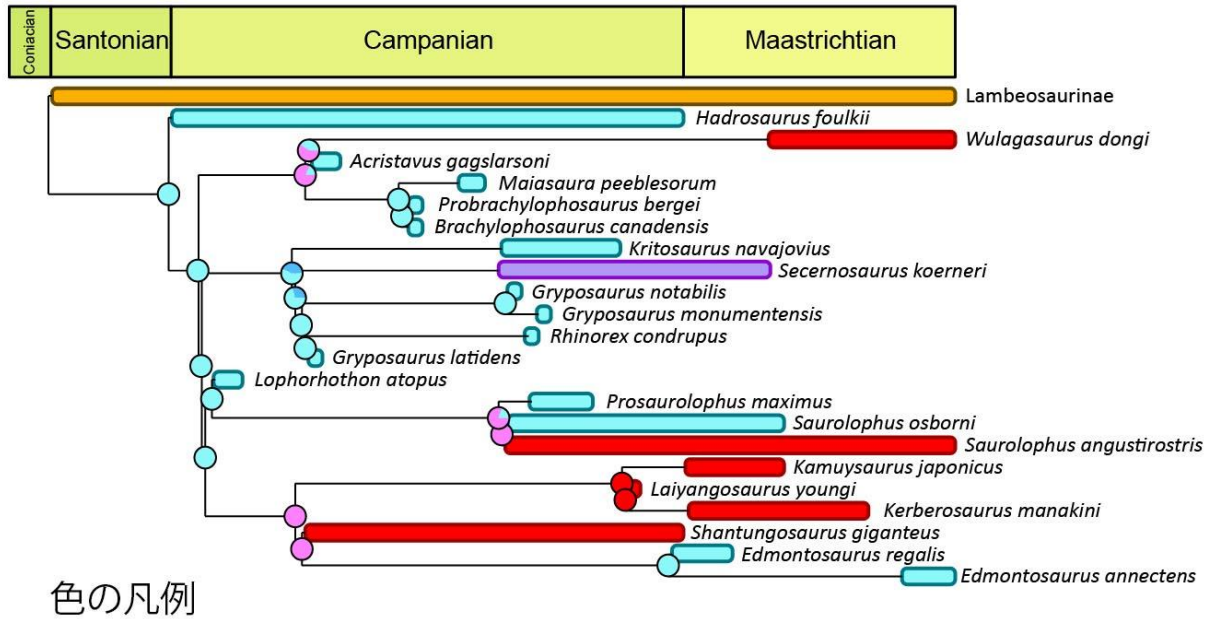


図14. Dispersal Extinction Cladogenesis 解析の結果

・ハドロサウルス科の起源

ハドロサウルス科の恐竜は、二つのグループ(ハドロサウルス亜科とランベオサウルス亜科)に分けられますが、これまでもハドロサウルス亜科の恐竜の方が、より多く海の堆積物から発見されることが知られています。本研究の系統解析で使われたハドロサウルス亜科の中では、3つの恐竜(カムイサウルス、ハドロサウルス、ロフォロソン)が海の地層から発見されています。厳密合意樹を使って Ancestral State Reconstruction 解析を行ったところ、ハドロサウルス科、ハドロサウルス亜科、ランベオサウルス亜科の祖先は、海の近くを好んで棲んでいた可能性が明らかになりました。つまり、ハドロサウルス科の初期進化において、海岸線の環境(特に北米)が重要であったと考えられます(図15)。

©Masato Hattori



図 15. 海岸に棲むカムイサウルスの復元画

論文情報

論文名 A NEW HADROSAURINE (DINOSAURIA: HADROSAURIDAE) FROM THE MARINE DEPOSITS OF THE LATE CRETACEOUS HAKOBUCHI FORMATION, YEZO GROUP, JAPAN (後期白亜系蝦夷層群函淵層の海成層から発見された新しいハドロサウルス亜科 (恐竜類: ハドロサウルス科))
著者名 小林快次¹, 西村智弘², 高崎竜司³, 千葉謙太郎⁴, Anthony R. Fiorillo⁵, 田中康平⁶, Tsogtbaatar Chinzorig⁷, 佐藤たまき⁸, 櫻井和彦² (¹北海道大学総合博物館, ²むかわ町穂別博物館, ³北海道大学大学院理学院, ⁴岡山理科大学生物地球学部, ⁵米国ペロー自然科学博物館, ⁶筑波大学生命環境系, ⁷モンゴル科学アカデミー・古生物地学研究所, ⁸東京学芸大学教育学部)
雑誌名 Scientific Reports (Nature Publication Group)
公表日 日本時間 2019 年 9 月 6 日 (金) 午前 0 時 (英国夏時間 2019 年 9 月 5 日 (木) 午後 4 時) (オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学総合博物館 教授 小林快次 (こばやしよしつぐ)
TEL 011-706-4730 FAX 011-706-4730 メール ykobayashi@museum.hokudai.ac.jp
むかわ町穂別博物館 館長 櫻井和彦 (さくらいかずひこ)
学芸員 西村智弘 (にしむらともひろ)
TEL 0145-45-3141 FAX 0145-45-3141 メール hakbutukan@town.mukawa.lg.jp