

[特集・原著]

岩手県久慈市の上部白亜系久慈層群玉川層より発見された
陸生脊椎動物群（予報）

平山 廉*・小林快次**・藺田哲平***・佐々木和久****

Preliminary report of terrestrial vertebrates from the Late Cretaceous Tamagawa
Formation of the Kuji Group of Kuji City, Iwate Prefecture, northeastern Japan

HIRAYAMA, Ren*, KOBAYASHI, Yoshitsugu**, SONODA, Teppei*** and SASAKI, Kazuhisa****

Abstract

Diverse terrestrial vertebrates have been found from the upper part of the Tamagawa Formation (Late Cretaceous, Santonian) of the Kuji Group since 2003. Shell materials of *Adocus* sp. (Adocidae; Cryptodira; Testudines), presumed as a semiaquatic turtles, are particularly abundant, including a nearly complete 40 cm long shell. Some characters, such as enormous enlargement of marginal scutes overlying the middle of costals, and loss of cervical scute, are unique features for this specimen. Another costal bone is identified as a turtle of the Family Nanshiungchelyidae, an extinct terrestrial group, based on its coarser decorations on the shell surface and deeper scute sulci. Other than turtles, a left ischium of ornithischian dinosaur and a few isolated teeth of crocodile were recovered from the same locality.

Key words: Upper Cretaceous, Kuji Group, Tamagawa Formation, Testudines, Ornithischia, Crocodyliformes

1. はじめに

岩手県久慈市に分布する上部白亜系の久慈層群は、琥珀を豊富に含む国内随一の地層として名高い。このいわゆる久慈琥珀は最大で人頭大に達するものが知られ、玉川層の黒色の炭質泥岩に特に多く含まれ、縄文時代から現在に至るまで採掘が続けられている（木村ら, 2005）。著者の一人佐々木は、久慈琥珀博物館の

近傍に位置する琥珀採掘体験場に露出する玉川層の上部より2003年以降、カメ類（カメ目）やワニ類（ワニ形目）などの爬虫類化石を採集し、平山らに鑑定を依頼してきた。2008年にはカメ類のほぼ完全な甲羅が発見され、また恐竜類（鳥盤目）の骨格も確認された。

白亜紀の陸生カメ類は、当時の古生物地理の解明に非常に有効であることが知られている（Hirayama *et*

2009年8月4日受付, 2010年1月7日受理

*〒169-8050 東京都新宿区西早稲田1-6-1 早稲田大学国際教養学部

School of International Liberal Studies, Waseda University Nishiwaseda 1-6-1, Shinjuku-ku, Tokyo 169-8050, Japan. E-mail: renhrym@ab.mbn.or.jp

**〒060-0810 北海道札幌市北区北10条西8丁目 北海道大学総合博物館

Hokkaido University Museum, Hokkaido University N 10, W 8, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-0810 Japan.

***〒310-8512 茨城県水戸市文京2-1-1 茨城大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Ibaraki University Bunkyo 2-1-1, Mito, Ibaraki 310-8512, Japan.

****〒028-0071 岩手県久慈市小久慈町19-156-133 久慈琥珀博物館

Kuji Amber Museum Kokuji-cho 19-156-133, Kuji, Iwate 028-0071, Japan.



図3. 琥珀採掘体験場のA地点(図2)より産出した *Adocus* sp. (KAM02) の発掘作業の様子。撮影はいずれも平山廉による。
A: 甲羅の密集地点。B: A地点周囲の掘削風景。人物は菌田哲平(左側)と鹿間一尚。C: 甲羅の密集地点を水に溶かした石膏で固める。D: 石膏で固めた部分を露頭から分断して整形する。作業中の人物は菌田(左側)と佐々木和久。E: 裏側をさらに石膏で固める。作業中の人物は鹿間(左側)と菌田。F: 石膏で完全に固めたブロックを車まで運ぶ。作業中の人物は鹿間(左側)と菌田。

A photograph of a rock surface, likely a fossil-bearing slab, with a yellow grid overlay. A white scale bar is placed horizontally across the upper middle of the image. The rock surface is dark and textured, with several lighter-colored, irregularly shaped fragments or fossils visible. A prominent, curved, light-colored feature is visible in the lower right quadrant. A small, bright orange object is also present near the bottom center. The grid lines are thin and yellow, forming a crosshair pattern.

Figure 3 displays line drawings of the anterior half of the plastron (dorsal view) for the holotype (left) and a juvenile specimen (right). A 10cm scale bar is provided. The holotype plastron shows various bones labeled: co1L, pe, co1R, nu, pe1R, hyoL, en, epil, pe2R, hyoR, and co. The juvenile plastron shows: pe, co, co, co, co, co, and co. A separate drawing shows the posterior half of the plastron (dorsal view) with labels hyp and xi.

— 77 —

3. 化石の発掘・剖出方法

本論で扱った脊椎動物化石は、いずれも久慈市小久慈町の琥珀採掘体験場（約500m²）に露出した玉川層上部より2003年以降に採集されたものである。2008年4月に発見されたカメ類（*Adocus* sp.: KAM01）の化石の取り上げ作業は、同年8月6日から7日にかけて平山、佐々木、藺田らにより実施された（図2のA地点）。化石産出地点の炭質泥岩がきわめて軟弱であり、かつ化石も脆いため、取り上げる前にアセトンに溶かしたパラロイドで補強した。さらに化石の産出範囲の周囲の母岩を掘削した後に石膏で保護し、露頭から分断してさらに石膏で補強して研究室に持ち帰った（図3）。室内での剖出作業も、化石をパラロイドや瞬間接着剤で補強しながら実施された。甲羅の重なり合っている箇所周囲の母岩が硬くなっている部分があったが、電動工具なども使用して物理的に剖出を進めた。さらに同年9月には、佐々木により図2のB地点よりカメ類の追加資料や恐竜類（鳥盤目）の化石が採集された。

4. 脊椎動物化石

いずれの化石も地層内の圧密による上下方向の圧縮変形は認められるものの、水流等による目立った摩耗や破損の跡は認められなかった。

1) カメ類化石

甲羅表面に凹凸からなる彫刻が発達することから、いずれも潜頸類スッポン上科に属する陸生カメ類と考えられる。

1a: *Adocus* sp. (図4～7)

佐々木により2004年以降 *Adocus* に同定される遊離した肋板や腹甲が散発的に採集されてきた。中でも2008年4月に図2のA地点（90cm×60cmの範囲）より発見された標本（KAM01）は、背甲や腹甲の大半を含むものであった（図4）。これらの資料の多くは遊離していたが、部位の重複がなく、また大きさにも差異が見られないことから、背甲長約40cmに達する同一個体に属すると判断される。KAM01には、1）甲羅表面にピット状の細かい彫刻が発達する、2）肋板腹側面近位部にある肋頭の発達が弱い、といった派生形質があり、潜頸類スッポン上科のアドクス科（*Adocidae*）だと考えられる。また当該標本の後腹甲背面には、坐骨が接したと思われる箇所に半円形を呈した顕著で大きな凹みが発達している（図5）が、これは *Adocus* のみならず、*Ferganemys* や *Shachemys* にも認められることから、同様にアドクス科の共有派生形質だと考えられる（Hay, 1908; Danilov *et al.*, 2007; 平山による未公表資料）。KAM01は、第2肋板以後の肋板遠位部にまで縁鱗が拡大するという顕著な



図5. 琥珀採掘体験場のA地点（図2）より産出した *Adocus* sp. (KAM01) の腹甲後半部分（左右の下腹甲と後腹甲）の背面観。長さは約15cm。アドクス科の特化形質であるほぼ円形を呈した坐骨との関節面が後腹甲後方に発達することに注意。

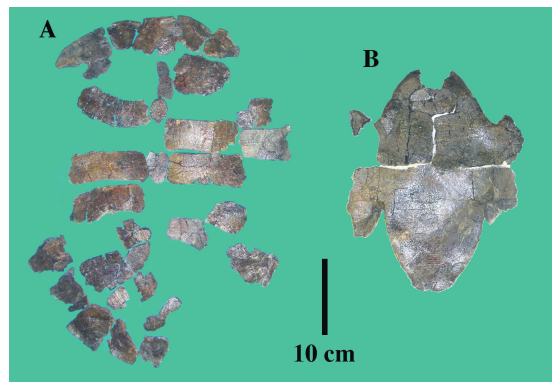


図6. 琥珀採掘体験場のA地点（図2）より産出した *Adocus* sp. の甲羅（KAM01）。Aは背甲の背面観、Bは腹甲の腹面観。

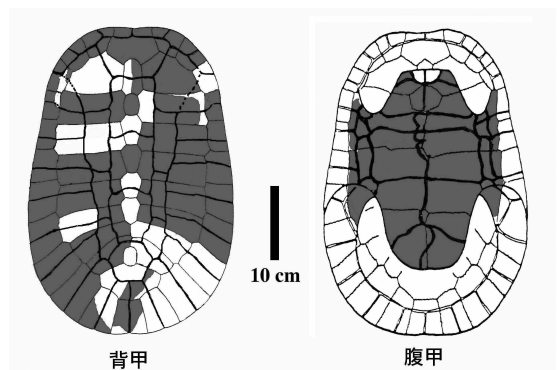


図7. 琥珀採掘体験場のA地点（図2）より産出した *Adocus* sp. の甲羅（KAM01）の暫定的な復元図。灰色の部分が確認された部位。甲羅の太線は鱗板溝、細線は骨板間の縫合を示す。甲羅の輪郭は Hay (1908) に基づく。

特化形質を持つことから *Adocus* に同定される (図 6, 7). なお KAM01 には, 1) 縁鱗の発達が著しく, 肋板の中程にまで達する, 2) 頸鱗が消失する, など既知の *Adocus* には見られない派生形質があり, 当該標本が未知の種に属することを示唆している (図 7). モンゴルの後期白亜紀から報告された *A. amtgai* は, 縁鱗の発達程度において KAM01 に最も類似する (Sukhanov, 2000) が, 後者ではさらに派生的な状態にあると考えられる.

以上のように KAM01 では甲羅を構成する骨板の大半が保存されているものの, 頭骨や四肢骨など甲羅以外の骨格が未確認である. これは, 1) この個体の死後に頭部や四肢が最初に捕食されるなどして脱落, 四散した, 2) 角質の鱗板で覆われた甲羅だけが残った状態で炭質物に富んだ湖底に埋没した, 3) さらに甲羅を覆っていた鱗板が骨板から遊離した後に, ごく狭い範囲内で骨板が遊離, 散乱した, といった埋積過程を想定すれば説明可能であると考えられる.

1b: ナンシュンケリス科属種未定 (図 8)

2008 年 9 月に図 2 の B 地点より佐々木によって採集された背甲の左第 4 肋板 (KAM02) である. 近位端を欠損している. 甲羅表面の彫刻が粗く, 鱗板溝が深いといった特徴からスッポン上科のナンシュンケリス科 (Nanhsiungchelyidae) だと考えられ, 甲長約 25 cm と推定される個体である. KAM02 は, 椎鱗が左右に広いこと, また骨板の厚みが大きいといった特徴でも *Adocus* とは異なっている. なお, KAM02 に見られる幅の広い椎鱗は, ナンシュンケリス科としても特異な形質であった可能性がある.



図 8. 琥珀採掘体験場の B 地点 (図 2) より産出したナンシュンケリス科の左第 4 肋板 (KAM02). A は背面観, B は腹面観. *Adocus* より鱗板溝が深く, 骨板表面の彫刻が粗い.

2) 恐竜化石 (図 9)

2008 年 9 月に図 2 の B 地点より佐々木によって採集された化石 (KAM03) で, 両端の欠損した鳥盤目の左坐骨であると考えられる. 骨の長さは 13.1 cm で, 小型の恐竜であったと推測される. 内側の面の中央部から遠位部に向けて, 陵が走っている. これは, エブロンと呼ばれる, 反対側の坐骨が接する陵である. また, この陵は骨の全体の長さの半分ほどに伸びている. 上から下へその陵をたどると, 右 (後方) から左 (前方) にシフトしている. KAM03 の特徴として, シャフトが少々湾曲しているがほぼ真すぐであること, シャフトの太さがほぼ一定であること, 閉鎖突起 (obturator process) が無いことが挙げられる. 閉鎖突起が無い代表的な鳥盤類としては, 周飾頭類 (角竜類と堅頭竜類: Butler *et al.*, 2008) や原始的な *Zalmoxes* (イグアノドン類; Weishampel *et al.*, 2003) などが挙げられる. しかし, 派生的な角竜類であるケラトプス科 (Ceratopsidae) や *Zalmoxes* の坐骨は, 大きく湾曲していることから, 比較的真っすぐなシャフトをもつ KAM03 は, これらから除外される. したがって, 当該標本はケラトプス科を除く周飾頭類である可能性があるが, 現時点で断定するのは難しく, 追加標本が必要である.

3) ワニ化石 (図 10)

2003 年 9 月に佐々木によって発見された高さ 1 cm, 幅 7 mm の歯冠 (KAM04) である. 2009 年には, さらに 2 点の歯が琥珀採掘体験場内で佐々木により採集された. 主軸は緩く内側にカーブしており, 歯冠の近心側と遠心側には稜 (carina) がある. 歯の表面には, 歯の長軸に平行して発達する多くの条線が入っている. これらは, 典型的なワニの歯の特徴である. 歯根は残っておらず, 歯冠だけが保存された脱落歯であると考えられる. 体長 1 ~ 2 m ほどの個体であった可能性がある.

5. 議論

久慈層群から確認された 2 種の陸生カメ類を含むスッポン上科は, 後期白亜紀当時はインドを除くアジアと北米に分布していたことが知られている (Hirayama *et al.*, 2000; 平山, 2007).

Adocus は, 日本やモンゴル, 旧ソ連の中央アジア地域, および北米の前期白亜紀から第三紀始新世にかけて分布していた水陸両生で植物食の生態であったと考えられるカメ類である (Meylan and Gaffney, 1989; Syromyatnikova and Danilov, 2009). *Adocus* の化石は, 国内でもこれまで福岡県や福井県の下部白亜系, 熊本県の上部白亜系などから確認されている



図9. 琥珀採掘体験場のB地点（図2）より産出した鳥盤類の左坐骨（KAM03）。スケールは5 cm.



図10. 琥珀採掘体験場より産出したワニ類の歯冠（KAM04）。

が、いずれも遊離した断片的な資料であった（平山, 1998, 2002）。KAM01は、アジアではほとんど例のない本属の同一個体に属するほぼ完全な甲羅からなり、とりわけモンゴル上部白亜系産の *A. amtgai* に類似した、より派生的な未記載種と考えられることから、アドクス科の形質進化の解明に重要な貢献をすることが期待される。

ナンシュンケリス科は、白亜紀前期から白亜紀末の東アジアと北米に分布していた陸生カメ類であり、現生リクガメ科 (Testudinidae) のように植物食であったと推定される（平山, 2007; Danilov and Syromyatnikova, 2008; Sukhanov, 2000; Sukhanov *et al.*, 2008）。ナンシュンケリス類の化石は、国内ではこれまで福井県の下部白亜系や北海道の上部白亜系などから知られている（Hirayama, *et al.*, 2001; 平山, 2002, 2006）。KAM02は、幅の広い椎鱗が特異な未記載種であった可能性があり、追加資料の発見が期待される。

久慈層群から発見された鳥盤類の坐骨（KAM03）がケラトプス科以外の周飾頭類であったとすると、日本では非常に稀な産出例となる。かつて、福井県から角竜類の化石産出が報告されたが、現在ではその確認がされていない（Kobayashi *et al.*, 2006）。また堅頭竜類は、現在のところ日本からの産出例がない。これを確認するためにも追加標本の発見が期待される。アジアの周飾頭類の化石は、主に中国やモンゴルに分布する白亜系から発見されている（Weishampel *et al.*, 2004）。KAM03が周飾頭類であった場合、これらの恐竜たちが、当時のアジア大陸の太平洋岸にまで生活圏を広げていたことになる。

Adocus に生態が類似していたと考えられるイシガメ科 (Geoemydidae) のうち甲長40cmに達する大型種は、ベトナム以南の熱帯域に分布している（Iverson, 1992）。また現生ワニ類は、熱帯域から亜熱帯域にかけて分布している（Marwick, 1998）。したがって、*Adocus* のようなカメ類やワニ類の発見は、白亜紀当時の日本周辺が変温動物である大型爬虫類の生息が可能なほど温暖で湿潤な気候であったことを示唆している。

6. まとめ

岩手県久慈市の久慈層群玉川層（上部白亜系サントニアン）の上部からカメ類など多数の陸生脊椎動物化石が発見された。中でも、未報告の種と考えられる *Adocus*（潜頸類アドクス科）の発見は、本属が白亜紀後期の東アジアにおいて固有の形質を持つグループに放散した可能性を示唆している。また他にも、ナンシュンケリス科のカメ類の肋板、鳥盤類の坐骨、ワニ類の遊離歯などが同一産地より確認された。これらの

脊椎動物群は、当時の堆積環境が現在よりもかなり温暖な気候下の沼沢地であったことを示唆している。標本の保存状態や産出状況を考慮すると、当該地域は、国内を代表する後期白亜紀の陸生脊椎動物の産地となることが期待される。

謝辞

鹿間一尚氏（早稲田大学・国際教養）、ならびに上中村守雄氏と大城竹雄氏（久慈市シルバー人材センター）には、2008年8月に行われた久慈層群玉川層の発掘調査を手伝っていただいた。吉田将崇氏（早稲田大学・国際教養）には、久慈層群から産出した化石の剖出手伝っていただいた。比較標本の調査にあたっては、E.S. Gaffney 博士（American Museum of Natural History）、I.G. Danilov 博士（Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences）、V.B. Sukhanov 博士（Paleontological Institute, Russian Academy of Sciences）、岡崎美彦博士（北九州市立自然史・歴史博物館）、Zhong Yang 博士（復旦大学・生命科学）、Di Yeli 博士（上海科技馆）、Gao Kegin 博士（北京大学・地球と空間科学）、ならびに Li Chun 博士（中国科学院古脊椎動物与古人類研究所）に便宜を図っていただいた。三枝春生博士（兵庫県立人と自然の博物館）と大石雅之氏（岩手県立博物館）には粗稿に目を通していただき、貴重なコメントをいただいた。久慈層群関連の文献については平野弘道博士（早稲田大学・教育）と大石雅之氏に大変お世話になった。久慈琥珀博物館と復旦大学、ならびに早稲田大学には、調査旅費の一部を負担していただいた。以上の方々と研究機関に厚く御礼申し上げる次第である。

引用文献

- Butler, R. J., Upchurch, P. and Norman, B. (2008) The phylogeny of the ornithischian dinosaurs. *Journal of Systematic Palaeontology* **6**, 1-40.
- Chinzei, K. (1986) Shell structure, growth, and functional morphology of an elongate Cretaceous oyster. *Palaeontology* **29**, 139-154.
- Danilov, I.G. and Syromyatnikova, E.V. (2008) New materials on turtles of the family Nanhsiungchelyidae from the Cretaceous of Uzbekistan and Mongolia, with a revision of the nanhsiungchelyid record in Asia. *Proceedings of the Zoological Institute the Russian Academy of Sciences* **312**, 3-25.
- Danilov, I.G., Syromyatnikova, E.V. and Sukhanov, V. B. (2007) Turtles of the genus *Shachemys* from the Upper Cretaceous of Asia. In: Rozanov, A.Yu.,

- Lopatin, A.V. and Parkhaev, P.Yu. (eds) *Modern Paleontology: Classical and New Methods* pp.59-72, Paleontological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow. [In Russian]
- Hay, O.P. (1908) The fossil turtles of North America. *Carnegie Institute of Washington* **75**, 1-568.
- 平山 廉 (1998) 熊本県御船層群 (白亜紀後期) の化石カメ類. 熊本県重要化石分布確認調査報告, 「御船層群の恐竜化石」, 85-99頁. 御船町教育委員会.
- 平山 廉 (2002) 福井県勝山市の手取層群北谷層産出のカメ化石 (予報). 福井県立恐竜博物館紀要 **1**, 29-40.
- 平山 廉 (2006) 日本産化石カメ類研究の概要. 化石 **80**, 47-59.
- 平山 廉 (2007) カメのきた道～甲羅に秘められた2億年の歴史. NHK ブックス, 東京, 206頁.
- Hirayama, R., Brinkman, D.B. and Danilov, I.G. (2000) Distribution and biogeography of non-marine Cretaceous turtles. *Russian Journal of Herpetology* **7**, 181-198.
- Hirayama, R., Sakurai, K., Chitoku, T., Kawakami, G., and Kito, N. (2001) *Anomalochelys angulata*, an unusual land turtle of Family Nanhsiungchelyidae (Superfamily Trionychoidea; Order Testudines) from the Upper Cretaceous of Hokkaido, North Japan. *Russian Journal of Herpetology* **8**, 127-138.
- Iverson, J.B. (1992) *A Revised Checklist with Distribution Maps of the Turtles of the World*. Privately Printed, Richmond, Indiana, 363 pp.
- 川上雄司・照井一明・長谷川善和・大石雅之 (1985) 北上山地北東縁部, 上部白亜系久慈層群産モササウルス類歯化石. 岩手県立博物館研究報告 **3**, 133-142.
- 木村靖幸・鮎沢 潤・佐々木和久 (2005) 岩手県久慈地域に分布する琥珀胚胎層の堆積環境と続成. 福岡大学理学集報 **35**, 31-40.
- Kobayashi, Y., Manabe, M., Ikegami, N., Tomida, Y., and Hayakawa, H. (2006) Dinosaurs from Japan. In: Lü, J., Kobayashi, Y., Huang, D. and Lee, Y. (eds) *Papers from the 2005 Heyuan International Dinosaur Symposium*. pp.87-102, Geological Publishing House, Beijing.
- Marwick, P.J. (1998) Fossil crocodilians as indicators of Late Cretaceous and Cenozoic climates: implications for using palaeontological data in reconstructing palaeoclimate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **137**, 205-271.
- Meylan, P.A. and Gaffney, E.S. (1989) The skeletal morphology of the Cretaceous cryptodiran turtle, *Adocus*, and the relationships of the Trionychoidea. *American Museum Novitates* **2941**, 1-60.
- 大上和良・照井一明 (1989) 白亜系～古第三系. 日本の地質「東北地方」編集委員会編, 日本の地質2. 東北地方, 74-80頁, 共立出版, 東京.
- 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, 63頁.
- Sukhanov, V.B. (2000) Mesozoic turtles of Middle and Central Asia. In: Benton, M.J., Shishkin, M.A., Unwin, D.M. and Kurochkin, E.N. (eds) *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*, pp. 309-367. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sukhanov, V.B., Danilov, I.G. and Syromyatnikova, E. V. (2008) The description and phylogenetic position of a new nanhsiungchelyid turtle from the Late Cretaceous of Mongolia. *Acta Palaeontologica Polonica* **53**, 601-614.
- Syromyatnikova, E.V. and Danilov, I.G. (2009) New material and a revision of the genus *Adocus* (Adocidae) from the late Cretaceous of Middle Asia and Kazakhstan. *Proceedings of the Zoological Institute the Russian Academy of Sciences* **313**, 74-94.
- 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クエンス. 地質学論集 **45**, 238-249.
- 梅津慶太・栗田裕司 (2007) 上部白亜系久慈層群の花粉化石層序と年代. 石油技術協会誌 **72**, 215-223.
- Weishampel, D.B., Jianu, C.-M., Csiki, Z., and Norman, D.B. (2003). Osteology and phylogeny of *Zalmoxes* (n.g.), an unusual Euornithopod dinosaur from the latest Cretaceous of Romania. *Journal of Systematic Palaeontology* **1**, 65-123.
- Weishampel, D.B., Barrett, P.M., Coria, R.A., Loeuff, J. L., Xu, X., Zhao, X., Sahni, A., Gomani, E., and Noto, C.R. (2004) Dinosaur distribution. In: Weishampel, D.B., Dodson, P. and Osmólska, H. (eds) *The Dinosauria*. 2nd ed. pp. 517-606, University of California Press, Berkeley.
- 吉田 尚・吉井守正・片田正人・田中啓策・坂本 亨・佐藤博之 (1987) 5万分の1地質図幅「陸中大野地域」および同説明書. 地質調査所, 71頁.