

北海道中川町産白亜紀長頸竜類の胃石

疋田 吉識*

Gastroliths of the Cretaceous plesiosaurs from Nakagawa-cho, Hokkaido

Yoshinori HIKIDA *

Abstract Many gastroliths found in association with the skeletal remains of two elasmosaurid plesiosaurs (NMV-1 and NMV-2; registration numbers of the Nakagawa Museum) from the Osoushinai Formation (Lower Campanian) and the Yasukawa Formation (Upper Campanian) of Nakagawa-cho, North Japan were examined. A comparison of sphericity between the gastroliths and pebbles from redent seashores suggests that the gastroliths of the NMV-1 may have been ingested by the plesiosaur (NMV-1) from seashore environments, and those of the NMV-2 from river (estuarine) environments. Different lithologies of the gastroliths between NMV-1 and NMV-2, the former mainly containing igneous rock pebbles and the latter sedimentary ones, indicate different hinterlands these plesiosaurs lived.

Key words : gastrolith, plesiosaur, Campanian

はじめに

長頸竜類、特にプレシオサウルス類の胃石は、その機能について長い間議論されていた (Darby and Ojakangas, 1980) が、一般的に食物を破碎するために海底の小石を長頸竜が飲み込んだものとされてきた (Brown, 1904; Riggs, 1939; Shuler, 1950; Welles and Bump, 1949)。しかし Darby and Ojakangas (1980) は、モンタナ州で発見されたエラスモサウルス科長頸竜の胃石の形態解析および恐竜および現生ワニの胃石との比較を行い、プレシオサウルス類の胃石は、水中での姿勢制御や浮力調整のためのバラストの役目をするということ、これら胃石は長頸竜が海から河口域や川まで入り込んで飲み込んだ河川円礫であると結論した。このような長頸竜類の胃石についての議論は金子ほか (1995) に紹介されている。

北海道の白亜系からは多くの長頸竜化石が発見され、その産出層準もセノマニアンからマストリヒシアンと幅広く (Nakaya, 1989)、それらのなかには胃石をともなって発見された例も多い。また胃石の産状を記載し、さらに胃石とともに産出した胃の内容

物についての報告もある (Matsumoto et al, 1982)。

中川町では、1973年と1991年にかなりまとまった長頸竜化石骨が発見された。1973年に発見された長頸竜 (中川町郷土資料館登録番号: NMV-1) の産出層準は下部カンパニアン (岩田ほか, 1998本紀要中) で、プレシオサウルス上科 (Nakaya, 1989) であり全長約8メートルと推定されているが、詳細な分類学的研究はなされていない。1991年に発見された長頸竜 (中川町郷土資料館登録番号: NMV-2) の産出層準は安川層で函淵層群に対比され、上部カンパニアン後期に相当する (岩田ほか, 1998本紀要中)。NMV-2はプレシオサウルス上科のなかのエラスモサウルス科の特徴を示し (仲谷・小川, 1998本紀要中; 小川, 1996; 小川・仲谷, 1995a, 1995b, Ogawa and Nakaya, 1995c, Ogawa and Nakaya, 1996, 小川ほか, 1994)、全長12メートルと推定されている。両個体から胃石と推定される円礫が多数発見された。本研究では、この2体の長頸竜化石にともなって発見された胃石について報告する。

*中川町郷土資料館: 中川町字中川444番地

*Nakagawa Museum: Nakagawa, Hokkaido, 098-2802, Japan

試料と方法

今回試料としたのは1973~1974年にかけて発掘されたクピナガリュウ化石 (NMV-1) にともなって産出した20個の胃石と1991年に発掘されたクピナガリュウ化石 (NMV-2) にともなって産出した100個の胃石である。また破片化した胃石と推定される円礫が、NMV-1で2個、NMV-2では3個認められた。これら5個は全重量の測定および岩質の検討には入れたが、その他の検討からは除外した。

胃石は写真撮影後、Krumbein (1941) の方法に従って長軸 (a)、中軸 (b)、短軸 (c) を計測した。胃石の球形度は、Falk's Maximum Projection Sphericity Index ($\Psi_p = \sqrt{c^2/ab}$; Dobkins and Folk, 1970) によって決定した。円磨度は、Krumbein (1941) の分類を用いた。胃石の岩質は肉眼鑑定後、代表的なものについて薄片を作成し、偏光顕微鏡で観察を行った。また胃石の表面をコーティングしていた鉱物の同定にはX線粉末法を用いた。

結果

A. 1973年発掘長頸竜 (NMV-1)

NMV-1は中川町豊里地区のニオ川上流の沢から、複数の砂質シルト岩ノジュール転石として発見された。産出層準は上部蝦夷層群のオソウシナイ層と推定され、ノジュールの基質に含まれる放散虫化石から白亜紀後期の下部カンパニアンであることが明らかになっている (岩田ほか, 印刷中)。そのうちの肋骨が含まれているノジュール中から肋骨の間に密集 (Plate 1) して、22個 (うち2個は破片) の円礫が発見された (Plate 1, Table 1)。産出地点に分布するオソウシナイ層は暗灰色砂質シルト岩からなり、円礫は含まれないことから、これらを胃石であると断定した。胃石の多くは亜円~円形を示し、表面はチョーク様の白色鉱物によって被われてざらざらしているものが多く、そうでないものの表面もあまりなめらかでない。この白色鉱物はX線粉末法によって方解石であると同定された。大きさは24.7×20.0×13.1ミリから102.1×70.0×35.1ミリの間で (Fig. 1)、総重量は3170.3gである。

胃石は、Zingの分類では円盤形に属するものが多く、回転楕円形のもの少ない。また円柱形のもの認められない (Fig. 2)。全胃石の球形度は0.508~0.800の範囲を示し、その平均は0.634で標準偏差は0.087である (Table 1)。また礫径16mmから64mm

の胃石で同様に検討した結果、平均は0.674、標準偏差は0.090となり、全胃石の値より高い値を示す。長軸のサイズと球形度は、長軸サイズの減少にともない球形度が増加する傾向が認められる (Fig. 3)。またKrumbein (1941) の分類では、円磨度は0.7から0.9の範囲にある。

胃石の岩質は火成岩類が卓越し、チャートや泥岩などの堆積岩類は少ない (Fig. 4)。礫径からみても火成岩類が大きい。代表的なものについて薄片写真

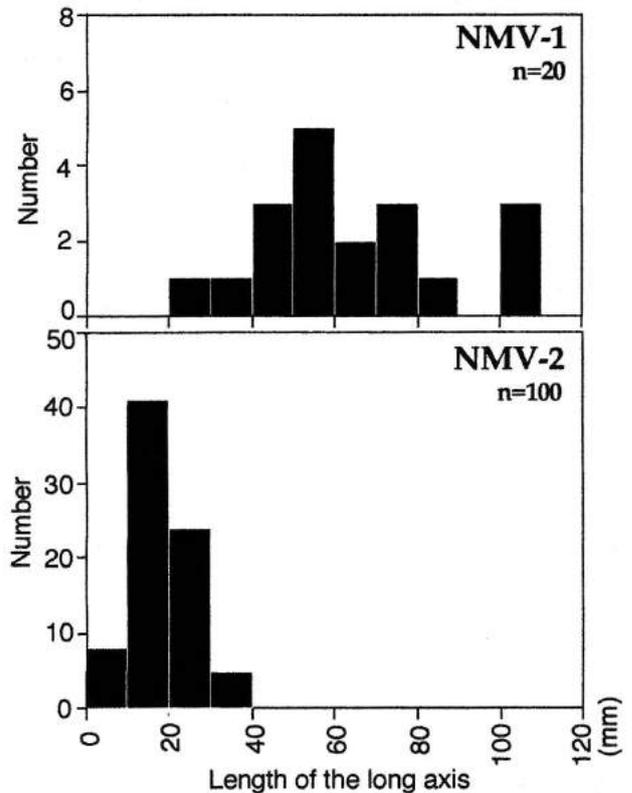


図1 胃石のサイズ (長軸) の頻度分布
Fig. 1 Frequency distributions of gastroliths.

を示す (Plate 1):

安山岩; ピロタキシティック組織を示し、斑晶は斜長石および変質したマフィック鉱物からなる。斜長石はアルバイト式双晶を示し、スポット状にセリサイト化している。石基はセリサイト化が顕著である。斜長石斑晶のクラックにそってグラファイトが認められるものもある。

アプライト; 細粒な他形粒状を示し、おもに石英、黒雲母、白雲母からなる。少量の微斜長石・アパタイトが認められる。黒雲母および白雲母は一部緑泥

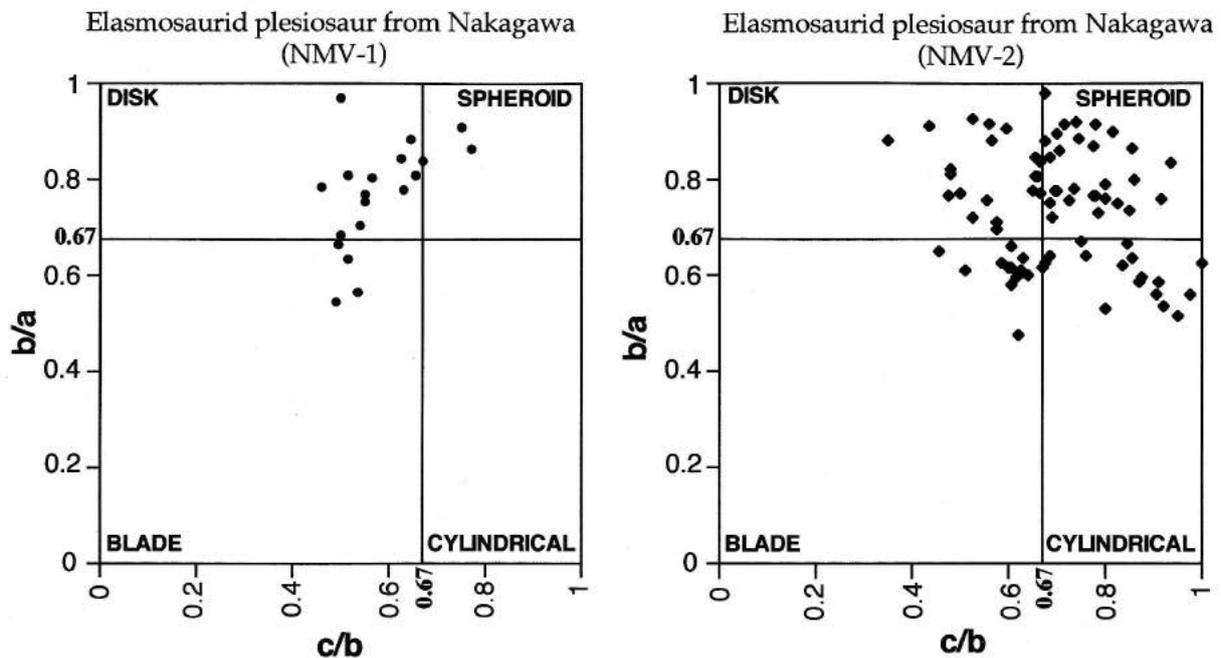


図2 Zigの分類に基づく胃石の形態；長軸 (a), 中軸 (b), 短軸 (c)
 Fig. 2 Shapes of gastroliths based on the Zigg's classification of ratios of three perpendicular dimensions, a = long axis, b = intermediate axis, and c = short axis.

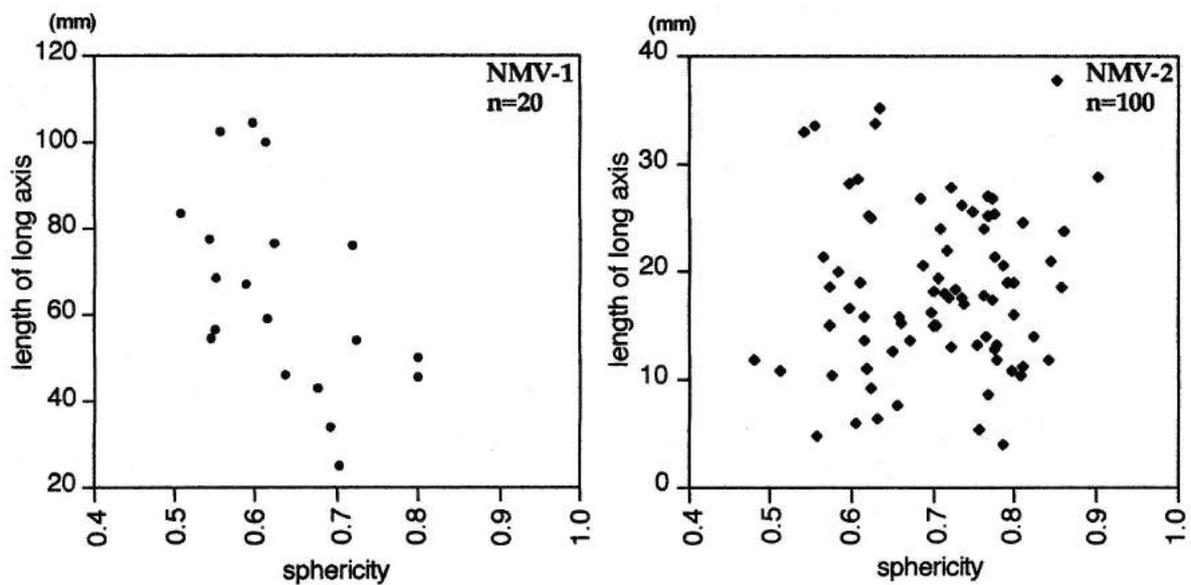


図3 胃石の長軸のサイズと球形度
 Fig. 3 Sphericity of plesiosaur gastroliths vs. lengths of long axis in millimeters.

石化しているものも認められる。グラファイトが帯状もしくはレンズ状に濃集する部位が認められる。

流紋岩；石英・斜長石・不透明鉱物からなる。石英のスフェリティック組織が認められる。斜長石はカールスバド式双晶を示すものが多く、セリサイト化が顕著である。

B. 1991年発掘長頸竜化石 (NMV-2)

NMV-2は中川町安川地区の安平志内川の支流である炭の沢上流の北側斜面から発見された。産出層準は函淵層群に相当する安川層 (橋本ほか, 1967) で、*Metaplacenticeras subtilistriatum* が多産することから

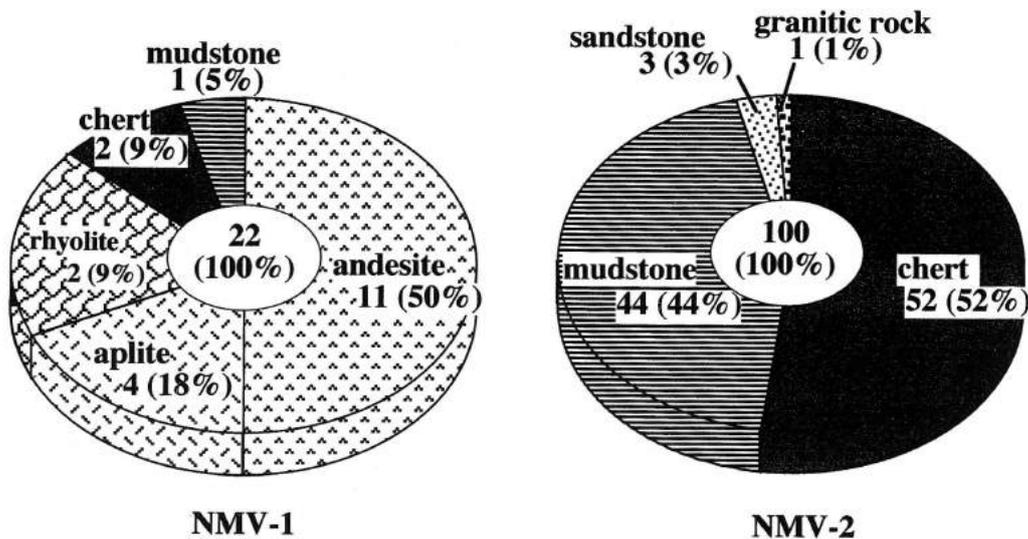


図4 胃石の岩質

Fig.4 Lithologies of the gastroliths.

白亜紀後期の上部カンパニアンであると考えられる(岩田ほか, 1998本紀要中; Matsumoto, 1984). 露頭の表層近くで胴椎胸椎, その直下からよく関節した後方の頸椎, 肩甲骨鳥口骨の一部, 肋骨および四肢骨が発見された。胴椎と肋骨の周辺から103個(うち2個は破片)の表面のなめらかな円礫が発見された(Plate 1)。円礫が発見されたのは化石骨の産出範囲のみで, 産出地点の安川層には円礫は認められない。以上のことから, この円礫を胃石であると断定した。胃石の多くは垂円~円形で, 大きさは $4.1 \times 2.4 \times 2.2$ ミリから $37.6 \times 23.4 \times 23.4$ ミリの間で, NMV-1のものより小径である(Fig. 1)。総重量は449.7gである。

Zingの分類では回転楕円形に属するものが多い。刀形および円柱形のものも多く含まれるが, それらも回転楕円形に近いものが多い(Fig.2)。胃石の球形度は0.480~0.930の範囲を示し, その平均は0.705で標準偏差は0.093である。また礫径16mmから64mmの胃石で同様に検討した結果, 平均は0.720, 標準偏差は0.093である。Kurumbein (1941)の分類では, 円磨度は0.8以上である。胃石の長軸と球形度には相関は認められない(Fig. 3)。

胃石の岩質はチャートや泥岩・砂岩など堆積岩類が卓越する(Fig. 4)。火成岩類はわずかで花崗岩類が1個認められただけである。チャートおよび泥岩の薄片写真をPlate 1に示す:

チャート; 肉眼では黒色・暗灰色・赤色・緑色のものが認められ, 特に暗灰色~黒色のものが多い。多くは石英細脈が網状に発達している。再結晶が進行しており, 放散虫などの珪質化石は認められない。

泥岩; 暗灰色~黒色を示し, 細粒部と粗粒部の細かい互層が認められる。海綿骨針や放散虫化石の濃集層が多く含まれる。石英および方解石細脈が発達する。

考 察

胃石の起源を考察するため, Dobkins and Folk (1970)の結論で示された以下の4つのパラメーターで海岸礫と河川礫の関係との比較を行った(Table 1)。ここでいう低エネルギー海岸礫というのは, 波高0.2~0.6フィート(約6~18cm)の海岸で認められる礫であり, 一方高エネルギー海岸礫というのは波高2~8フィート(約60~240cm)の海岸に認められるものである(Dobkins and Folk, 1970):

1) 球形度の平均

河川礫の平均は0.684, 低エネルギー海岸礫0.640, 高エネルギー海岸礫0.584であり, 海岸礫は河川礫よりも低い球形度である(Dobkins and Folk, 1970)。本研究のNMV-1の胃石の球形度は0.634で低エネルギー海岸礫に近い値を示す。一方, NMV-2は0.705

表1 本研究およびその他の研究の球形度の平均と標準偏差
Table 1. Sphericity means and standard deviations of gastroliths in the present and other studies.

pebbles types	mean ψ p	standard deviation
Dobkins and Folk (1970)		
River pebbles (total all sizes)	0.684	0.105
Low energy beach pebbles (total all sizes)	0.640	0.087
High energy beach pebbles (total all sizes)	0.584	
Gastroliths of elasmaurid plesiosaurs		
this study (NMV-1) (20: 3170.3g)	0.634	0.087
this study (NMV-2) (100: 449.7g)	0.705	0.093
Darby and Ojakangas (1980) (178: 8840.8g)	0.717	0.105
Gastroliths of dinosaurs		
Xu Xing (1997) (36)	0.72	0.097

と比較的高い球形度を示し、河川礫であると推定される。

2) 球形度の標準偏差

球形度の標準偏差は河川礫で0.105、低エネルギーおよび高エネルギー海岸の両方の海岸礫で0.087であり、河川礫は海岸礫よりも球形度が変化に富む傾向がある。このことは海岸礫が波の作用によって礫のサイズおよび球形度がより選別されるためである (Dobkins and Folk, 1970)。本研究のNMV-1の胃石の球形度の標準偏差は0.087であり、Dobkins and Folk (1970) の海岸礫と同じ値である。一方、NMV-2のそれは0.093で海岸礫よりも変化に富む。

3) 礫径16~64mmにおける球形度の平均

Dobkins and Folk (1970) では、大西洋岸とガルフ海岸およびタヒチにおける径16~64mmにおける礫が、海岸礫と河川礫では球形度0.66の“magic line”で区分されることを示した。今回検討したNMV-2の径16~64mmの胃石の球形度の平均は0.720であり、明らかに河川礫に区分される。一方、NMV-1

の径16~64mmのそれは0.674であり、微妙ではあるが河川礫に区分される。

4) 球形度と胃石の長径の関係

NMV-1の胃石は、球形度が長径の増加にともなって増加するという傾向を示している (Fig. 3)。このような傾向は高エネルギー海岸にのみ存在する (Dobkins and Folk, 1970)。一方、NMV-2の胃石では一定の傾向は認められず (Fig. 3)、Dobkins and Folk (1970) の示した河川礫の結果と一致する。

以上のことから、NMV-2の胃石はすべてのパラメーターで河川礫起源であることが示された。一方、NMV-1の胃石は礫径16~64mmにおける球形度の平均では河川礫に区分され、他のパラメーターは海岸礫に区分される。さらにNMV-1の胃石は、Dobkins and Folk (1970) の区分した高エネルギー海岸と低エネルギー海岸の両方の海岸礫の特徴を示している。これらのことからNMV-1の胃石は、1) 河川礫と海岸礫が同所的に存在する河口域起源の可能性、2) NMV-1が河川およびそれぞれの海岸で別々に胃石を飲み込んだ可能性、などが推定される。しかし、礫径16~64mmにおける球形度の平均以外のすべてのパラメーターは海岸礫であることを強く示唆するため、ここでは海岸礫起源であると結論する。

消化において咀嚼の機能を果たしている恐竜の胃石は、それらの円磨度が高くなれば、新しい石によって置換される。そのため恐竜の胃石の円磨度はさほど高くなく0.5と0.6の間である (Xu, 1997)。一方、水中での姿勢制御や浮力調整のためのバラストの役割を果たすエラスモサウルス科長頸竜の胃石は0.8もしくはそれ以上である (Darby and Ojakangas, 1980)。本研究では長頸竜類の胃石の機能については言及しなかったが、今回検討を行ったNMV-1, 2の胃石の円磨度はそれぞれ0.7以上であり、Darby and Ojakangas (1980) のデータと矛盾しない。

NMV-1とNMV-2の円磨度は同程度であるが、そのサイズ分布は大きく異なっている (Fig. 1)。一方、NMV-1の胃石の岩質は安山岩、アプライト、流紋岩などの火成岩が主体であり、NMV-2のそれはチャート、泥岩などの堆積岩が主体である。このように2体の長頸竜の胃石のサイズおよび岩質の違いは、それぞれの長頸竜が生息していた地域および時代の違いに起因すると推定される。特に胃石の岩質は双方で大きく異なっており、その岩石学的検討は別の機会に報告する。

北海道の白亜系からは多くの長頸竜化石が発見されており、胃石をともなって発見されている例も少なくない。また産出層準もセノマニアンからマストリ

ヒシアンと幅広い。これらの長頸竜類の胃石を検討することは、長頸竜がすんでいた地域および時代ごとの後背地の推定の一助となる可能性がある。

まとめ

中川町から発見された2体のクピナガリュウ化石(NMV-1, NMV-2)の胃石を検討した結果は以下のようになる:

1. 胃石の球形度の平均および標準偏差をDobkins and Folk (1970)のデータと比較すると、NMV-1の胃石は海岸円礫に近く、一方NMV-2の胃石は川円礫に近い値である。

2. このことは、NMV-1の胃石では長径が増加するほど球形度が減少するという海岸円礫の特徴(Dobkins and Folk, 1970)を示す傾向があること、およびNMV-2の胃石は一定の傾向を示さないという川円礫の特徴(Dobkins and Folk, 1970)を示すことから裏付けられる。

3. NMV-1とNMV-2の胃石の形態および岩質の違いは、それぞれのクピナガリュウが生息していた地域または後背地の違いに起因すると推定される。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、北海道教育大学岩見沢校の都郷義寛教授には粗稿を読んでいただき、有益なご助言をいただいた。香川大学工学部の仲谷英夫助教授、帝京平成大学情報学部の平山 廉 助教授、国立科学博物館の甲能直樹博士および三笠市立博物館の早川浩司博士には貴重なご助言をいただいた。福岡教育大学の鈴木清一教授、北海道教育大学岩見沢校の鈴木明彦助教授、福井県教育庁文化課県立恐竜博物館建設準備グループの野田芳和博士には文献収集においてお世話になった。北海道開拓記念館の赤松守雄博士、中川町郷土資料館の西野孝信調査員には発掘当時の産状についてのご助言をいただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げる次第である。

文 献

Brown, B., 1904, Stomach stones and food of Plesiosaurs. *Science*, N.S. 20(501), 184-185.
 Darby, D. G. and Ojakangas, R. W., 1980, Gastroliths from an Upper Cretaceous Plesiosaur. *Jour. Paleontology*, 54, 548-556.
 Dobkins, J. E. and T. L. Folk, 1970, Shape development

on Tahiti-Nui. *Jour. Sed. Petrol.*

40(4), 1167-1203.

橋本 亘・長尾捨一・菅野三郎・浅賀正義・大友練一・小屋開地稔・戸野 聡・北村一成・平一弘・和島 実, 1967, 中川町の地質及び地下資源: 1-56, 中川町.

金子隆一・中野美鹿・長尾衣里子, 1995, 翼竜の謎, 二見書房, 東京, 347p.

Krumbein, W. C., 1941, Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Jour. Sed. Petrol.*, 11(2), 64-72.

Matsumoto, T., Obata, I., Okazaki, Y., and Kanie, Y., 1982, An interesting occurrence of a fossil reptile in the Cretaceous of the Obira area, Hokkaido, *Proc. Japan Acad.*, 58, ser. B

Matsumoto, T., 1984, Some ammonites from the Campanian (Upper Cretaceous) of northern Hokkaido. Part I. Ammonites from the upper Campanian of the Teshio Mountains. *Palaeont. Soc. Japan Spec. Pap.*, 27, 1-32, pls. 1-9.

Nakaya, H. 1989. Upper Cretaceous elasmosaurid (Reptilia, Plesiosauroidea) from Hobetsu, Hokkaido, Northern Japan. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan*, 154, 96-116.

小川 香, 1996MS, 白亜紀後期エラスモサウルス科(爬虫綱、長頸竜目)の系統解析-北海道中川町産白亜紀後期長頸竜化石-. 修士(教育学)学位論文, 1-135, 香川大学, 高松.

小川 香・仲谷英夫, 1995a, 北海道中川町産後期白亜紀の長頸竜(鱗竜上目, 爬虫綱)化石の形態的特徴(予報). 日本古生物学会1995年年会, 講演予稿集, 84.

小川 香・仲谷英夫, 1995b, 北海道中川町産白亜紀後期の長頸竜(鱗竜上目, 爬虫綱)化石の形態的特徴. 日本地質学会第102年学術大会, 講演要旨集, 149.

Ogawa, K. and Nakaya, H., 1995c, The Mesozoic Plesiosauroidea (Sauropterygia, Reptilia) from the Northwest of Panthalassa -Morphology of the Late Cretaceous Plesiosauroidea from Nakagawa, Hokkaido, Northern Japan-, *Journal of Vertebrate Paleontology*, 15, Suppl., 47A.

Ogawa, K. and Nakaya, H., 1996, The Mesozoic Plesiosauroidea (Sauropterygia, Reptilia) from the Japanese Islands the Late Cretaceous Plesiosauroidea

- from Nakagawa, Hokkaido, Northern Japan. *30th International Geological Congress, Abstracts*, 2, 137.
- 小川 香・仲谷英夫・鈴木 茂, 1994, 北海道中川郡中川町より産出した後期白亜紀長頸竜化石. *日本地質学会第101年学術大会, 講演要旨集*, 111.
- Riggs, E. S., 1939, A specimen of *Elasmosaurus serpentinus*. *Field Mus. Nat. Hist., Geol. Ser.* 6(25), 385-391.
- Shuler, E. W., 1950, A new elasmosaur from the Eagle Ford Shale of Texas. *Univ. Press S. M. U. Dallas, Fournal Sci. Ser.* 1, pt. II.
- Welles, S. P. and J. D. Bump, 1949, *Alzadasaurus pembrotoni*, a new elasmosaur from the Upper Cretaceous of South Dakota. *Jour. Paleontol.* 23(5), 521-535.
- Xu X., 1997, A new psittacosaur (*Psittacosaurus mazongshanensis* sp. nov.) from Mazongshan area, Gansu Province, China. *In Dong Zhiming ed. Sino-Japanese Silk Road dinosaur expedition.* 48-67.

要 旨

オソウシナイ層（下部カンパニアン）と安川層（上部カンパニアン）から得られた三体のエラスモサウルス上科のクビナガリュウ（NMV-1, NMV-2; 中川町郷土資料館登録番号）の骨の残存物とともに発見された多くの胃石について検討した。

胃石の球形度のデータと現在の環境から得られた円礫のデータ比較は、NMV-1は胃石を海岸環境から獲得したものであるらしいこと、またNMV-2は胃石を河川（河口域）環境から獲得したらしいことを示す。一方、NMV-1の胃石はおもに火成岩からなり、NMV-2の胃石は堆積岩からなる。この岩質の違いはそれぞれのクビナガリュウの生息した時代の後背地の違いを示唆する。

—→写真1 : 1. NMV-1の胃石, 2. NMV-2の胃石, 3. NMV-1の胃石と腹肋骨 (矢印: 胃石), 4. 安山岩質胃石の偏光顕微鏡写真 (NMV-1, 直交ニコル, スケールバー; 500ミクロン, Pl; 斜長石), 5. 流紋岩質胃石の偏光顕微鏡写真 (NMV-1, 直交ニコル, スケールバー; 500ミクロン, Pl; 斜長石, Qtz; 石英) 6. アプライト質胃石の偏光顕微鏡写真 (NMV-1, 直交ニコル, スケールバー; 200ミクロン, Bt; 黒雲母, Mus; 白雲母, Pl; 斜長石, Qtz; 石英), 7. 泥岩質胃石の偏光顕微鏡写真 (NMV-2, 単ニコル, スケールバー; 500ミクロン), 8. チャート質胃石の偏光顕微鏡写真 (NMV-2, 直交ニコル, スケールバー; 500ミクロン)

—→Plate 1. 1; Photograph showing the gastroliths of NMV-1, 2; Photograph showing the gastroliths of NMV-2, 3; Gastroliths and gastralia of NMV-1 (arrows: gastroliths), 4; Photomicrograph of andesitic gastrolith (NMV-1, crossed nicols, scale bar = 500 μm , Pl; plagioclase), 5; Photomicrograph of rhyolitic gastrolith (NMV-1, crossed nicols, scale bar = 500 μm , Pl; plagioclase, Qtz; quartz), 6; Photomicrograph of aplitic gastrolith (NMV-1, crossed nicols, scale bar = 200 μm , Bt; biotite, Mus; muscovite, Pl; plagioclase, Qtz; quartz) 7; Photomicrograph of mudstone gastrolith (NMV-2, one nicol, scale bar = 500 μm), 8; Photomicrograph of chert gastrolith (NMV-2, crossed nicols, scale bar = 500 μm).

