

短報

唐ノ浜層群穴内層(鮮新-更新統)産ホホジロザメ歯化石の新標本

高桑祐司¹・鏝本武久²・片岡佑太³

¹群馬県立自然史博物館: 〒370-2345 群馬県富岡市上黒岩1674-1

²愛媛大学大学院理工学研究科(理学系): 〒790-8577 愛媛県松山市文京町2-5

³愛媛大学理学部: 〒790-8577 愛媛県松山市文京町2-5

要旨: 高知県安芸郡からホホジロザメ *Carcharodon carcharias* の新たな歯化石 (EPSM2-220) の産出が確認された。採取情報を整理した結果、EPSM2-220は旧日本国有鉄道阿佐線の田野トンネル採掘現場の廃土中から採取されたと考えられることから、唐ノ浜層群穴内層から産出した標本であると推定され、穴内層産ホホジロザメの4例目の化石記録となる。

EPSM2-220は歯冠と歯根からなり、そのうち歯根は近心端のみが露出し、その他の部分は未剖出である。一方、大型で幅広い三角形を呈した歯冠は尖頭の一部を欠くものの、大部分が保存されている。歯冠の大きさとその幅広であり厚くない形状、発達しない歯頸部の存在、近心縁と遠心縁における鋸歯の存在、ならびに尖頭の傾斜角から判断して、EPSM2-220はホホジロザメの左上顎の前歯だと推定される。

唐ノ浜層群の板鰓類化石群は登層と穴内層の二つの層から産出するが、共通して産出する種類は先行研究の結果と同様にホホジロザメのみで、二つの層の堆積深度の違いが、両層の化石群の属構成の相違の理由の一つとして考えられる。また、唐ノ浜層群の板鰓類化石群を構成する8属のうち、絶滅属 *Parotodus* を除く7属中6属は高知県周辺海域でも現生種の分布が知られている。ネズミザメ属 *Lamna* は、高知県周辺海域での記録は無いものの、北太平洋に分布する現生種のネズミザメ *Lamna ditropis* では台湾近海が南限とされている。しかしながら、関東以南での捕獲記録が稀であることから、亜寒帯など主に冷涼な環境に生息するネズミザメの登層からの産出は、北東太平洋域の現生種個体群でも知られる本種の季節移動が関係しているかもしれない。

キーワード: ホホジロザメ, サメ, 軟骨魚綱, 化石, 鮮新-更新統, 穴内層, 唐ノ浜層群, 高知県

A new specimen of the fossil tooth of a great white shark (*Carcharodon carcharias*) from the Plio-Pleistocene Ananai Formation, Tonohama Group, Kochi, Shikoku, Japan

TAKAKUWA Yuji¹, TSUBAMOTO Takehisa² and KATAOKA Yuta³

¹Gunma Museum of Natural History: 1674-1, Kamikuroiwa, Tomioka, Gunma 370-2345, Japan

²Graduate School of Science and Engineering (Science Section), Ehime University: 2-5, Bunkyo-cho, Matsuyama, Ehime 790-8577, Japan

³Faculty of Science, Ehime University: 2-5, Bunkyo-cho, Matsuyama, Ehime 790-8577, Japan

Abstract: We report here that a new fossil tooth specimen (EPSM2-220) of a great white shark, *Carcharodon carcharias* from the Aki County, Kochi Prefecture, Japan. The specimen was found from excavated rocks of a construction site of the Tano Tunnel, Tosa Kuroshio Tetsudo Co. (former JR Asa Line) at the border area of Tano and Yasuda towns. Based on the lithological features of the fossil matrix, associated fossil and geological distribution, the specimen is presumed to have been derived from the Plio-Pleistocene Ananai Formation (late Piacenzian to early Gelasian), Tonohama Group.

The specimen shows an almost complete crown and the proximal end of the root. The crown has a large-sized and a broad triangular-shaped crown with a serration in proximal and distal cutting edges, though the crown lacks its tip. Broad-wide shaped crown with serration, the angle of crown apex and its size suggests that EPSM2-220 is identified as an anterior (A1 or A2) tooth in the upper left jaw.

The fossil sharks from of the Tonohama Group include six living genera in the surrounding waters of Kochi Prefecture. There is a difference in the composition of genera between the Nobori and Ananai formations of the Tonohama Group (The only exception is the *C. carcharias*). The sedimentary depth of the two formations might be related to the difference in composition. And the existence of the salmon shark, *Lamna* in the fossil record of the Tonohama Group and its lack in the record of living species in surrounding waters of Kochi Prefecture may suggest the result of their seasonal migration that is observed in the living population in the Northeastern Pacific.

Key Words: *Carcharodon carcharias*, shark, Chondrichthyes, fossil, Plio-Pleistocene, Ananai Formation, Tonohama Group, Kochi Prefecture

はじめに

高知県東南部の土佐湾沿岸に点在して分布する唐ノ浜層群（鮮新－更新統）は、様々な化石を含んでいることで知られている。本層群産の大型化石としては貝類が卓越しており、横山又次郎による研究（Yokoyama, 1926）以降、100年近い古生物学的研究の歴史がある。また、「不食貝（くわず貝）」伝説の由来にもなっており（例えば石橋, 2015など）、古くからその存在が知られていたことがわかる。

仲谷英夫博士（鹿児島大学名誉教授）は、前任校であった香川大学在任中に高木正信氏（当時、今治造船（株）に勤務）から同氏が採取した唐ノ浜層群産軟骨魚類歯化石1点の提供を受けた。この化石は、仲谷博士が保管していたが、今回筆者らはその化石を検討する機会を得た。

上述のとおり、唐ノ浜層群産化石には長い研究史があるものの、同層群産脊椎動物化石の報告は少なく、同様に四国の新生界からの軟骨魚類化石の報告も少ない。今回検討したEPSM2-220は唐ノ浜層群産軟骨魚類に関する貴重な記録であり、四国周辺海域における軟骨魚類相の変遷や黒潮との対応を知る貴重な記録であることから、この標本の同定結果を報告する。

なお、本論文は第3筆者である片岡による愛媛大学理学部での2021年度卒業研究（片岡, 2022MS）の一部を元に大幅に加筆・修正したものであり、記載する歯化石は、愛媛県総合科学博物館（EPSM）に移管・登録され、EPSM2-220として保管されている。

産地の地質

化石産地の推定

仲谷博士がEPSM2-220と共に保管していた採取記録のメモ（以下、メモと表記）によると、軟骨魚類歯化石（EPSM2-220）は「高知県安芸郡田野町のトンネル工事現場の廃土から産出」し、二枚貝の一種である「ヌノメアカガイ（*Cucullaea (Cucullaea) labiata*）と共産した」となっていた。田野町内の公共インフラにおけるトンネル設置状況を考えてみると、このトンネルは田野町と西隣の安芸郡安田町に跨がる旧日本国有鉄道の阿佐線（現在の土佐くろしお鉄道ごめん・なはり線）の田野トンネルであり、EPSM2-220が採取された場所は田野トンネル西口工事現場である可能性が高い（図1）。なお、トンネル掘削の大部分は田野町内で行われたが、その廃土があったとされる西口付近は安田町東島にあたり（三本・中尾, 2004など）、この地点は田野・安田両町の町境に極めて近い。また、1987（昭和62）年4月1

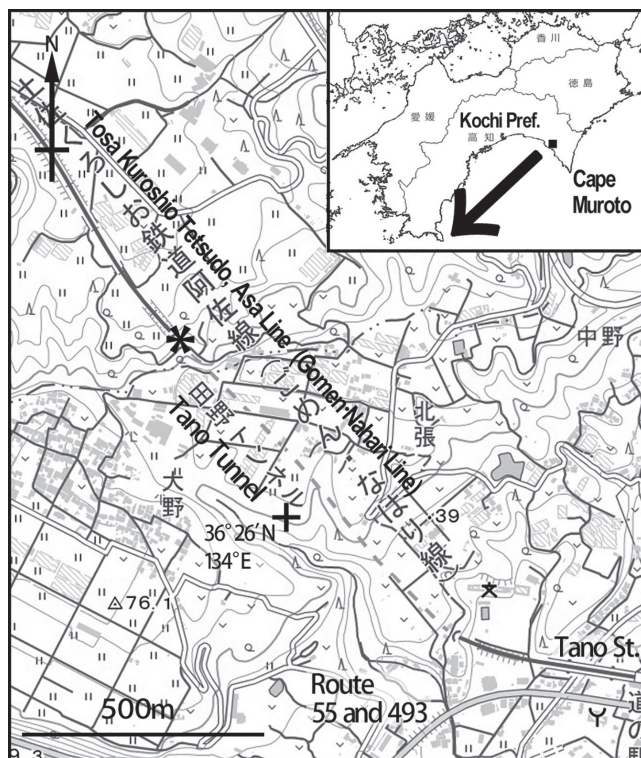


図1. 穴内層産ホホジロザメ歯化石（EPSM2-220）の産出地点（推定）。国土地理院の電子地形図（タイル）のベースマップに産地の位置と地名の英文表記、地理記号を加筆。アスタリスクは推定される産出地点を示し、十字記号は北緯36°26′、東経134°を示す。

Fig. 1. The locality of the fossil tooth of the great white shark, *Carcharodon carcharias* (EPSM2-220). The map added the locality mark, some place names, and some symbols to the Geospatial Information Authority of Japan's digital topographic map (tile) base map. The asterisk indicates the putative fossil locality. The cross symbol indicates the position of 36° 26' N, 134° E.

日に日本国有鉄道が分割民営化されているため、メモに残されていた「1992年8月13日」という日付は、化石の採取日ではなく、採取者が仲谷博士を訪問した日付だと考えられる。

産出層の推定

Kurihara (1968) は、田野町付近に分布する唐ノ浜層群が登層、六本松層、および穴内層であることを図示している（p.269; fig. 1）。それによると田野トンネル付近には穴内層が分布しており、岩井ほか（2006）の地質図（図2）も同様となっている。

一方、田中・三本（1991）は唐ノ浜層群の4つの化石産地から産出した板鰓類化石を報告する中で、その産地の一つとして田野トンネル西口工事現場（安田町東島；Loc. 3）を挙げ、「トンネルの掘削土砂（原文のまま）」から採取したと記述し、穴内層の化石産地の一地点としている。また、穴内層産貝類に関する一連の報告である三本・中尾（2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2013, 2017, 2020; 中尾・

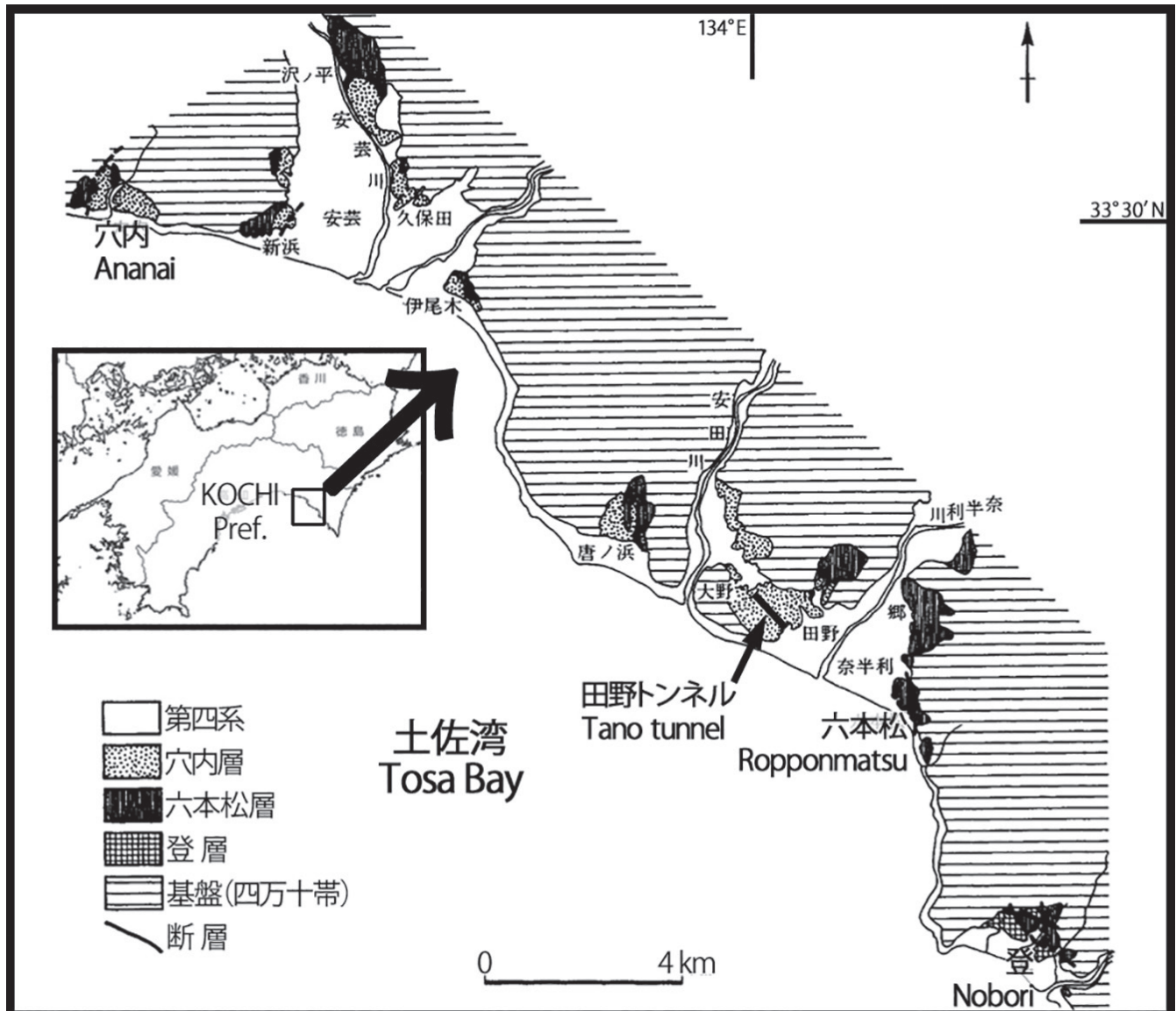


図2. 唐ノ浜層群（鮮新-更新統）地質図。岩井ほか（2006）の図1を元に加筆。

Fig. 2. The geological map of the Plio-Pleistocene Tonohama Group. Modified from fig. 1 of Iwai et al. (2006).

三本, 2014) がLoc. H1とした産地（三本・中尾 (2004) ではLoc. 2とされている）は、田中・三本 (1991) のLoc. 3と同一地点だと考えられる。この地点では、トンネルの掘削土砂中に化石が含まれていたが、土砂のトンネル内での正確な産出地点、ならびに穴内層内での正確な層準は不明とされている。

EPSM2-220の母岩は灰色中～細粒砂岩で、メモによると化石はその中の硬質な部分（ノジュールだと推定される）から産出したが、トンネル内での産出地点は不明である。母岩の硬質部分は現在も標本に残存し、歯根の大部分を覆っている。この岩相は、塊状泥岩や灰白色シルト岩で構成される登層（岩井ほか, 2006）の岩相とは異なり、石灰質シルト岩～中粒砂岩からなるとされる穴内層の主な岩相（岩井ほか, 2006）と類似している。なお、EPSM2-220と

の共産記録があるヌノメアカガイは、登層と穴内層の両層から産出が知られている（Yokoyama, 1929；Matsubara, 2004）。

以上のとおり、推定される化石産地、唐ノ浜層群の地層分布、ならびに先行研究における化石産地の情報から、EPSM2-220は唐ノ浜層群穴内層に由来した化石であると考えられる。

穴内層の年代

穴内層の年代は、田野トンネル（EPSM2-220の推定産地）の北西方向に位置する唐浜地域で掘削された陸上ボーリングとそれに基づいた古地磁気・微古生物・酸素同位体層序が検討されている（岩井ほか, 2006；Kondo et al., 2006；北ほか, 2009）。その結果、穴内層上部層の下部にガウス

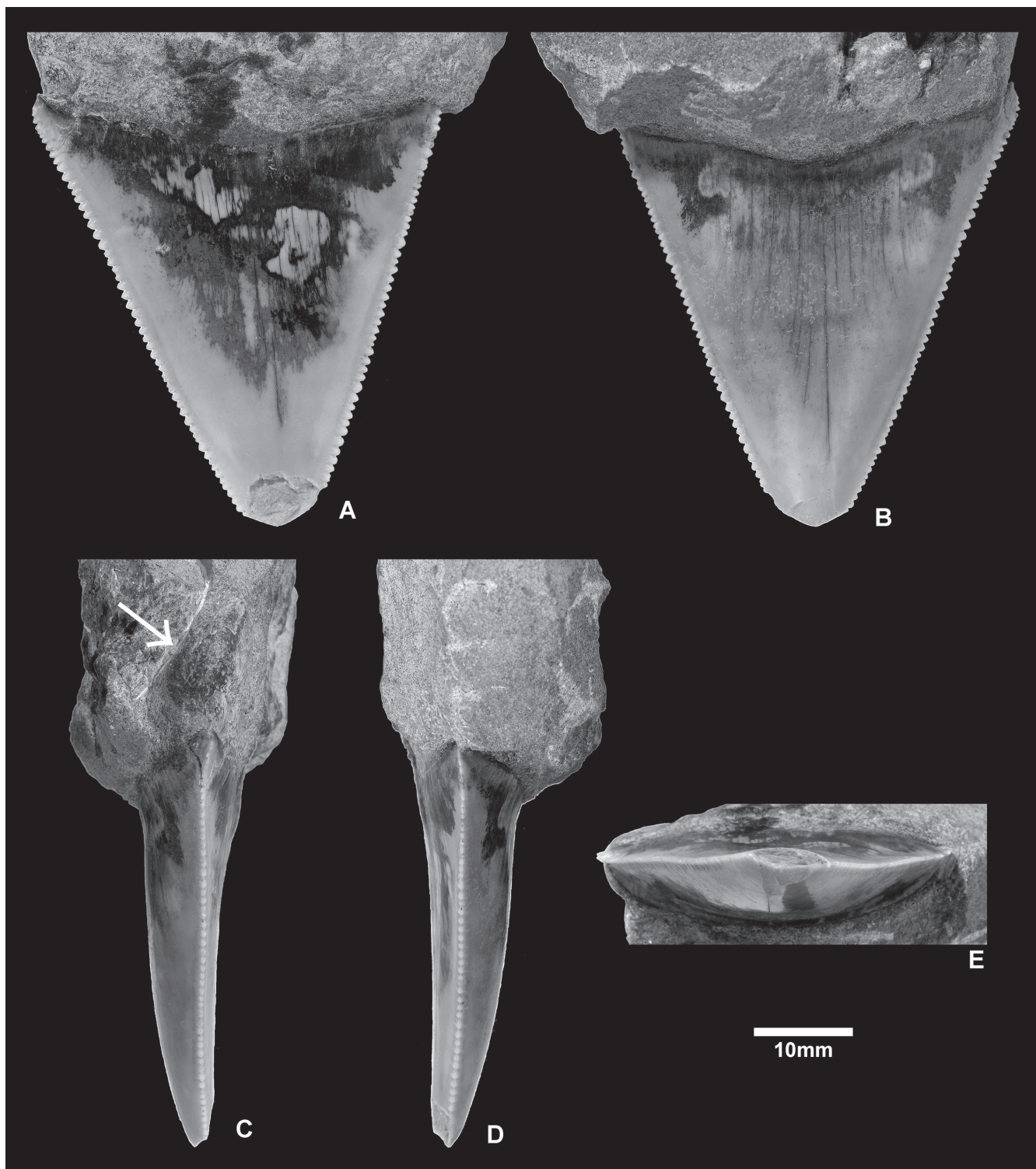


図3. 穴内層産ホホジロザメ歯化石 (EPMS2-220). A. 唇側面観, B. 舌側面観, C. 近心面観, D. 遠心面観, E. 冠側面観. スケールバーは10mm. なおC. において歯冠の上側にある褐色部は歯根の近心端.

Fig. 3. The fossil tooth of the great white shark, *Carcharodon carcharias* (EPMS2-220), from the Ananai Formation, Tonohama Group, Kochi, Japan; A. labial view, B. lingual view, C. proximal view, D. distal view, and E. coronal view. The scale bar equals 10mm. The brown part in the matrix of C. (proximal view) is the proximal end of the root.

正磁極期と松山逆磁極期の境界, すなわち新第三紀鮮新世と第四紀更新世の境界が確認され, 穴内層の化石産地の大部分の年代は後期鮮新世のピアセンジアンから前期更新世

のジェラシアンであることが明らかとなった (岩井ほか, 2006; 北ほか, 2009). ただし, 先述のとおり穴内層内におけるEPMS2-220の正確な産出層準は特定困難であるた

め、本論文ではEPSM2-220の年代を後期鮮新世のピアセンジアン後期 (late Piacenzian) ~前期更新世のジェラシアン前期 (early Gelasian) として、幅を持たせておく。

唐ノ浜層群の化石と堆積環境

唐ノ浜層群の化石

100年近い唐ノ浜層群産化石の研究は貝類から始まる。貝類化石研究は、横山又次郎によるYokoyama (1926) や Yokoyama (1929) 以降、Nomura (1937), Aoki (1966), 平田 (1977), Majima and Murata (1992), Okumura and Takei (1993), Majima (1994), Tomida and Kitao (2002), Matsubara (2004), 三本健二氏と中尾賢一氏による一連の研究 (三本・中尾, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2013, 2017, 2020; 中尾・三本, 2014) が知られている。近年でも高月ほか (2013), 山岡ほか (2013), 中山ほか (2014), 山岡ほか (2015), 中山ほか (2019) などが公表されている。

その他の無脊椎動物化石としては、甲殻類 (上野ほか, 1996; 三本, 2001; Karasawa and Kinugawa, 2013), コケムシ類 (Hayami, 1980; 三本, 2022) のほか、単体サンゴ (腔腸動物), 腕足動物, 棘皮動物 (ウニ類, ヒトデ類) の産出も知られている (上野ほか, 1996)。

脊椎動物化石では、登層から産出する多様な硬骨魚類の耳石が知られている (Aoki and Baba, 1984; 門部・近藤, 2005; 三島ほか, 2019; Schwarzhans and Ohe, 2019)。その他の硬骨魚類化石としては、上野ほか (1996) がサワラの仲間 (少なくともサワラ族の可能性のある) の頭骨の一部とハリセンボン属 *Diodon* の歯板を図示している。

哺乳類では、上野ほか (1996) が登層産のハクジラ類の歯を図示し、アゴロフィウス属としている。また、室戸市岩戸・奈良師付近の海岸に分布し、唐ノ浜層群の一部と見なされる浅海成層 (最上部中新統~下部鮮新統) から大型クジラ類の上腕骨と腰椎4点が報告されている (Tonomori et al., 2020)。同地域産のクジラ類化石としては、上野ほか (1996) もヒゲクジラ類のケトテリウム (属) とされる上腕骨、尺骨、椎骨を図示している。軟骨魚類については後述して議論する。

堆積環境

穴内層の堆積環境は東に向かって深くなるとされ、本層分布のうち西部域は内側陸棚程度で、東部域 (唐浜, 千福など) では外側陸棚に達したと推定されている (甲藤ほか, 1953; Uchio, 1967)。一方、下位の登層の堆積環境は、産出化石や岩相から暖流の影響下にある陸棚斜面上部から陸

棚縁辺であると考えられている (甲藤ほか, 1953; Uchio, 1967; 岩井ほか, 2006; 奈良, 2016)。また、穴内層には海進—海退の堆積サイクルが確認されており、これはミランコヴィッチサイクルに応答して形成された堆積シーケンスに相当するものと解釈されている (岩井ほか, 2006; 奈良, 2016)。

標本記載

本研究では、分類についてはCappetta (2012) に従い、現生種の標準和名は仲谷 (2016)、板鰓類の歯の形態に関する用語は矢部・後藤 (1999) に従った。また歯の計測部位は上野ほか (1989) を参考として、市販のデジタルノギスで計測した。歯種同定についてはBass et al. (1975), 上野・松島 (1979), 後藤ほか (1984), Shimada (2002), 田中 (2006) 等を参照した。

SYSTEMATIC PALEONTOLOGY

古生物学的記載

Class Chondrichthyes HUXLEY, 1880

軟骨魚綱

Subclass Elasmobranchii BONAPARTE, 1838

板鰓亜綱

Cohort Euselachii HAY, 1902

真サメ区

Subcohort Neoselachii COMPAGNO, 1977

新サメ亜区

Superorder Galeomorphii Compagno, 1973

ネズミザメ上目

Order Lamniformes Berg, 1958

ネズミザメ目

Family Lamnidae Müller et Henle, 1838

ネズミザメ科

Genus *Carcharodon* A. Smith in Müller et Henle, 1838

ホホジロザメ属

Carcharodon carcharias Linnaeus, 1758

ホホジロザメ

(図3)

研究標本: EPSM2-220 (図3, 愛媛県総合科学博物館 [愛媛県新居浜市] 所蔵標本)。

化石産地: 高知県安芸郡, 田野トンネル付近 (図1, near

表1. 唐ノ浜層群(鮮新-更新統)の板鰐類化石群と高知県周辺に分布するそれらの属の現生種との比較. 表の化石群の中にある△は, 高知県周辺海域における現生種と同属ないしは同グループの化石の産出を示す. 参考文献は以下のとおり:(化石記録)上野ほか(1975), 田中・三本(1991), 上野ほか(1996), 三本・佐藤(2002), 本論文;(現生種)遠藤(2006a, 2006b, 2006c, 2006d).

Table 1. The comparison between the elasmobranch fossils of the Plio-Pleistocene Tonohama Group and the living related species, genera or its allies which distributed near Kochi Prefecture. The triangle symbol shows an occurrence of the elasmobranch fossil from the Tonohama Group that identified to the same genus or closely related group of the living species. References for this table are as follows; (Fossil) Uyeno et al. (1975), Tanaka and Mimoto (1991), Uyeno et al. (1996), Mimoto and Sato (2002), and this paper; (Living species) Endo (2006a, 2006b, 2006c, and 2006d).

分類	現生種	登層	穴内層	文献
Elasmobranchii 板鰐亜綱				
Selachii サメ亜区				
Galeomorphii ネズミザメ上目				
Lamniformes ネズミザメ目				
<i>Parotodus benedenii</i>	絶滅	—	○	田中・三本(1991), 三本・佐藤(2002)
<i>Mitsukurina owstoni</i> ミツクリザメ	○	○	—	上野ほか(1996), 遠藤(2006a)
<i>Lamna</i> cf. <i>ditropis</i> ネズミザメ比較種	未記録	○	—	上野ほか(1996), 遠藤(2006a)
<i>Carcharodon carcharias</i> ホホジロザメ	○	○	○	上野ほか(1975), 田中・三本(1991), 上野ほか(1996), 遠藤(2006a), 本報告
<i>Isurus oxyrinchus</i> アオザメ	○	○	—	田中・三本(1991), 上野ほか(1996), 遠藤(2006a)
<i>Pseudocarcharias kamoharai</i> ミズワニ	○	—	—	遠藤(2006a)
<i>Megachasma pelagios</i> メガマスザメ	○	—	—	遠藤(2006a)
<i>Cetorhinus maximus</i> ウバザメ	○	—	—	遠藤(2006a)
<i>Alopias pelagicus</i> ニタリ	○	—	—	遠藤(2006a)
<i>Alopias superciliosus</i> ハチワレ	○	—	—	遠藤(2006a)
Carcharhiniformes メジロザメ目				
Carcharhinidae メジロザメ科				
<i>Carcharhinus</i> sp. メジロザメ属の一種	△	○	—	田中・三本(1991)
<i>Carcharhinus brevipinna</i> ハナザメ	○	—	—	遠藤(2006b)
<i>Carcharhinus dussumieri</i> スミツキザメ	○	—	—	遠藤(2006b)
<i>Carcharhinus falciformis</i> クロトガリザメ	○	—	—	遠藤(2006b)
<i>Sphyrna?</i> sp. シュモクザメ属の一種	△	—	○	田中・三本(1991)
<i>Sphyrna lewini</i> アカシュモクザメ	○	—	—	遠藤(2006b)
<i>Sphyrna zygaena</i> シロシュモクザメ	○	—	—	遠藤(2006b)
<i>Galeocerdo cuvier</i> イタチザメ	○	—	—	遠藤(2006b)
<i>Prionace glauca</i> ヨシキリザメ	○	—	—	遠藤(2006b)
<i>Rhizoprionodon oligolinx</i> アンコウザメ	○	—	—	遠藤(2006b)
<i>Rhizoprionodon acutus</i> ヒラガシラ	○	—	—	遠藤(2006b)
<i>Scoliodon laticaudus</i> トガリアンコウザメ	○	—	—	遠藤(2006b)
Squalomorphii ツノザメ上目				
Squatiniiformes カスザメ目				
Squatinae カスザメ科				
<i>Squatina</i> sp. カスザメ属の一種	△	—	○	田中・三本(1991)
<i>Squatina japonica</i> カスザメ	○	—	—	遠藤(2006c)
<i>Squatina nebulosa</i> コロザメ	○	—	—	遠藤(2006c)
<i>Squatina formosa</i> タイワンコロザメ	○	—	—	遠藤(2006c)
Selachii gen. et sp. indet. サメ類の一種(脳の鋳型)	△	○	—	上野ほか(1975)
Batoidea エイ亜区				
Batoidea gen. et sp. indet. エイ類の一種(橋鱗)	△	—	○	田中・三本(1991)
板鰐亜綱の未定種				
Elasmobranchii gen. et sp. indet. 板鰐類の一種(脊椎)	△	○	—	田中・三本(1991)

Tano tunnel, Aki County, Kochi Prefecture).

産出層準: 唐ノ浜層群穴内層 (Ananai Formation, Tonohama Group).

地質年代: 後期鮮新世~前期更新世 (late Pliocene [late

Piacenzian] to early Pleistocene [early Gelasian]).

計測値: 最大歯冠高42.7mm+, 歯頸部-尖頭間の距離38.9mm, 歯冠幅41.4mm, 最大歯冠厚10.9mm, 尖頭の角度(歯冠近遠心径の中心から尖頭(推定)を結んだ線と歯冠の

近遠心端を結んだ線がなす角度のうち遠心側の角度) 84°.

標本記載: 標本は歯冠と歯根で構成されるが、歯根の大部分は母岩中に埋没して、僅かに近心端のみが露出する。一方、歯冠は大型で幅の広い二等辺三角形に近似する。唇側面は平滑であるが、舌側面は中ほどが膨らむ。尖頭の一部を欠くが、全体の形状はよく保存されている。近心側から見ると、切縁はほぼ直線状を呈するが、歯冠先端部が僅かに唇側に反り、遠心側から見た切縁も同様である。近心縁と遠心縁に明瞭な粗い鋸歯が発達する。なお10mmあたりの鋸歯数は、近心縁で10～13、遠心縁で11～15である。歯頸部は発達しておらず、副咬頭やその痕跡は無い。

備考: EPSM2-220は比較的大型で、歯冠の近・遠心縁に鋸歯が発達する。こうした形態の特徴は、ホホジロザメ属の現生種であるホホジロザメの歯とよく似る。一方、世界各地の鮮新統からは、鮮新世に絶滅したとされ(Pimiento and Clements, 2014; Boessenecker et al., 2019)、メガロドンの名で知られる巨大ザメ*Otodus* (*Carcharocles*) *megalodon*の化石も知られている(Cappetta, 2012など)。また、上野ほか(1975)が報告した登層産ホホジロザメの歯化石も、それ以前の文献(甲藤, 1969)でメガロドンとして記録されたこともある。メガロドンの歯では、歯冠舌側面の歯頸部に歯頸帯が発達し、歯冠舌側面の膨らみも顕著で、厚みのある歯冠を呈することが多い。また、歯冠の近遠心縁には鋸歯が発達し、その形状はホホジロザメのそれと比べて細かく整っている(Nyberg et al., 2006, figure 8)。こうしたメガロドンの歯冠に見られる特徴は、EPSM2-220の歯冠の薄さ、未発達歯頸部、鋸歯の粗い形状とは異なることから、EPSM2-220はメガロドンには分類されず、形態的に似ているホホジロザメ属に分類される。

歯の位置については、歯冠が幅広い二等辺三角形に近似していることから、上顎歯であると考えられ、さらにその咬頭はほぼ直立している。こうしたEPSM2-220にある特徴、ならびにBass et al. (1975)、上野・松島(1979)、後藤ほか(1984)などの図示標本や現生標本との比較結果から、EPSM2-220は上顎前歯もしくは前位側歯であると考えられる。また、上顎歯の尖頭の角度では、前歯2本が概ね80～90°の範囲に入り、側歯では概ね80°が最大となっているが(田中, 2006)、EPSM2-220の尖頭の角度は84°で前歯の範囲に入る。

なお、ホホジロザメ属の種としては、現生ホホジロザメの祖先種と考えられ、上部中新統から知られる絶滅種のハッブルホホジロザメ*C. hubbali*も知られているが(Ehret et al., 2012)、*C. hubbali*の鋸歯が弱いのに対し、EPSM2-220

で観察される鋸歯は明瞭で、現生種のホホジロザメのそれと同程度である。

以上の点から、EPSM2-220はホホジロザメ属の現生種であるホホジロザメ*Carcharodon carcharias*に同定され、その位置は歯冠の大きさと幅広い形状、ならびに咬頭と尖頭の傾きから、左上顎第1もしくは第2前歯だと推定される。

なお、EPSM2-220の欠損した尖頭について、近心縁と遠心縁を延長することで復元すると、歯冠高は少なくとも45mmはあったと考えられる。この値をShimada (2002)が示した歯の大きさと全長に関する回帰式に代入すると、第1前歯だとすれば523.724cm、第2前歯だとすれば542.475cmという推定体長が算出される。

唐ノ浜層群の化石板鰐類相

上野ほか(1975)では登層産のホホジロザメの歯とサメ類の脳化石を報告されている。サメ類の脳化石は稀な産出例であるが、上野ほか(1975)は同じ登層から産出したホホジロザメのものである可能性を指摘しつつも比較が十分でないことに対しても言及していることから、本論文ではサメ類の一種とした。

田中・三本(1991)は、登層産のホホジロザメ、アオザメ*Isurus oxyrinchus*、メジロザメ属の一種*Carcharhinus* sp.、サメ類の脊椎、ならびに穴内層産のホホジロザメ、シュモクザメ属?の一種*Sphyrna?* sp.、カスザメ属の一種*Squatina* sp.、エイ類の楯鱗を報告している。これらのうちサメ類の脊椎については本論文では板鰐類の一種とした。上野ほか(1996)は、登層産の歯化石としてホホジロザメ、アオザメ、ミツクリザメ*Mitsukurina* cf. *owstoni*、ネズミザメ*Lamna* cf. *ditropis*を図示している。上野ほか(1996)では和名表記のみで学名表記の記述が無いが、本論文では図示された画像を検討し、ミツクリザメとネズミザメについて、それぞれ上記の分類とした。

三本・佐藤(2002)は穴内層産の*Parotodus benedenii*を報告して、唐ノ浜層群産板鰐類が8種となったこととその中の4種が穴内層産であることを述べると共に、年代的に近い掛川層群大日層の17種と比較して唐ノ浜層群の種類数が少ない要因の一つとして、唐ノ浜層群の狭小な分布と産地数の少なさを挙げた。

これらの先行研究などを基に唐ノ浜層群産板鰐類を整理すると、唐ノ浜層群からは、サメ類8属(歯/8種類)、サメ類の一種1種類(脳の鋳型)、エイ類の一種1種類(楯鱗)、板鰐類の一種1種類(脊椎)が現時点で確認されている(表1)。

サメ類のうち、ホホジロザメは、これまでに合計6点報告されており（上野ほか, 1975; 田中・三本, 1991; 上野ほか, 1996）, それらのうち穴内層産が3点あることから, EPSM2-220は穴内層産では4例目の化石記録となる。また, 登層と穴内層の板鰓類化石群について見てみると, 両層の属構成には違いがあり, 共通しているのはホホジロザメ属のみである。これまでに報告された標本数, 種類数共に少ないが, 沖合や外洋を好むアオザメ（仲谷, 2016）と深海（200m以深）を主な生息水深とするミツクリザメ（仲谷, 2016）が陸棚斜面上部を堆積環境に含む登層のみで産出することは, 属構成の違いと両層の堆積深度との関係を示唆しているかもしれない。

次に, 唐ノ浜層群産板鰓類と土佐湾など高知県周辺海域から確認されている現生板鰓類（遠藤, 2006a, 2006b, 2006c, 2006d）の各目と比較する。ネズミザメ目Lamniformesでは, 現生種が知られる7属8種（遠藤, 2006a）の中で, 絶滅属のパロトドゥス属*Parotodus*を除く化石種4属4種のうち唐ノ浜層群の記録があるのはホホジロザメ, アオザメ, ミツクリザメの3属3種である（上野ほか, 1975; 田中・三本, 1991; 上野ほか, 1996, 本論文）。

メジロザメ目Carcharhiniformesでは, 確認されている6科17属28種の現生種（遠藤, 2006b）のうち, 唐ノ浜層群の記録があるのはメジロザメ科のメジロザメ属の一種とシュモクザメ科のシュモクザメ属の一種の2属のみである。現生種ではメジロザメ属だけで3種, シュモクザメ属も2種が知られている（遠藤, 2006b）。近年では唐ノ浜層群より少し新しい台湾の下部更新統から, メジロザメ属の現生種9種と同じく現生種のアカシュモクザメ*Sphyrna lewini*の化石が報告されている（Lin et al., 2022）。また本目の中でもトラザメ科Scyliorhinidae, タイワンザメ科Proscyllidae, チヒロザメ科Pseudotriakidae, ドチザメ科Triakidaeは唐ノ浜層群に限らず, 国内でもこの時代の記録はほとんど無い。今後標本数が増加し, 現生種や台湾産の化石標本と詳細に比較できれば, 唐ノ浜層群産のメジロザメ目化石も種レベルでの同定やさらに広汎な海域の中での群集の比較が可能になると考えられる。

カスザメ目Squatiniiformesもメジロザメ目と似た状況で, 1属3種の現生種が高知県周辺海域で知られているが（遠藤, 2006c）, 唐ノ浜層産化石は1点のみで種が未定であるため, 追加標本と今後の現生種との比較が必要である。

一方, 唐ノ浜層群産板鰓類の中で高知県周辺海域での現生種の記録（遠藤, 2006a）の無いものがネズミザメ目のネズミザメ属*Lamna*である（上野ほか, 1996）。現生ネズミザメ属2種のうち, 北太平洋の寒帯海域などに分布する

のがネズミザメ*Lamna ditropis*で, 沿岸から沖合の表層から水深200m程度の所にすむとされる（仲谷, 2016）。現時点では高知県周辺海域での記録は無いものの（遠藤, 2006a）, 北西太平洋域におけるネズミザメの分布の南限は台湾近海である（Ebert et al., 2013など）。ただし, 北西太平洋域の中でも本種の日本列島の関東以南の捕獲記録は稀で, 相模湾（蒲生・加藤, 1973; 吉野ほか, 2013）, 三重県（鳥羽水族館, 2016）など少ない。ただし, 北太平洋を挟んで日本列島の対岸に位置する北東太平洋域では, ベーリング海に生息するネズミザメの一部が北アメリカ西岸のパハ・カリフォルニア半島北部の亜熱帯域まで季節移動することが知られている（Weng et al., 2005）。本種の現生個体群で確認されたこの行動パターンを考慮すると, 登層におけるネズミザメ化石の産出は, 北西太平洋域における本種の季節移動と関係している可能性が考えられる。

謝辞

本論文の執筆にあたり, 始めに標本を採取した高木正信氏（採取当時は今治造船（株））, ならびにそれを保管し, 卒業研究の研究材料として提供していただいていた仲谷英夫博士に感謝する。また, 島田賢舟氏（デポール大学）からは標本の歯種に関する助言をいただき, 山根勝枝氏（愛媛県総合科学博物館）には, EPSM2-220の標本登録にあたって便宜を図っていただいた。藤井孝二氏（葛袋地学研究会）には文献調査でご協力いただいた。山岡勇太氏（埼玉県立自然の博物館）には, 唐ノ浜層群の地質と産出化石について助言をいただいた。群馬県立自然史博物館の木村敏之博士には, 館所蔵の現生ホホジロザメの顎乾燥標本観察の機会をいただくと共に, 担当編集委員として様々な便宜を図っていただいた。そして宮田真也氏（城西大学・大石記念化石ギャラリー）の査読によって, 本論文は大幅に改善された。以上の皆様に厚く御礼を申し上げる。

引用文献

- Aoki, N. (1966): Molluscan fossils from the Nobori Formation, Shikoku, JAPAN. *Transactions and proceedings of the Paleontological Society of Japan. New Series*, (62): 251-259.
- Aoki, N. and Baba, K. (1984): Additions to the molluscan fossils from the Nobori Formation, Shikoku. *Annual Report of the Institute of Geoscience, the University of Tsukuba*, (10): 73-79.
- Bass, A. J., D' Aubrey, J.D. and Kistnasamy, N. (1975): Sharks of the east coast of southern Africa. IV. The families Odontaspidae, Scapanorhynchidae, Isuridae, Cetorhinidae, Alopiidae, Orectolobidae and Rhincodontidae. *Oceanographic Research Institute, Investigational report*, (39): 1-102.
- Berg, L. S. (1958): System der Rezenten und Fossilen Fischartigen und

- Fische. Hochschulbücher für Biologie, Berlin, 310 pp.
- Boessenecker, R. W., Ehret, D.J., Long, D.J., Churchill, M., Martin, E., and Boessenecker, S. J. (2019) : The Early Pliocene extinction of the megatoothed shark *Otodus megalodon* : a view from the eastern North Pacific. *PeerJ*, 7 : e6088, DOI 10.7717/peerj.6088
- Bonaparte, C. L. (1838) : *Selachorum tabula analytica*. *Nuovi Annali della Science Naturali Bologna*, 1 (2) : 195-214.
- Cappetta, H. (2012) : *Handbook of Paleoichthyology*, Vol. 3E : Chondrichthyes · Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii : Teeth. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, Germany, 512pp.
- Compagno, L.J.V. (1973) : Interrelationships of living elasmobranchs. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 53 (Supplement 1) : 15-61.
- Compagno, L. J. V. (1977) : Phyletic relationships of living sharks and rays. *American Zoologist*, 17 (2) : 303-322.
- Ebert, D.A., White, W. T., Ho, H.-C., Last, P. R., Nakaya, K., Séret, B., Straube, N., Naylor, G. J. P., and Carvalho, M. R. D. (2013) : An annotated checklist of the chondrichthyans of Taiwan. *Zootaxa*, 3752 (1) : 279-386.
- Ehret, D. J., MacFadden, B. J., Jones, D. S., DeVries, T. J., Foster, D.A., Salas-Gismondi, R. (2012) : Origin of the white shark *Carcharodon* (Lamniformes : Lamnidae) based on recalibration of the upper Neogene Pisco Formation of Peru. *Palaeontology*, 55 (6) : 1139-1153.
- 遠藤広光 (2006a) : 高知県産魚類目録 ネズミザメ目. Online. Available from internet : https://www.kochi-u.ac.jp/w3museum/Fish_Labo/FishCatalog/Fishlist/Lamni.html (last modified on 2021-12-22 by the author) (Retrieved 2022-12-1)
- 遠藤広光 (2006b) : 高知県産魚類目録 メジロザメ目. Online. Available from internet : https://www.kochi-u.ac.jp/w3museum/Fish_Labo/FishCatalog/Fishlist/Carcharhini.html (last modified on 2021-12-22 by the author) (Retrieved 2022-12-1)
- 遠藤広光 (2006c) : 高知県産魚類目録 カスザメ目. Online. Available from internet : https://www.kochi-u.ac.jp/w3museum/Fish_Labo/FishCatalog/Fishlist/Squatini.html (last modified on 2021-12-22 by the author) (Retrieved 2022-12-1)
- 遠藤広光 (2006d) : 高知県産魚類目録 エイ目. Online. Available from internet : https://www.kochi-u.ac.jp/w3museum/Fish_Labo/FishCatalog/Fishlist/Raji.html (last modified on 2021-12-22 by the author) (Retrieved 2022-12-1)
- 蒲生重男・加藤 直 (1973) : 真鶴附近の魚類. 横浜国立大学真鶴理科教育実験所業績, 1 : 69-84.
- 後藤仁敏・菊池隆男・関本真一・野間達郎 (1984) : 上総・下総両層群 (鮮新世~更新世) から産したホジロザメの歯化石. 地球科学, 38 : 420-426.
- Hay, O. P. (1902) : Bibliography and catalogue of the fossil Vertebrata of North America. *Bulletin of the United States Geological and Geographical Survey of the Territories*, 179 : 1-868.
- Hayami, T. (1980) : Preliminary reports on Cheilostomata (Bryozoa) from the Ananai Formation (Pliocene). In Taira, A. and Tashiro, M. (eds.) *Geology and Paleontology of the Shimanto Belt*, Selected papers in honor of Prof. Jiro Katto. Rinyakosaikai Press, Kochi, Japan, p.37-42.
- Huxley, T. H. (1880) : On the application of the laws of evolution to the arrangement of the Vertebrata, and more particularly of the Mammalia. *Proceedings of the Zoological Society, London*, 43 : 649-662.
- 平田茂留 (1977) : 高知県産新生代化石. 化石の目録, 第4集, 平田地質研究所, 高知, 2+45pp.
- 石橋弘明 (2015) : 高知県安田町の「くわず貝」伝説について~文化地質学の視点から~. 日本地質学会第122年学術大会講演要旨, T2-O-14.
- 岩井雅夫・近藤康生・菊池直樹・尾田太良 (2006) : 鮮新統唐の浜層群の層序と化石. 地質学雑誌, 112, supplement, p. 27-40.
- 門部洋章・近藤康生 (2005) : 鮮新統唐ノ浜層群穴内層の魚類耳石化石群とそのタフォノミー. 第5回日本地質学会四国支部会総会・講演会 (予稿集), O-8.
- Karasawa, H. and Kinugawa, Y. (2013) : Axiidea and Brachyura (Decapoda) from the Pliocene-Pleistocene Ananai Formation, Shikoku, Japan. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum*, (39) : 51-54.
- 片岡佑太 (2022MS) : 高知県の鮮新統唐の浜層群から産出したサメ類の歯化石. 2021年度愛媛大学理学部地球科学科卒業論文, 32 pp.
- 甲藤次郎 (1969) : 高知県の地質. 高知市民図書館, 高知, 316pp.
- 甲藤次郎・中村 純・高柳洋吉 (1953) : 唐ノ浜層群の層序と微古生物学的考察. 高知大学学術研究報告, 2 : 1-15.
- 北 重太・池原 実・岩井雅夫・近藤康生 (2009) : 穴内層ボーリングコアの安定同位体分析に基づく後期鮮新世の環境変動. 地球惑星科学連合大会2009, L132-P001.
- Kondo, Y., Iwai, M. and Kodama, K. (2006) : Muroto Project : Scientific Drilling of the late Pliocene forearc basin deposit on the west coast of Muroto Peninsula, Shikoku, Japan. *Scientific Drilling*, 3 : 42-43.
- 高月崇成・近藤康生・山岡勇太 (2013) : 絶滅種が優先する鮮新世の貝類群集 : 唐の浜層群穴内層の *Fulvia*-*Eufistulana* 群集. 高知大学学術研究報告, 62 : 41-47.
- Kurihara, K. (1968) : Notes on the benthonic foraminifera of the Tonohama Group, Shikoku, Japan. *Transactions and proceedings of the Paleontological Society of Japan, New Series*, (70) : 267-283.
- Lin, C.-Y., Lin, C.-H., and Shimada, K. (2022) : A previously overlooked, highly diverse early Pleistocene elasmobranch assemblage from southern Taiwan. *PeerJ* : 10 : e14190, <http://doi.org/10.7717/peerj.14190>.
- Linnaeus, C. (1758) : *Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Editio decima, reformata [10th revised edition], vol. 1, Laurentius Salvius : Holmiae, 824pp.
- Majima, R. (1994) : Clavegellidae (Mollusca : Bivalvia) in Japan. *Bulletin of the National Science Museum, Series C*, 20 (1) : 13-43.
- Majima, R. and Murata, A. (1992) : Intraspecific variation and Heterochrony of *Phanerolepida pseudotransenna* OZAKI (Gastropoda : Turbinidae) from the Pliocene Nobori Formation, Pacific side of Southwestern Japan. *Transactions and proceedings of the Paleontological Society of Japan, New Series*, (165) : 1024-1039.
- Matsubara, T. (2004) : Catalogue of the Pliocene Mollusca from the Tonohama Group in Kochi Prefecture, Shikoku, Japan. *Nature and Human Activities*, (8) : 49-95.
- 三本健二 (2001) : 高知県の鮮新統登層産タカアサガニ属及びその他の甲殻類. 地学研究, 50 (3) : 131-135.
- 三本健二 (2022) : 高知県の鮮新統登層産コケムシの体化石および生痕化石. 徳島県立博物館研究報告, (32) : 55-58.
- 三本健二・中尾賢一 (2004) : 高知県の鮮新統唐ノ浜層群の浮遊性貝類. 徳島県立博物館研究報告, (14) : 15-25.
- ・————— (2005) : 高知県の鮮新統唐ノ浜層群穴内層から新たに確認された貝類化石 (1). 徳島県立博物館研究報告, (15) : 21-35.
- ・————— (2006) : 高知県の鮮新統唐ノ浜層群穴内層から新たに確認された貝類化石 (2). 徳島県立博物館研究報告, (16) : 1-14.
- ・————— (2008) : 高知県の鮮新統唐ノ浜層群穴内層から新たに確認された貝類化石 (3). 徳島県立博物館研究報告, (18) : 21-33.
- ・————— (2009) : 高知県の鮮新統唐ノ浜層群穴内層から新たに確認された貝類化石 (4). 徳島県立博物館研究報告, (19) : 1-20.
- ・————— (2010) : 高知県の鮮新統唐ノ浜層群穴内層から新たに確認された貝類化石 (5). 徳島県立博物館研究報告, (20) : 1-15.
- ・————— (2013) : 高知県の鮮新統唐ノ浜層群穴内層から新たに確認された貝類化石 (6). 徳島県立博物館研究報告, (23) : 1-15.
- ・————— (2017) : 高知県の鮮新統唐ノ浜層群穴内層から新たに確認された貝類化石 (8). 徳島県立博物館研究報告, (27) : 1-8.
- ・————— (2020) : 高知県の鮮新統唐ノ浜層群穴内層から新たに確認された貝類化石 (9). 徳島県立博物館研究報告, (30) : 15-25.
- 三本健二・佐藤慎二 (2002) : 高知県の鮮新統唐浜層群から産出した板

- 鰐類*Parotodus*の歯. 地学研究, 50(4): 211-213.
- 三島弘幸・近藤康生・大江文雄・見明康雄(2019): 高知県登層産(鮮新世)の魚類耳石化石の組成や成長線の解析. 化石研究会会誌, 51(2): 81.
- Müller, J. and Henle, F. G. J. (1838): On the generic characters of cartilaginous fishes, with descriptions of new genera. *Magazine of natural history and journal of zoology, botany, mineralogy, geology and meteorology*, 2: 33-37; 88-91.
- 中尾賢一・三本健二(2014): 高知県の鮮新統唐ノ浜層群穴内層から新たに確認された貝類化石(7). 徳島県立博物館研究報告, (24): 1-9.
- 仲谷一宏(2016): サメー海の王者たちー改訂版. ブックマン社, 東京, 248pp.
- 中山健太郎・山岡勇太・高月崇成・近藤康生(2014): 高知県の鮮新統穴内層から産出したニシキウズガイ科腹足類*Umbonium (Suchium) obsoletum arenarium*の酸素同位体比プロフィール. 高知大学学術研究報告, 63: 199-204.
- 中山健太郎・近藤康生・山岡勇太(2019): 高知県に分布する鮮新〜更新統穴内層産*Suchium*亜属(*Trochidae: Umbonium*)の腹足類化石. *Scientific and Educational Reports of the Faculty of Science and Technology, Kochi University*, 2(4): 1-6.
- 奈良正和(2016): 8. 2. 4. 高知県東部地域 b. 唐ノ浜層群. In 日本地質学会(編)日本地方地質誌7 四国地方. 朝倉書店, 東京, p. 286-288.
- Nomura, S. (1937): The molluscan fauna from the Pliocene of Tosa. *Japanese Journal of Geology and Geography*, 14: 67-90.
- Nyberg, K. G., Ciampaglio, C. N., and Wray, G. A. (2006): Tracing the ancestry of the great white shark, *Carcharodon carcharias*, using morphometric analyses of fossil teeth. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 26(4): 806-814.
- Okumura, K. and Takei, T. (1993): Molluscan assemblage from the Late Pliocene Ananai Formation, Kochi Prefecture, Southwest Japan. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum*, (20): 133-183.
- Pimiento, C. and Clements, C. F. (2014): When Did *Carcharocles megalodon* Become Extinct? A New Analysis of the Fossil Record. *PLoS ONE*, 9(10): e111086.
- Schwarzahns, W. and Ohe, F. (2019): Lanternfish otoliths (Teleostei, Myctophidae) from the Pliocene and Pleistocene of Japan. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 125(2): 355-400.
- Shimada, K. (2002): The relationship between the tooth size and total body length in the white shark, *Carcharodon carcharias* (Lamniformes: Lamnidae). *Journal of Fossil Research*, 36(2): 28-33.
- 田中 猛(2006): ホホジロザメの歯の形態比較. 板鰐類研究会報, (42): 6-10.
- 田中 猛・三本健二(1991): 高知県唐ノ浜層群(鮮新世)産板鰐類化石について. 地学研究, 40(3): 141-154.
- 鳥羽水族館(2016): ネズミザメ!. Online. Available from internet: <https://aquarium.co.jp/diary/2016/03/23429> (last modified on 2016-03-24 by the author) (Retrieved 2023-01-31)
- Tomida, S. and Kitao, F. (2002): Occurrence of *Hartungia* (Gastropoda: Jantiniidae) from the Tonohama Group, Kochi Prefecture, Japan. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum*, (29): 157-160.
- Tonomori, W., Takahashi, Y., Yamaoka, Y. and Nakao, K. (2020): Large-sized cetacean fossils from the Tonohama Group in the Iwado area, Muroto City, Kochi Prefecture, Japan. *Bulletin of the National Science Museum of Nature and Science, Ser. C.*, 46: 79-86.
- Uchio, T. (1967): Is the Geologic age of the Nobori Formation, Shikoku, Japan, Miocene or Pliocene? *Transactions and proceedings of the Paleontological Society of Japan, New Series*, (67): 114-124.
- 上野輝弥・鹿島愛彦・長谷川善和(1975): 四国産白亜紀および第三紀のサメ類化石. 国立科学博物館専報, (8): 51-56, pl. 5.
- 上野輝弥・近藤康生・大森秀男(1996): 岩石・化石採集ハンドブック. 国立室戸少年自然の家, 室戸市, 63p.
- 上野輝弥・松島義章(1979): 現生および長沼層(中部更新統)のホホジロザメの歯. 神奈川県立博物館(自然科学)研究報告, (11): 11-31.
- 上野輝弥・坂本 治・関根浩史(1989): 埼玉県川本町中新統産出カルカロドン・メガロドンの同一個体に属する歯群. 埼玉県立自然史博物館研究報告, (7): 73-85.
- Weng, K. C., Castilho, P.C., Morrisette, J. M., Landeira-Fernandez, A. M., Holts, D. B., Schallert, R. J., Goldman, K. J., and Block, B. A. (2002): Satellite Tagging and Cardiac Physiology Reveal Niche Expansion in Salmon Sharks. *SCIENCE*, 310: 104-106.
- 矢野英生・後藤仁敏(1999): 板鰐類の歯に関する用語. 化石研究会会誌, 32: 14-20.
- 山岡勇太・近藤康生・高月崇成・中山健太郎(2013): 高知県安田町に分布する鮮新統穴内層最下部の亜熱帯的な外浜・陸棚混合貝化石群. 高知大学学術研究報告, 62: 25-32.
- ・大塚祐輔・近藤康生(2015): 現生ザルガイ科二枚貝*Fulvia mutica*の祖先種, 鮮新統穴内層産*Fulvia* sp.の殻形態と生息環境. 化石(日本古生物学会和文誌), (98): 5-15.
- Yokoyama, M. (1926): Tertiary shells from Tosa. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo, Faculty of Science, Section II*, 1(9): 365-368.
- (1929): Pliocene shells from Tonohama, Tosa. *Report of the Imperial Geological Survey of Japan*, (104): 9-17.
- 吉野哲夫・青沼佳方・柳下直巳・山口敦子(2013): ネズミザメ科. 中坊徹次(編)日本産魚類検索. 第三版. 東海大学出版会, 秦野, p. 160, p. 1759.