

## 福井県大野市大納地域からの後期ジュラ紀アンモノイドの産出と 九頭竜地域手取層群の対比再検討

佐野晋一<sup>1</sup>・後藤道治<sup>1</sup>・成田貴人<sup>2</sup>・脇本晃美<sup>3</sup>・大藤 茂<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 福井県立恐竜博物館 福井県勝山市村岡町寺尾51-11

<sup>2</sup> 東京都八王子市

<sup>3</sup> 大野市和泉支所 福井県大野市朝日16-3-4

<sup>4</sup> 富山大学大学院理工学研究部 富山県富山市五福3190

### 要 旨

福井県大野市大納地域の手取層群から産出したアンモノイドを検討し、Tithonianを示唆する *Parapallasiceras* sp. を確認することができた。本地域には従来中部ジュラ系 (Bathonian-Callovian) 九頭竜亜層群貝皿層が広く分布するとされてきたが、実際には上半原地域の上部ジュラ系上半原層に対比される海成層 (黒当戸層) が分布することが確実となった。九頭竜地域内の真名-大納地域と長野-上半原地域に、頁岩主体の海成層が連続的に分布することや、岩相の側方変化はあるものの、両地域に Oxfordian から Barremian におよぶ層序を認識できることから、一連の地層が存在するものと考えられる。この地層の少なくとも一部は石徹白地域の瀬海成の石徹白亜層群とほぼ同時代と考えられるが、具体的な対比には課題が残る。手取層群全域における海成層の時代および分布を整理した結果、貝皿層およびその相当層の存在を示す、既知のアンモノイドの化石記録は飛騨外縁帯には確認できず、中部ジュラ系は飛騨帯内の限られた範囲にしか分布しないものと推察される。

キーワード：手取層群, 九頭竜亜層群, アンモノイド, Tithonian, 九頭竜地域, 飛騨外縁帯

SANO, Shin-ichi, Michiharu GOTO, Yoshihito NARITA, Akemi WAKIMOTO and Shigeru OTOH (2013) Discovery of Late Jurassic ammonoid fossils from the Ono area and the correlation of the Tetori Group in the Kuzuryu district, Central Japan. Mem. Fukui Pref. Dinosaur Mus. 12 : 1-16.

Ammonoid fossils including Tithonian *Parapallasiceras* sp. are newly discovered from the Kurototo Formation of the Tetori Group in the Ono area of the Kuzuryu district, Ono City, Fukui Prefecture in the Hida Gaien Belt, Central Japan. Based on this find, the Kurototo Formation can now be correlated with the Early Tithonian Kamihambara Formation in the Kamihambara area of the same district, despite its previous assignment to the Middle Jurassic (Bathonian-Callovian) Kaizara Formation of the Kuzuryu Subgroup (lower part of the Tetori Group) in the Hida Belt.

Similar lithological successions ranging from Oxfordian to Barremian in age, including ammonoids-bearing Oxfordian and Tithonian formations referred to the early and middle transgressions (stage Ib and IIa) of the Tetori Group, are recognized throughout the Mana-Ono and Nagano-Kamihambara areas in the Hida Gaien Belt and are, at least partly, synchronous with the main part of the Itoshiro Subgroup (middle part of the Tetori Group) of the Itoshiro area of the Kuzuryu district in the Hida Belt. The Kaizara Formation and its equivalents, representing the early transgression (stage Ia : Bathonian to Callovian) of the Tetori Group, is probably confined within the Hida Belt, contrary to the hitherto accepted view that it is distributed widely not only in the Hida Belt but also in the Hida Gaien Belt.

## はじめに

手取層群は、中部日本北部に分布する、浅海成～非海成の中部ジュラ系～下部白亜系で（前田, 1961c; Kusuhashi et al., 2002; Fujita, 2003）、白亜紀の陸上生態系の成立過程を考える上で重要な存在とされている（Manabe et al., 2000; Matsuoka et al., 2002; Matsukawa et al., 2006）（Fig. 1）。また、同層群は、一般に下位から九頭竜亜層群、石徹白亜層群、赤岩亜層群に区分され、従来海成層は九頭竜亜層群内に限られるとされてきた（前田, 1961c; Kusuhashi et al., 2002）。手取層群の多くは非海成層であるため、その対比や時代論には問題が残されている（例えば Matsukawa, Ito et al., 2006, 2008; Sano et al., 2008）。最近、石徹白亜層群中に海成層の存在が判明し、新たなアンモノイドなどの発見により、時代論の大幅な見直しが進められつつある（藤田ほか, 1998; 公文・梅澤, 2001; 佐藤・蜂矢ほか, 2003; Sato and Yamada, 2005; 後藤, 2007; 松川ほか, 2007; 佐藤・浅見ほか, 2008; Matsukawa and Fukui, 2009; 松岡ほか, 2009; 松川・浅原, 2010; Hasegawa et al., 2010）。

著者の一人である成田は、1990年度の東京大学理学部地質学教室進級論文のために、福井県大野市南東部の九頭竜川上流域（以下、九頭竜地域）の大納地域（おののく）で地質調査を行い、アンモノイド2点を採集した（Narita, 1990MS）。また、福井県大野市在住の丸山哲也氏により、2009年に、同地域においてアンモノイド1点が採集された。これらのアンモノイドを検討したところ、後期ジュラ紀 Tithonian を示す *Parapallasiceras* sp. の産出を確認することができた。従って、大納地域には、従来想定されていた九頭竜亜層群貝皿層相当層ではなく、同属のアンモノイドを産出する、上半原地域の上半原層に相当する海成層が分布することが確実となった。このことは九頭竜地域の手取層群の層序学的研究に新たな知見をもたらすものである。本論文では、九頭竜地域内の各地域間の層序対比について、海成層に着目して若干の考察を試みた。さらに手取層群全域における海成層の分布や対比についても最近の知見を整理した。

## 地質概説

本論文では、福井県大野市南東部の九頭竜地域に分布する手取層群について議論する。地体構造区分では、本地域には主に飛騨帯と飛騨外縁帯〔Hida Gaien Belt; 東田ほか (2004)〕が分布するが、飛騨外縁帯は各地質単元が剪断帯で境され、東西に狭長な分布を示すことで特徴づけられる（大藤ほか, 2004）。手取層群の主要な分布域も、基盤の違いなどに基づき、東西方向の断層で境された南北3列に大きく分けてとらえることができる。ここで注目するのは、飛騨帯を代表する飛騨片麻岩類の南縁を区切る断層と、大納衝上断層（堀・堀内, 1942）である（Fig. 2）。前者は、西は真名川ダム付近から始まり、谷戸口付近の飛騨片麻岩類の南縁を通り、九頭竜湖の鷺ダム付近を通って東北東に延びる。後者は真名川上流付近から始まり、東流する大納川上流に沿って延び、九頭竜ダム付近を通り九頭竜湖北岸を東へ走る。飛騨外縁帯構成岩類の大部分はこの断

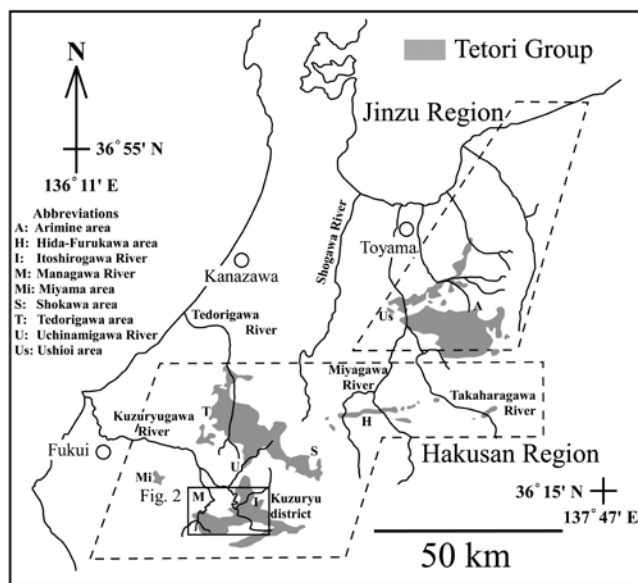


FIGURE 1. Index map showing the distribution of the Tetori Group (modified from Maeda, 1961c) and the locations of broad regions, districts and areas mentioned in the text.

層の南側に分布する。

九頭竜地域の手取層群の分布は、東より上半原地域、長野地域、石徹白地域、打波川地域、大納地域、真名地域のものに細分される（Figs. 1, 2）。飛騨片麻岩類の南縁を区切る断層の北側には、石徹白地域を中心とする手取層群の分布（以下、北列と呼ぶ）があり、九頭竜亜層群および石徹白亜層群の模式地となっている。打波川地域（Fig. 1-U）は北列に含まれる。この断層より南側で、大納衝上断層より北側には、真名-大納-長野-上半原地域にかけて、南北約2～4 kmの幅で、東西20 km以上にわたり、細長い手取層群の分布（以下、中列と呼ぶ）がある（河合ほか, 1957; 前田, 1961a; 山田ほか, 1989）。なお、中列の手取層群は、真名-大納地域において、飛騨外縁帯構成岩類〔宇奈月帯相当（石渡, 2003）〕とされる石炭系藤倉谷層と不整合もしくは断層で接する（例えば、前田, 1961a; 若林・佐藤, 1966）。さらに、飛騨外縁帯構成岩類の分布（ただし箱ヶ瀬付近の蛇紋岩体および荷暮変成岩体を除く）の南東に、伊勢川南岸から九頭竜湖南岸にかけての地域を中心にした、手取層群のレンズ状の分布（以下、南列と呼ぶ）があり、その南縁はジュラ紀付加体である美濃帯と接する。なお、前田（1961c）は上記3列の違いを既に認識しており、その構造区分によると、北列の南限の断層は「内帯中央線（小林, 1951）」、中列の南限の断層は「大納衝上」、また北列は「片麻岩区西部」の「石徹白構造盆地」南部にあたり、中列は「大納帯」、南列は「古生層区西部」の「久沢単斜構造」にほぼ相当する。

今回報告するアンモノイドが発見されたのは、九頭竜川支流にあたる大納川流域の大納越戸谷の「林道越戸線」沿いの露頭（Fig. 2-1）と、下大納と上大納を結ぶ「林道春

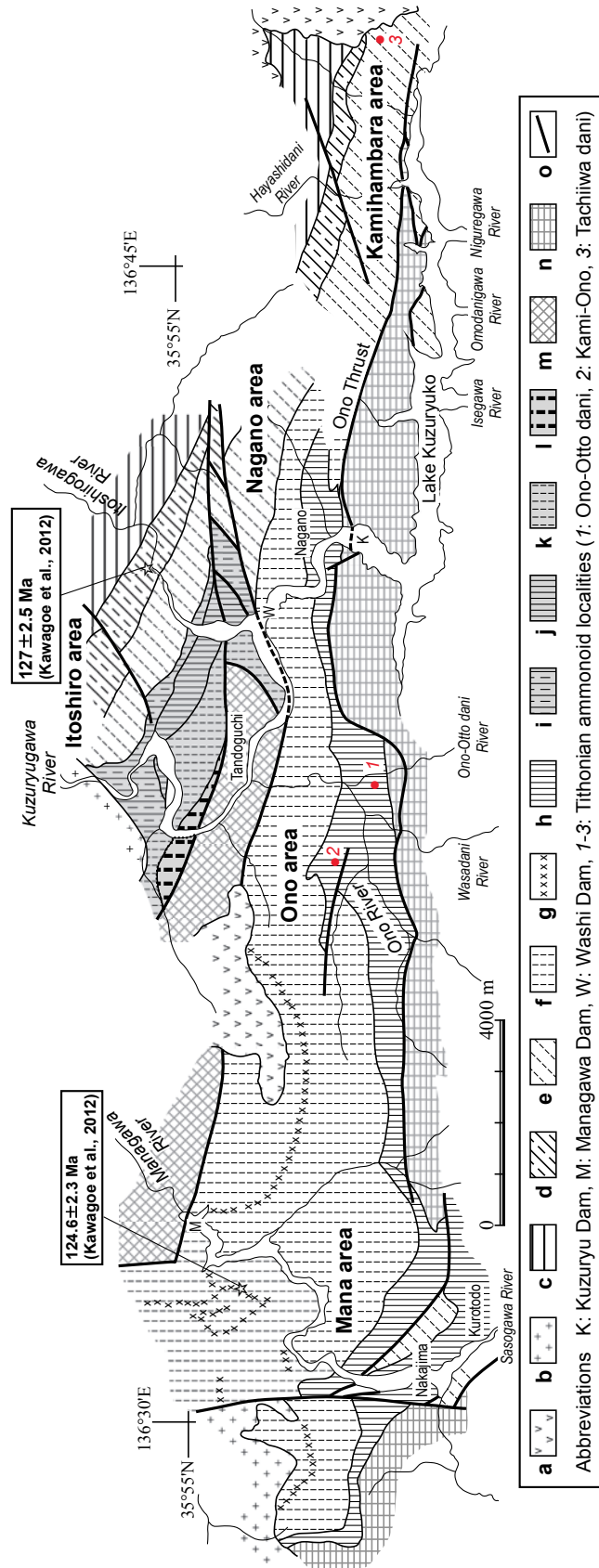


FIGURE 2. Geologic map of the Mana, Ono, Itoshiro, Nagano and Kamihambara areas of the Kuzuryu district, Ono City, Fukui Prefecture, Central Japan, compiled from the geologic maps of Yamada et al. (1989) and Fujita (2002) (modified from Kawagoe et al., 2012). Possible Tithonian ammonoid localities [1 and 2 - this work, 3 after Sato and Yamada (2005)] and sampling localities for LA-ICPMS U-Pb ages of detrital zircons by Kawagoe et al. (2012) are shown. a. Post-Tetori volcanic rocks; b. Post-Tetori plutonic rocks; c. Nochimo Formation (Akaiwa Subgroup); d-e. Itoshiro Subgroup (d. Itsuki Formation; e. Obuchi, Kamihambara, Ashidani, and Yambara formations); f-h. Kuzuryu Subgroup in the Mana, Ono and Nagano areas (f. Upper Formation; g. pyroclastic rocks; h. Middle Formation), i-l. Kuzuryu Subgroup in the Itoshiro area (i. Yambarazaka Formation; j. Kaizara Formation; k. Tochimochiyama and Oidani formations; l. Shimoyama Formation); m. Constituent rocks of the Hida Belt; n. Constituent rocks of the Hida Gaien Belt; o. Fault.



木谷線」沿いの露頭である (Fig. 2-2). 大納地域は中列の手取層群の分布域であり, 山田ほか (1989) によると, 南側には頁岩を主とする九頭竜亜層群中部層が, 北側には砂岩や礫岩を主とする九頭竜亜層群上部層が分布する. アンモノイドが産出したのは, このうち下位にあたる九頭竜亜層群中部層に属する, 塊状で, ノジュールを特徴的に含む暗灰色シルト岩である. 九頭竜亜層群中部層からはアンモノイドやイノセラムス等の報告があるものの, 化石の産出は石徹白地域に比べてきわめて少なく, 標本が図示された報告は稀である (佐藤, 2008). 従来, 手取層群の海成層は九頭竜亜層群に限られると考えられていたことから, 真名-大納地域の海成層も石徹白地域に分布する九頭竜亜層群の貝皿層と一括して扱われてきた (例えば, 河合ほか, 1957; 前田, 1961a, c). しかし最近, 真名地域から, 上半原地域の石徹白亜層群上半原層産のものと同種のアンモノイド (*Parapallasiceras* cf. *pseudocontiguum*) が産出していることが指摘され (Yamada and Uemura, 2008), さらに九頭竜亜層群上部層に挟在する火山角礫岩層のジルコン U-Pb 年代測定により, 石徹白地域の石徹白亜層群上部の時代に相当する値 ( $124.6 \pm 2.3$  Ma) が得られた (Kawagoe et al., 2012). これらのことから, 九頭竜亜層群中部層の存在の有無の検証を含めて, 真名-大納地域における手取層群の層序や年代論の大幅な見直しが必要となっている.

このため, 本論文では, 誤解を避けるため, 大納地域のアンモノイド産出層を九頭竜亜層群中部層あるいは貝皿層と呼ぶことを以降は避ける. 小林 (1954) は真名地域に分布する頁岩層を「黒当戸頁岩層 (Kurotodo Shale)」と命名しており, 本論文では, 大納地域の頁岩層についても, その連続性を考慮して黒当戸層と呼ぶことにする. なお, 黒当戸層の模式地は, 真名川支流の<sup>麓</sup>生川下流の黒当戸周辺である.

#### 大納地域産アンモノイドについて

今回検討した標本は大納地域の黒当戸層から採集されたアンモノイド3点である. このうち属レベルで同定できたのは *Parapallasiceras* sp. のみであるが, 3点とも異なる特徴を示しており, かつ本地域からのアンモノイドの産出記録が極めて少ないことから, 以下に図示および記載しておく. なお, 標本番号は, 福井県立恐竜博物館 (FPDM) および大野市役所 (OMFJ) による.

#### *Parapallasiceras* sp. (Fig. 3A)

**標本**—露頭において外形雌型から製作したシリコンラバーキャスト (FPDM-I-185). 成田貴人が1990年7月24日から8月15日の野外調査期間中に採集.

**産地**—福井県大野市下大納, 大納越戸谷の林道越戸線沿いの露頭 (Fig. 2-1).

**計測値 (mm)**—殻の直径 (D) = 93.7+; 臍の径 (UD) = 36.1 (UD/D = 0.36); 螺環の高さ (H) = 35.3 (H/D = 0.38); 螺環の幅 (W) 不明. 一次肋数は螺環一巻きに対して34本, 二次肋数は同様に79本以上.

**記載**—螺環はやや密巻き (UD/D = 0.36), 螺環断面は変形のために正確には分からない. 内側螺環が充填物に覆われているため, 外側螺環のみが観察できる. 臍縁部が最も厚く側面は平坦か緩やかに膨らみ, 腹縁部は丸くなる. 肋は細く, くっきりと鮮明で, 全体として密である. 基本的に rectiradiate 型であるが, 臍縁でやや後方へ傾く. 二次肋は側面のほぼ中央で一次肋から二ないし三分岐し, その分岐形式は polygyrate 型である. 殻の最後の部分に近いところの肋は, 全体的にくっきりとした鮮明さがなくなり, 肋は太く, 肋間はやや広くなる. また, 肋がシェブロン状に不規則に屈曲している部分が見られるが, 初生的な形質ではなく, 外傷性による肋の変化あるいは規則的な殻の形成に支障をきたすような後生的な原因によるものと思われる. 縫合線は見られず, 殻口の正確な形態も破壊されているために不明. 殻の最後の部分から後方へ3分の1巻きあたりに, 斜めのくびれが単肋あるいは不規則な肋と共に見られる.

**比較**—内側螺環の形態および螺環断面は確認できないが, 外側螺環の形態, 表面装飾等の特徴から, この標本は, 南東フランスの Tithonian 前期から知られる, Donze and Enay (1961: pl. 16, figs. 1, 2) の *Subplanites pseudocontiguus* (= *Parapallasiceras pseudocontiguum*) や, Sato and Yamada (2005: fig. 3) によって上半原地域の上半原層から記載された *P.* cf. *pseudocontiguum* に近いものと思われる.

**時代**—Tithonian 前期~中期. Sato and Yamada (2005) に基づく.

**分布**—この属は南ドイツ, 南東フランスなど地中海テチス地域から産出が知られている (Donze and Enay, 1961; Sato and Yamada, 2005). 手取層群でも, 上半原地域の上半原層 (Fig. 2-3) および真名地域若生子からの産出が知られる (Sato and Yamada, 2005; Yamada and Uemura, 2008).

#### アンモノイドの幼殻 (Fig. 3B)

**標本**—母岩は暗灰色シルト岩 (80 × 40 × 40 mm). 標本は螺環の半分だけが残っている (FPDM-I-186). 採集情報は全て前述の *Parapallasiceras* sp. と同一.

**産地**—福井県大野市下大納, 大納越戸谷の林道越戸線沿いの露頭 (Fig. 2-1).

**計測値 (mm)**—殻の直径 (D) = 17.7+; 臍の径 (UD) = 3.76 (UD/D = 0.21); 螺環の高さ (H) = 8.26+ (H/D = 0.47); 螺環の幅 (W) 不明.

**記載**—螺環は密巻き. 螺環断面はやや変形しているために, 正確ではないが楕円形に近いと思われる. 螺環は腹縁に沿って潰れて変形し, 内側螺環は破損しているため分からない. 肋は明瞭で幅広く密である. 単肋と二分岐する一次肋が見られる. 肋は臍縁から腹部に向かって真つすぐ放射状に伸びる (rectiradiate 型). くびれ, 縫合線は見られない.

**比較**—幼殻であるため断定はできないが, 肋等の特徴から *Parapallasiceras* の幼殻の可能性もある.

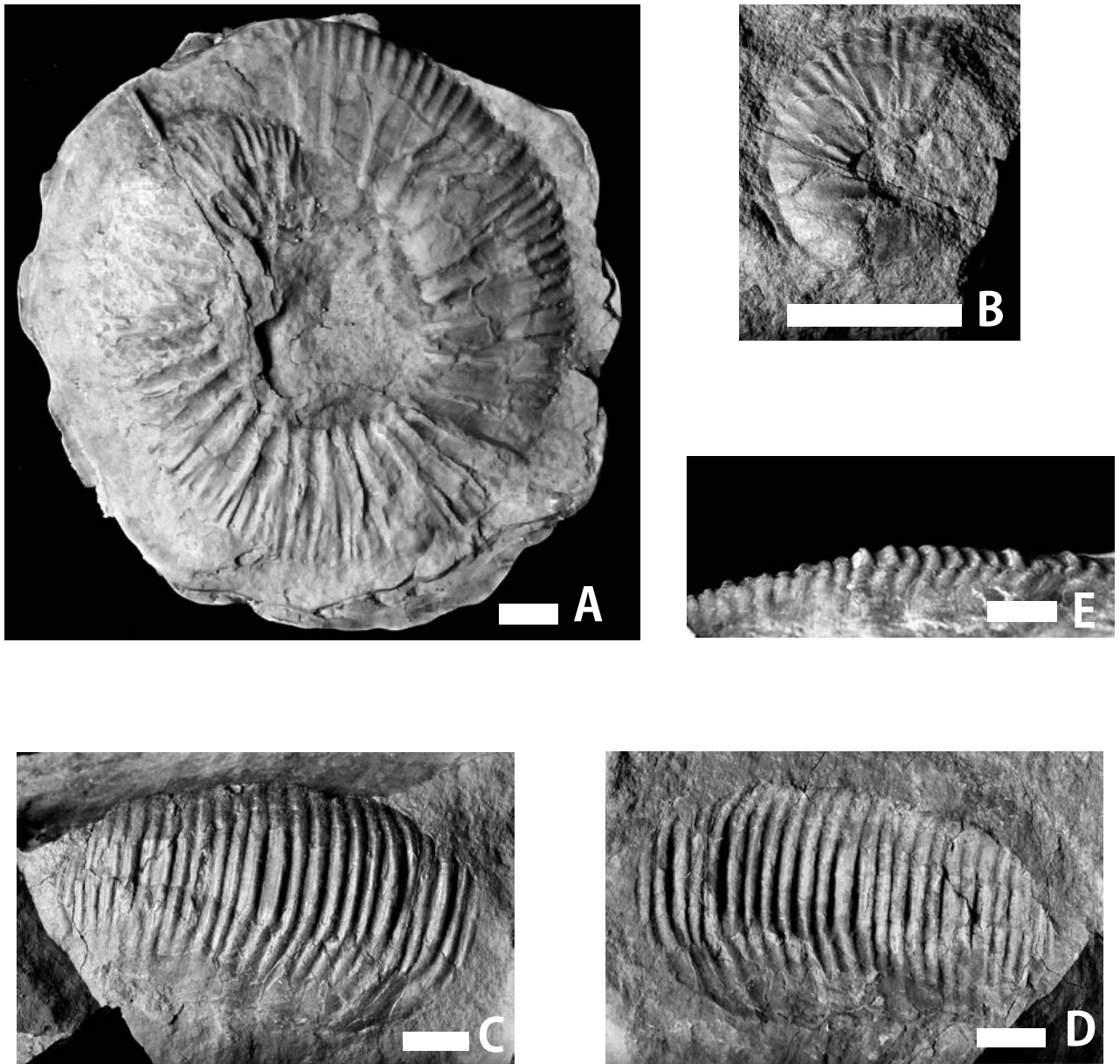


FIGURE 3. Ammonoids from the Ono area, Ono City, Fukui Prefecture, Central Japan. A : *Parapallasiceras* sp. FPDm-I-185 (rubber cast of external mould), lateral view; B : Fragment of juvenile whorl FPDm-I-186, lateral view. Ventral part partly destroyed by compression. C-E : Fragments of ventral part, OMFJ-2, C : Internal cast, lateral view, D : External mould, lateral view, E : Robust ribs appearing on the ventral region. Scale bar : 10 mm.

アンモノイド 科・属・種不明 (Fig. 3C, D, E)

標本一母岩は暗灰色シルト砂岩。雄型 (Fig. 3C) を含む母岩 (130 × 80 × 60 mm) と雌型 (Fig. 3D) を含む母岩 (180 × 100 × 90 mm) がある (OMFJ-2)。丸山哲也氏 (大野市在住) が 2009 年 5 月 23 日に採集。

産地—福井県大野市上大納，林道春木谷線沿いの露頭 (Fig. 2-2)。

計測値 (mm) 一殻は最大長 65.8，最大幅 38.4。

記載—肋の形態から螺環の腹部と思われる。螺環中央部は圧縮されて割れ筋が入っている。全体に膨らみ，腹部側の肋は密でくっきり鮮明なのに対し，側面側は平滑になり肋もはっきりとしない。しかしながら，側面側の弱い肋から腹部側の強い肋が二分岐しているのが確認できる。肋の断面形は二次曲線を描く左右対称の畝状であるが，その内の数本は螺環中央部で強まり，畝の一方が急斜面の左右非対称になる (Fig. 3E)。くびれや縫合線は見られない。

比較—肋は特徴的だが，螺環全体の形態が不明なため



属レベルの同定は困難である。また、Phylloceratidae, Oppeliidae, Perisphinctidae など、可能性が多岐にわたるため、科レベルの同定も困難である。少なくとも上述した他の2標本とは異なる種類である。しかし、詳細な分類を議論するためには、保存状態の良い追加標本が必要である。

#### 大納地域の手取層群の海成層の時代論

手取層群の時代論は主にアンモノイドに基づいて議論されているが、大納地域のアンモノイドの研究はほとんどなされていない（例えば、佐藤, 2008）。本地域からのアンモノイドの産出は古くから知られるが（例えば、河合ほか, 1957; 前田, 1961a）、これまでに図示されたものは、深田（1949）の *Calliphylloceras* sp., 下野谷・高橋（1990）の *Holcophylloceras* sp. および *Scarburgiceras*? sp. の3点にとどまり、また、これらの標本の詳しい産地や層準は不明である（佐藤, 2008）。このうち *Scarburgiceras*? sp. は部分的な標本であるため、確実な同定は困難とされている（下野谷・高橋, 1990）。また、*Calliphylloceras* と *Holcophylloceras* の産出レンジはそれぞれ Hettangian-Albian と Bajocian-Aptian であり（Arkell et al., 1957; Wright et al., 1996）、詳細な時代は議論できない。最近、大納地域の西方延長にあたる真名地域から *Parapallasiceras* cf. *pseudocontiguum* の産出が言及され（Yamada and Uemura, 2008）、従って大納地域にも Tithonian の海成層の存在が示唆されるが、この *Parapallasiceras* の詳細な産地や産出層準が不明なため、大納地域の手取層群のどの層準が Tithonian にあたるかは明らかではなかった（Kawagoe et al., 2012: fig. 8）。

今回の *Parapallasiceras* の産出により、大納地域の手取層群の下位層である黒当戸層の時代として後期ジュラ紀 Tithonian 前期～中期が示唆される。上述の *Calliphylloceras* と *Holcophylloceras* の産出レンジはこれと矛盾しない。従って、現時点では、本地域に貝皿層相当の Bathonian-Callovian を確実に示すアンモノイドの産出は知られていないことになる。

#### 真名-大納地域の手取層群の時代論

大納地域の西側に隣接する真名地域からもアンモノイドの産出は古くから知られるが（例えば、前田・堀, 1950; 小林, 1954）、これまでに図示されたものはほとんどない（佐藤, 2008）。しかし、Sato（1962）には真名地域南部と思われる中島産の *Kranaosphiinctes matsushimai* が図示されており、本地域南部における Oxfordian の海成層の存在が示唆される。一方、最近、真名地域から、詳細な産地や産出層準は不明であるが、*Parapallasiceras* cf. *pseudocontiguum* の産出が指摘され、Tithonian の海成層の存在が想定されている（Yamada and Uemura, 2008）。今回、下大納からの *Parapallasiceras* の発見によって、真名地域における *Parapallasiceras* の産地の候補は大納地域の海成層の西方延長部となる。以上をまとめると、真名地域にも、貝皿層相当の Bathonian-Callovian の海成層の存在を示唆する、アンモノイドなどの産出記録は存在せ

ず、むしろ Oxfordian と Tithonian の海成層が存在する可能性を指摘できる。各々の海成層の分布は現時点では不明だが、真名地域南部には少なくとも Oxfordian の海成層が、真名地域北部にはおそらく少なくとも Tithonian の海成層が存在するものと考えられる。ところで、金沢大学理工学域自然システム学類地球学コースに、真名地域中島の黒当戸層 [山田ほか（1989）のルート 8] から採集された *Inoceramus maedae* の標本数点が保管されている（山田敏弘 2013 年 8 月私信）。*Inoceramus maedae* は上半原地域の上半原層、岐阜県荘川地域の御手洗層および飛騨古川地域の稲越層など、Tithonian ~ Hauterivian-Barremian から知られており（Hayami, 1960; 藤田ほか, 1998; 松川ほか, 2007; Matsukawa and Fukui, 2009）、真名地域南部にも、Oxfordian よりも若い、Tithonian もしくはそれ以降の海成層が存在する可能性が高い。さらに、真名地区南部の道斉山南方から *Myrene* や *Ostrea*, *Viviparus* などの非海棲軟体動物化石の報告があるが（小林, 1954; 前田, 1961a）、*Myrene* は上半原地域や荘川地域の手取層群“中・下層”からも産出が知られており（例えば、松川・中田, 1999; Fujita, 2002）、この時代論を支持する。本論文では真名-大納地域の海成層全体を黒当戸層と呼んでおり、黒当戸層の時代が Oxfordian から Tithonian にまたがるものとして議論を進める。しかし、将来的には黒当戸層が異なる二つの海成層に区分される可能性もあり、この場合、真名地域南部の中島-黒当戸周辺の海成層と、これとは東西方向の断層で区切られる、真名地域北部の、道斉山より北方に分布し、大納地域に連続する海成層との区分がその候補となろう。

一方、山田ほか（1989）によって九頭竜亜層群上部層に含まれるものとして扱われてきた、真名-大納地域に分布する火山角礫岩層から Barremian と Aptian 境界付近のジルコン U-Pb 年代値 ( $124.6 \pm 2.3$  Ma) が得られている（Kawagoe et al., 2012）。また、具体的な試料採取層準は不明だが、真名地域の“九頭竜亜層群”の砂岩からおよそ 140 ~ 110 Ma の碎屑性モナザイト U-Th-Pb 化学年代値 (CHIME 法による) が得られている（梶座ほか, 2002）。ところで、梶座ほか（2002）で報告された、同地域産の別試料 2 点には 18 ~ 20 億年前の年代値を持つモナザイトが卓越する。山田ほか（2005）は各地域の石徹白亜層群上部および赤岩亜層群は 1900 Ma 前後のピークを持つモナザイトが優先するパターンを示すことを指摘しており、試料が採取された“九頭竜亜層群”は九頭竜亜層群ではなく、手取層群中・上部に相当する可能性が高い。これらのデータと先に述べたアンモノイドの産出記録なども考え合わせると、真名-大納地域には、現時点では貝皿層相当層の分布を指示するデータはなく、少なくとも Oxfordian から Barremian に及ぶ地層が分布すると考えた方がよい (Fig. 4)。

#### 海成層からみた九頭竜地域の手取層群の対比

#### 石徹白・長野・上半原地域の海成層とその時代

真名-大納地域の層序と比較するために、九頭竜地域内の他地域の手取層群の層序や海成層の時代論を整理する (Fig. 4)。

石徹白地域一本地域には、手取層群九頭竜亜層群およ

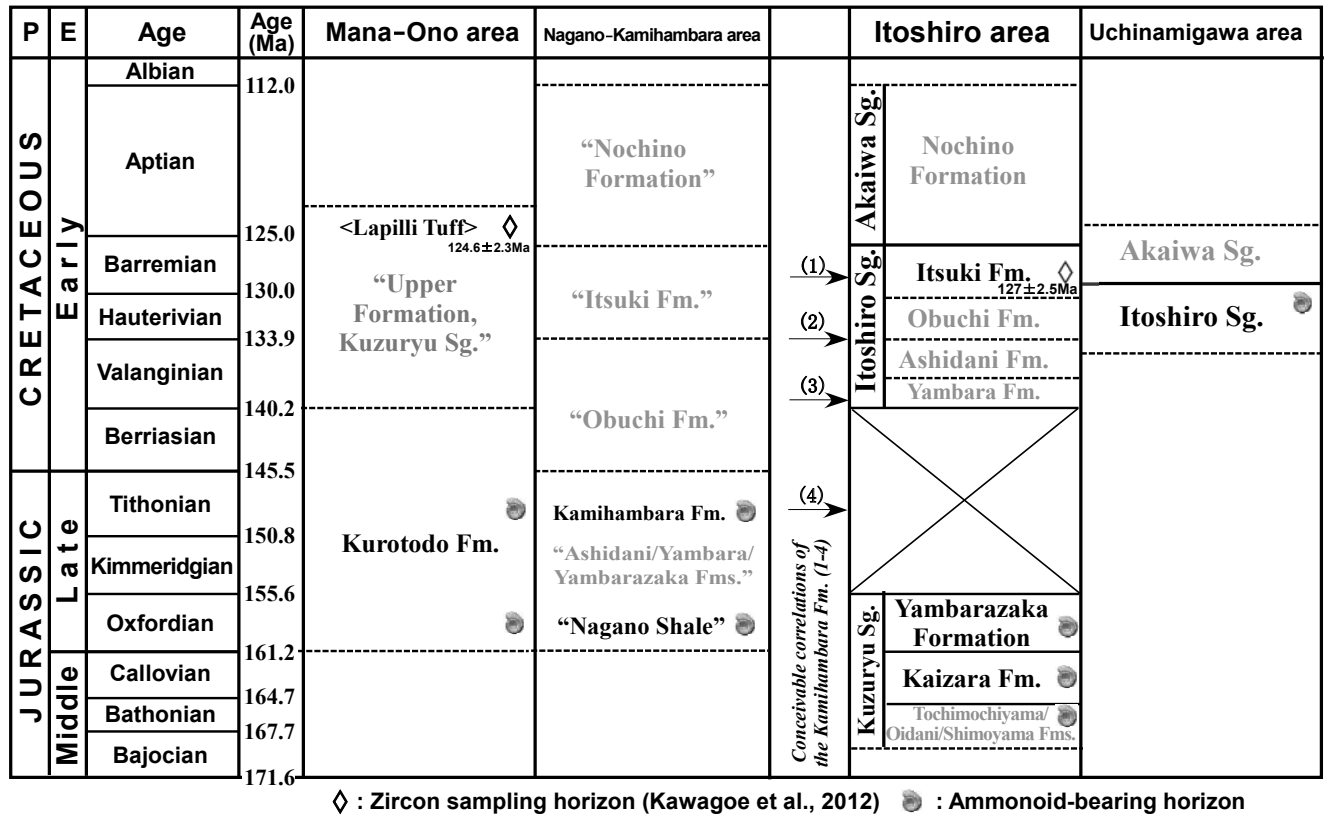


FIGURE 4. Correlation chart of the Tetori Group in the Mana-Ono, Nagano-Kamihambara, Itoshiro and Uchinamigawa areas in the Kuzuryu district, Ono City, Fukui Prefecture, Central Japan. The formations in black letters are dated by ammonoids, or by U-Pb dating of detrital zircons. Arrows (1) to (4) represent conceivable correlation of the Kamihambara Formation and the Itoshiro Subgroup of the Itoshiro area. See text for details. Numerical ages are from ICS (2010). Abbreviations E: Epoch, Fm.: Formation, P: Period, Sg.: Subgroup.

び石徹白亜層群の模式層序が存在し、下位より九頭竜亜層群の下山層、大井谷層、栃餅山層、貝皿層、山原坂層、石徹白亜層群の山原層、葦谷層、大淵層、伊月層、赤岩亜層群の後野層、知那洞谷層に区分される(前田, 1952; 1957b)。ただし、知那洞谷層は智那洞谷上流に局所的に分布するのみで、また知那洞谷層の分布範囲は、河合ほか(1957)では石徹白亜層群および赤岩亜層群に、Fujita(2002)や松川ほか(2003)では後野層に含められるなど層序が確立しておらず、さらに北列と中列の手取層群の境界部付近に位置することから、本論文では知那洞谷層については議論に含めない。山田ほか(1989)の区分では、下山層が九頭竜亜層群最下部層に、大井谷層と栃餅山層が九頭竜亜層群下部層に、貝皿層が九頭竜亜層群中部層に、山原坂層が九頭竜亜層群上部層に、山原層と葦谷層、大淵層が石徹白亜層群下部層に、伊月層が石徹白亜層群上部層に相当する。

このうち、大井谷層、栃餅山層、貝皿層、山原坂層および山原層から、アンモノイドやベレムナイト、三角貝などの海棲無脊椎動物が産出するが(前田, 1952; 脇本, 2000MS; 半田ほか, 2008)、アンモノイドによる時代論が議論されているのは Bathonian 最後期から Oxfordian 中

期のアンモノイド群集帯4帯が設定されている貝皿層と山原坂層のみである(Sato, 1964; Sato and Westermann, 1991)。しかしながら、後述するように、Sato(1962)および佐藤(2008)は長野地域産アンモノイドを山原坂層のものとして記述しており、しかも石徹白地域の山原坂層からのアンモノイドの化石記録が乏しいこと(佐藤, 2008)を考えあわせると、*Kranaosphinctes matsushimai* 帯が認定されたのは、石徹白地域の山原坂層ではなく、長野地域のアンモノイド産出層についてであると推察される。一方、石徹白地域の山原坂層自体の時代論は、前田(1952)で「*Kranaosphinctes matsushimai*の近似種」の産出が言及され、また、福井市自然史博物館(1997)のリストに下山産*K. matsushimai*が挙げられているほか、蜂矢・水野(2004)に山原坂層産*Peltoceratoides* sp.が図示されていることから Oxfordian であると考えられる。さらに、洞ヶ谷上流部や、その支流の馬ガ谷周辺の山原坂層からも Oxfordian のアンモノイドの産出が知られる(脇本, 2000MS; 山田敏弘 2013年8月私信)。

このほか、本地域の石徹白亜層群上部層から  $127 \pm 2.5$  Ma の碎屑性ジルコン年代値が得られている(Kawagoe et al., 2012)。また、石徹白地域北西の打波川地域において、

Hauterivian 後期とされるアンモノイド *Pseudothurmannia* sp. が産出している (後藤, 2007; 松川・浅原, 2010). 打波川地域の海成層については, 石徹白亜層群最上部 (伊月層) に属するという見解 (後藤, 2007) と, 一般に伊月層より上位とされるアマゴ谷層に属するという見解 (松川・浅原, 2010) があるが, 上記のように石徹白亜層群上部層から Barremian を示唆する碎屑性ジルコン年代値が得られていることから, ここでは石徹白亜層群最上部と考える。

**長野地域**—九頭竜ダムサイト付近に位置する長野は, 本地域の手取層群研究黎明期 (横山, 1902; Yokoyama, 1904) から知られているアンモノイド産地である。この産地の具体的な化石産出地点は従来明示されていなかったが (例えば, Sato, 1962), 福井市自然史博物館 (1997: p. 4) で示された産地と, 幾つかの文献 (前田, 1952; 河合ほか, 1957) での長野周辺の高橋動物化石産地のプロットは近接しており, また最近の大野市の調査でも同所付近にアンモノイドなどの化石の産出が確認されることから, 長野の化石産地は九頭竜川北岸の九頭竜ダムサイト付近であると推察される。長野からは, 本産地を模式地とする *Kranaosphinctes matsushimai* (Yokoyama) のほか, *Dichotomosphinctes kiritaniensis* Sato, *Phylloceras* spp., *Holcophylloceras* sp., *Ochetoceras* sp., *Peltoceratoides* sp., *Euaspidoceras* sp. など, Oxfordian 中期の *Kranaosphinctes matsushimai* 群集帯を構成する, 多数のアンモノイドの産出が知られる (Sato, 1962; 下野谷・高橋, 1990; Sato and Westermann, 1991; 福井市自然史博物館, 1997; 佐藤, 2008)。

長野のアンモノイド産出層は, 大石 (1933) が貝皿から朝日を経て長野に至る地域に分布する海成層に対して貝皿層を提唱して以来, 一般に Bathonian–Callovian の貝皿層あるいは九頭竜亜層群中部層として地質図に描かれてきた (例えば, 河合ほか, 1957; 山田ほか, 1989; Fujita, 2002; 松川ほか, 2003; Matsukawa et al., 2006) (Fig. 2)。これは長野のアンモノイド産出層と貝皿層との岩相の類似性を重視し, 産出するアンモノイドの違いに着目していなかったためと思われる。これに対し, 井尻 (1936) は, 長野のアンモノイド産出層は「貝皿頁岩層」とは異なる層準にあたることを考え, これを「長野頁岩層」と呼んだ。本論文では, 長野のアンモノイド産出層と貝皿層の分布および時代の違いを重視し, 前者を「長野頁岩層\*<sup>1</sup>」と呼ぶことにする。ただし, 井尻 (1936) は長野頁岩層の分布範囲に言及しておらず, またこの研究は前田 (1952) により手取層群内の各層の層序関係が大幅に整理される以前のものであるため, 長野頁岩層は将来的に再整理する必要がある。

従って, 本地域には一般に九頭竜亜層群中部層 (= 貝皿層) から赤岩亜層群におよぶ一連の層序が分布するとされてきたが (例えば, 山田ほか, 1989; Fujita, 2002; Matsukawa et al., 2006), 最下部の頁岩層は貝皿層より若

く, 従来の地層区分あるいは時代論の大幅な見直しが必要な状況にある。

**上半原地域**—Fujita (2002) は, 藤田ほか (1998) による石徹白亜層群中の海成層 [Fujita (2002) の上半原層] の発見を受けて, 本地域の層序を整理し, 下位から石徹白亜層群の山原層, 葦谷層, 上半原層, 大淵層, 伊月層, 赤岩亜層群の後野層が分布するとした。Fujita (2002) は, 山田ほか (1989) の区分との関係について, 山原層, 葦谷層, 上半原層, 大淵層を石徹白亜層群下部層に, 伊月層を石徹白亜層群上部層に対応させており, 本論文の Figure 2 はこの考えに基づいて描いている。しかしながら, 石徹白亜層群下部層と上部層の境界の位置は山田ほか (1989) と Fujita (2002) で大きく異なっており, 例えば上半原層中の *Parapallasiceras* cf. *pseudocontiguum* の産地は, 山田ほか (1989) では石徹白亜層群上部層の分布範囲に含まれるなど, 本地域の層序は確立しているとは言い難い。後に議論するように, 石徹白地域との層序対比に疑問があることから, 上半原地域の層序に対し, 石徹白地域を模式地とする地層名を使用する際には「伊月層」などと表記する。

本地域に分布する確実な海成層は上半原層のみであり, *P.* cf. *pseudocontiguum* の産出 (Sato and Yamada, 2005) から Tithonian 前期と考えられる。ところで, Fujita (2002) は, 上半原地域の林谷西方の「伊月層」から汽水棲二枚貝 *Myopholas* cf. *semicostata* の産出を報告している。本標本は, Tashiro (1994) により, 宮崎県鞍岡地域の戸川層 (上部 Hauterivian–Barremian) 産標本に基づき, 新種として命名された *M. tanakai* に比較される (田代, 1994)。また, この種は関東山地の山中白亜系の白井層や高知県物部地域の領石層からも産出し, Hauterivian の立川動物群の構成要素とされる (Tashiro, 1994; Kozai et al., 2005)。従って, *M. tanakai* の産出に基づけば, 上半原地域の「伊月層」は Hauterivian (~ Barremian) を含むと考えられる。

#### 真名—大納地域と長野—上半原地域の手取層群の対比

Kawagoe et al. (2012) は, 上半原地域と石徹白地域の手取層群が側方に連続するという従来の解釈ではなく, 同じ中列の手取層群分布域にある, 真名地域と上半原地域の手取層群が側方に連続し, 石徹白地域の手取層群とは断層で接する可能性を示した。上半原地域の上半原層から Tithonian 前期の *Parapallasiceras* cf. *pseudocontiguum* が産出しているが (Fig. 2-3)。今回, 真名地域からの産出記録に引き続き, 真名地域と上半原地域の中間に位置する大納地域の黒当戸層の露頭 (Fig. 2-1) から *Parapallasiceras* の産出が確認されたことにより, 真名—大納地域の黒当戸層の一部と上半原地域の上半原層が対比されることになる。一方, 真名地域の中島と長野地域の長野から Oxfordian の *Kranaosphinctes matsushimai* が産出しており, 真名地域南部の黒当戸層の一部と長野頁岩層も対比することができる。なお, これらのアンモノイドは九頭竜地域の他地域からの確実な産出記録はなく, 真名—大納地域と長野—上半原地域の手取層群下部の層序が連続する可能性を示唆する。また, *Inoceramus maedae* および比較される種が上半原地域の上半原層 (藤田ほか, 1998) と真名地域中島の黒当戸層 (山田敏弘 2013 年 8 月私信) から

\*1 飛騨外縁帯の中部石炭系に対し「長野層」という名称が使われており (山田ほか, 1958; Yamada, 1967), 混乱を避けるため, ここでは「長野頁岩層」を用いる。



産出していることもこの対比を支持する。

山田ほか (1989) の地質図では、大納衝上断層の北縁に沿って黒当戸層が東西に分布し、九頭竜湖北岸の長野地域の長野頁岩層に連続するが、これより東方では尖滅し、消滅する (Fig. 2)。一方、Fujita (2002: fig. 1) の地質図では、上半原層は同じく九頭竜湖北岸で西方に尖滅し、消滅している。従って、黒当戸層-長野頁岩層-上半原層の海成層が互いに連続するものとして解釈した場合、同時期の堆積物を含む二つの海成層が九頭竜湖北岸で消滅するという問題を解決することができる。ただし、黒当戸層および長野頁岩層に対して上半原層の頁岩層の厚さが薄いことについては、1) 黒当戸層および長野頁岩層には褶曲がよく発達しており (例えば、河合ほか, 1957; 前田, 1961a, b)、地層の見かけの厚さに反映されている、2) 岩相が側方に変化し、東方の上半原地域ではより粗粒の堆積物として分布している、などの可能性が考えられる。一方、長野頁岩層と上半原層はそれぞれ Oxfordian と Tithonian と時代が異なっていることから、長野-上半原地域において長野頁岩層と上半原層が上下関係にある一連の層序を構成し、この層序全体が真名-大納地域の黒当戸層に対応している可能性もある (Fig. 4)。この場合、上述の長野地域と大納地域との間の頁岩層の連続性が再検証の対象となる。いずれにしても、これらの課題は今後の詳細な地質調査によって解決する必要がある。

一方、黒当戸層と上半原層より上位の地層に関しては、両地域を対比する鍵層や特徴ある化石の産出は現在のところ知られていない。上半原地域では、上半原層より上位の“伊月層”の複数層準に汽水棲二枚貝化石の産出が知られる (Fujita, 2002) が、真名-大納地域の“九頭竜亜層群上部層”には全く知られていない (山田ほか, 1989)。山田ほか (1989: figs. 2, 5) では、真名-大納地域内においても、本論文の黒当戸層がほぼ一定の岩相 (黒色頁岩) と層厚 (約 500 ~ 600 m) で追跡できるのに対し、この上位の“九頭竜亜層群上部層”では、黒当戸層とは堆積システムが異なり、岩相の著しい側方変化 (真名地域では礫岩に富むが、東に向かうに連れて細粒となり、大納地域東部では細粒~中粒砂岩を主体とする) を示すことを指摘している。従って、真名-大納地域と上半原地域とでは、真名-大納地域の“九頭竜亜層群上部層”堆積時に堆積環境が異なっていた可能性があり、鍵層が認定できない現状では同一時間面の認識は困難と言える。

ところで、前章で議論したように、汽水棲二枚貝 *Myopholas tanakai* の産出に基づけば、上半原地域の“伊月層”は Hauterivian (~ Barremian) を含むと考えられる。ただし、この場合、Kawagoe et al. (2012) が指摘するように、途中に時間間隙が存在しない場合には、上半原層の堆積時期から“伊月層”の堆積時期までに長い時間 (1000 万年以上) がかかっていることになる。一方、Kawagoe et al. (2012) は、真名地域の“九頭竜亜層群上部層”上部の火山角礫岩層から Barremian と Aptian 境界付近のジルコン U-Pb 年代値 (124.6 ± 2.3 Ma) を得ている。従って、真名-大納地域と長野-上半原地域の手取層群は両者とも、少なくとも Oxfordian から Barremian におよぶ、ほぼ同時期の堆積物を含むものと考えられる (Fig. 4)。

## 上半原地域と石徹白地域の手取層群の対比

従来、上半原地域と石徹白地域の手取層群は、石徹白亜層群から赤岩亜層群にかけての、同じ一連の層序を示すと考えられてきた (前田 1957c; 山田ほか, 1989)。藤田ほか (1998) による上半原地域における海成層の発見以降も基本的にその考え方は踏襲されている (例えば、Fujita, 2002)。その理由の一つとして、石徹白地域と上半原地域の双方で地質構造が共通していることが挙げられる。つまり、手取層群は基本的に北西-南東方向の走向で、北傾斜の同斜構造である。しかし、上半原地域と石徹白地域の間に位置する、飛騨片麻岩類の南北縁を区切り、東北東に延びる断層に挟まれたブロック内においては、手取層群は北東-南西方向の走向で南傾斜を示し、石徹白地域と上半原地域に一般的な北傾斜の同斜構造とは、明らかに構造が異なる (山田ほか, 1989) (Fig. 2)。さらに、地質概説でも述べたように、このブロック北東部付近に、前田 (1957b) は九頭竜地域の赤岩亜層群最上部となる知那洞谷層を提唱したのに対し、河合ほか (1957) では石徹白亜層群と赤岩亜層群が、Fujita (2002) や松川ほか (2003) では後野層が分布するとするなど、層序が確立していない。従って、このブロック付近を境に、石徹白地域と上半原地域の層序の連続性には疑問がある。

一方、上半原地域の“伊月層”は、上述のように Hauterivian (~ Barremian) を含む可能性があり、また石徹白地域の石徹白亜層群上部層からは 127 ± 2.5Ma の碎屑性ジルコン年代値が得られていることから (Kawagoe et al., 2012)、石徹白地域と上半原地域の手取層群の少なくとも一部は同時期に堆積した可能性がある。しかし、石徹白地域には、Fujita (2002) の上半原層に相当する明確な海成層が認められないため、上半原地域の海棲軟体動物化石産出層準を石徹白地域のどの層準に対比させるかについては統一した見解が得られておらず、両地域の手取層群の対比はやはり課題として残る (Fig. 4)。

ところで、上半原地域においては、研究者によって異なった地層名の使用や、同じ地層名でも、地層の境界の位置が違うため、混乱を招きやすい (例えば、山田ほか, 1989; Fujita, 2002; 松川ほか, 2003; Matsukawa, Ito et al., 2006, 2008)。しかし、石徹白地域においては、九頭竜亜層群と石徹白亜層群の境界、石徹白亜層群上部の伊月層の下限、石徹白亜層群と赤岩亜層群の境界の位置に関して研究者の見解はほぼ一致している。従ってここでは、混乱を避けるため、石徹白地域の石徹白亜層群と比較する場合には、山田ほか (1989) の石徹白亜層群下部層 (下部=山原層, 中部=葦谷層, 上部=大淵層) と上部層 (=伊月層) の用語を用いて議論する。

石徹白地域における上半原層に対比される層準—石徹白地域における上半原層に対比される層準に関しては、海棲、もしくは汽水棲軟体動物化石の産出層準に基づき、1) 石徹白亜層群上部層、2) 石徹白亜層群下部層中・上部境界付近、3) 石徹白亜層群下部層下部、4) もともと堆積しなかったか、もしくは馬ガ谷不整合で削剥されているとするものの4つの可能性が指摘できる (Fig. 4, Itoshiro area の左欄参照)。

1) と 2) は石徹白地域と上半原地域の層序対比に基づ

くものである。1) に関しては、山田ほか(1989)の地質図では、上半原地域海棲化石産出層準は石徹白亜層群上部層内に含まれる。また、松川らも同じ海成層を彼らの伊月層、つまり石徹白亜層群上部層と対比し、その時代をTithonian前期とする根拠としている(松川ほか, 2003; Matsukawa, Ito et al., 2006, 2008; Nishida et al., 2013)。これに対し、Fujita(2002)は上半原層を彼の葦谷層と大淵層の間に位置づけており、すなわち2)の立場をとる。ただし、上述のように、上半原層自体は西方に向かって尖滅し、石徹白地域には露出していない。

Kawagoe et al. (2012)は、石徹白地域の石徹白亜層群上部層の碎屑性ジルコンのU-Pb年代値( $127 \pm 2.5$  Ma)を示し、1)の上半原層と石徹白亜層群上部層の対比を否定した。さらに、彼らは、2)のように石徹白地域の石徹白亜層群下部層中・上部境界付近をTithonian前期に対比した場合、石徹白亜層群下部層上部から石徹白亜層群上部層〔前田(1952)の見積もりで層厚約300 m〕の堆積に、途中で時間間隙が存在しない場合には1500万年以上の長い時間がかかったことになるという問題点を指摘し、4)の可能性を述べた。つまり上半原層は石徹白地域の石徹白亜層群には対比されず、石徹白地域においては上半原層は堆積しなかったか、あるいは、上半原層相当層がかつて堆積していたにしても、石徹白亜層群基底の馬ガ谷不整合で削剥されているとするものである。

ところで、前田(1952)は石徹白亜層群下部層下部の礫岩中にイノセラムスを産する頁岩の再食礫が含まれることを指摘し、これを貝皿層由来と考えた。しかしながら、イノセラムスは、長野地域の長野頁岩層のほか、上半原地域の上半原層にも、また、石徹白地域と同じく飛騨帯の上に位置する荘川地域の御手洗層(Berriasian: 佐藤ほか, 2008)にも知られている(Hayami, 1960; 藤田ほか, 1998)。さらに、馬ガ谷不整合の下位層は常に貝皿層より上位の山原坂層であり、石徹白亜層群下部層下部が貝皿層に直接接している例は知られていない(前田, 1952)。このことから、上述の再食礫の由来は、上半原層や御手洗層、もしくはこれらの相当層の可能性も考えられる。

3)は、石徹白亜層群下部層の礫岩の砂岩基質部から海棲の三角貝の新種*Vaugonia (Vaugonia) yambarensis*が記載されている(Kobayashi, 1956)ことに着目し、石徹白地域と上半原地域の海成層同士を対比させるものである。しかし、上半原地域に産出が知られるのはアンモノイドやイノセラムス、腕足類などで(藤田ほか, 1998; Fujita, 2002; 松川ほか, 2003; Sato and Yamada, 2005)、石徹白地域とは産出化石が異なる。また、上半原地域では頁岩、石徹白地域では主に礫岩と、海棲化石を産出する岩相も異なっており、両地域間に著しい同時異相の存在を考える必要がある。なお、この解釈の場合、石徹白亜層群下部層下部から石徹白亜層群上部層〔前田(1952)の見積もりで層厚約530 m〕の堆積に、途中で時間間隙が存在しない場合には1500万年以上の時間がかかったことになる。

以上のように、石徹白地域における上半原層に対比される層準に関しては結論が得られていない。現時点では「4)上半原層はもともと堆積しなかったか、馬ガ谷不整合で削剥されている」という考えが最も矛盾が少ないと考えられるが、この仮説を検証するためには、Kawagoe et al. (2012)

も指摘するように、石徹白地域の石徹白亜層群下部層下部の時代決定が待たれる。さらに言えば、模式地である石徹白地域における石徹白亜層群の層序や時代論の再整理の結果次第で、他の地域の手取層群中部への「石徹白亜層群」という名称の適用の是非についても再検討が必要になる可能性もある。

**上半原地域の手取層群上半部と石徹白地域の石徹白亜層群との対比**—上半原地域においては、上半原層より下位の“葦谷層”および上半原層のほか、上半原層より上位の“伊月層”の複数層準から*Myrene*などの汽水棲二枚貝化石が産出する(前田, 1957c; Fujita, 2002; Sato and Yamada, 2005)。一方、石徹白地域の石徹白亜層群下部層中部から*Ostrea*の化石が報告されているほか、同亜層群上部層の複数の層準からも*Ostrea*や*Myrene*の産出が知られている(前田, 1952; Fujita, 2002; 松川ほか, 2003; Matsukawa et al., 2006; Nishida et al., 2013)。前章で議論した海棲化石の産出も考え合わせると、両地域は、当時、長期にわたって陸域と海域の境界付近に位置していたと考えられる。従って、これらの汽水棲二枚貝化石の産出のみを基準にして両地域の層序を対比するのは避けた方がよいと考える。

松川ほか(2003)およびMatsukawa et al. (2006)では、おそらく石徹白地域の手取層群最上部の後野層と上半原地域の手取層群上半部との岩相の違い(後野層は主に厚い砂岩からなるのに対し、上半原地域のは主に砂岩泥岩互層からなる)を重視し、「上半原地域には厚い“伊月層”が存在するが、後野層はほとんど分布しない」という見解が示されている。その後、石徹白地域と上半原地域との層序の連続性を重視する立場から、この見解には疑問が呈された(Sano et al., 2008; Matsukawa, Ito et al., 2008)。しかし、上述したように石徹白地域と上半原地域の層序の連続性には疑問が生じており、上半原地域の手取層群上半部、すなわち“伊月層”および“赤岩亜層群後野層”と、石徹白地域の石徹白亜層群および赤岩亜層群の対比については再検証すべきであろう。

ところで、石徹白地域北西の打波川地域において、石徹白亜層群最上部とされる地層からHauterivian後期とされるアンモノイド*Pseudothurmannia* sp.が産出しており(後藤, 2007; 松川・浅原, 2010)、また、石徹白地域の石徹白亜層群上部層からは $127 \pm 2.5$  Maの碎屑性ジルコン年代値が得られている(Kawagoe et al., 2012)(Fig. 4)。川越らが既に指摘したように、数値年代値の誤差を考慮すれば、上半原地域の“伊月層”および石徹白地域の石徹白亜層群上部層、打波川地域の石徹白亜層群最上部がほぼ同時期に堆積していた可能性がある。しかしながら、これら3地域が当時同一の連続した堆積盆を構成していたのか、異なる堆積盆でたまたま同時期に堆積したのかは現時点では判断できない。前者の場合、馬ガ谷不整合直上の石徹白亜層群下部層下部が上半原地域のどの層準に対比されるのか、つまり上半原地域と石徹白地域間の地層の連続性が確立した時期が、後者の場合は、石徹白地域と上半原地域が、つまり北列と中列の手取層群の分布域が現在のようない位置関係になった時期が興味ある課題として提示される。



### “九頭竜亜層群”中の海成層の分布の再検討

地質概説で述べたように、九頭竜地域の手取層群の主要な分布は、東西方向の断層で境された、北列、中列、南列の3列に分けてとらえることができる。従来、3列の手取層群それぞれに、九頭竜亜層群の貝皿層および相当層が分布するとされてきた(前田, 1952, 1957c, 1961a, c; 河合ほか, 1957)。北列には九頭竜亜層群の模式地が存在し、貝皿層に Bathonian 最後期から Callovian のアンモノイド群集帯3帯が設定されている(Sato, 1964; Sato and Westermann, 1991)。Oxfordian のアンモノイド群集帯が設定されたのは山原坂層ではなく、中列の長野頁岩層であると考えられるものの、山原坂層自体の時代もアンモノイドの産出から Oxfordian であることが示唆される。中列の“貝皿層”は本論文で黒当戸層あるいは長野頁岩層としたもので、少なくとも Oxfordian と Tithonian の海成層を含むと考えられる。なお、北列の山原坂層と、中列の長野頁岩層および黒当戸層の一部はほぼ同時代と考えられるものの、前者は砂岩主体であるのに対し、後者は頁岩主体と岩相が異なるほか、アンモノイドの産出数や多様性にも著しい違いがある(前者で産出数が少なく多様性に乏しい)点でも注目される。

南列には、九頭竜湖岸の下半原や荷暮川付近に、アンモノイドやベレムナイト、イノセラムス、三角貝などを産する海成層(下半原頁岩層)が分布し、貝皿層相当層とされている(前田, 1957a)。しかし、下半原頁岩層のアンモノイドは、前田(1957a)によって *Perisphinctes* spp. とされたものの、これまでに図示されたことはない(佐藤, 2008: p. 93, 94)。また、イノセラムスについては、“下半原頁岩層から産出する *Inoceramus* A sp. は大納川流域の貝皿頁岩層に挟在する酸性凝灰岩から産出する種と酷似し、下半原頁岩層産 *Inoceramus* B sp. は貝皿地域では朝日の北方から、庄川上流地域では御手洗層の M<sub>1</sub> から産出する種と酷似する(前田, 1957a: p. 232-233)”とされている。さらに前田(1961c)は、Hayami(1960)による「貝皿層産 *Inoceramus* は御手洗層や杉崎層産 *Inoceramus* と共通のものがなく、貝皿層のものがより古い」という見解を引用しており、イノセラムスの種を用いて貝皿層と、御手洗層およびその相当層を識別できる可能性がある。大納地域の海成層は本論文で Tithonian とされ、また御手洗層も最近では Berriasian とされることから(佐藤ほか, 2008)、イノセラムスの類似性に基づくと、南列の手取層群の海成層も貝皿層相当層ではなく、Tithonian ~ Berriasian の可能性が考えられる。

さらに、Kimura(1958a)は、南列に含まれる、持穴あるいは箱ヶ瀬付近に分布する落合砂岩頁岩互層(前田, 1957a)から *Onychiopsis elongata* (Geyler) Yokoyama の産出を報告している。また Matsumoto(2012)も、面谷川対岸の九頭竜湖北岸に露出する手取層群からの同種の産出に言及している。Yamada and Uemura(2008)によると、日本付近における *Onychiopsis* の産出は Oxfordian より後の時代に限られる。下半原頁岩層が落合砂岩頁岩互層よりも上位にあたることを考えあわせると、下半原頁岩層は九頭竜亜層群貝皿層とは時代が異なる方と考える方が合理的である。

以上をまとめると、1) 中列と南列の“貝皿層相当層”は貝皿層とは同時期ではなく、前者はおそらく Oxfordian ~ Tithonian に、後者は Tithonian ~ Berriasian に堆積した、2) 貝皿層の分布は従来の想定よりもはるかに狭く、北列の手取層群、すなわち石徹白地域のみに限られる、3) 北列の山原坂層と、中列の長野頁岩層と黒当戸層の一部はほぼ同時代(Oxfordian)に堆積したが、岩相などが著しく異なるものと考えられる。このように、各列において手取層群の層序をはじめ、海成層の時代や岩相が異なることから、まず各列の層序を明らかにした上で、各列間の層序対比を議論する必要がある。現状では詳細な時代データが得られている層準が限られていることから、九頭竜亜層群や石徹白亜層群の模式地が存在する石徹白地域と、他の列に属する地域の層序対比には課題が残る。従って、他地域の手取層群に対する、「九頭竜亜層群」や「石徹白亜層群」という名称の適用の是非についても今後検討が必要になる可能性がある。

ところで、中列の手取層群は北傾斜であるのに対し、南列は主に南傾斜を示しており(前田, 1957a)、地質構造が異なっている。また、南列の手取層群中には堆積性蛇紋岩などが報告され、手取層群のオリストストローム説が提唱されるなど(相馬ほか, 1983)、中列と南列の手取層群は堆積物の構成や形成場が違う可能性がある。さらに、南列の中でも、荷暮変成岩体の南北で下半原頁岩層の岩相や堆積環境が異なることが指摘されており(前田, 1955, 1957a)、将来両者は区分される可能性すらある。また、南列の手取層群においては、三疊系成羽層群や下部ジュラ系岩室層から報告されたが(例えば Kimura and Tsujii, 1981)、手取層群からは極めて産出が稀な、後期三疊紀~前期ジュラ紀の植物群を代表するシダ植物 *Hausmannia* が報告されている点でも注目される(前田, 1961a; 山田敏弘 2013年8月私信)。このように、南列の手取層群の層序および生物相の解明や詳細な時代決定、そして中列と南列の手取層群の関係はさらに検討する必要がある。

### 手取層群における海成層の年代と分布

手取層群の海成層は、富山県有峰地域および牛負地域、岐阜県飛騨古川地域および荘川地域、石川県手取川地域、福井県九頭竜地域および美山地域に分布するとされてきた(前田 1961c; Fujita, 2003; 平澤ほか, 2010)。このうち、最近の見直しにより、美山地域では実際には海成層は存在しないとされている(山田ほか, 2008)。近年、各地域の手取層群でアンモノイドの検討が進み、時代論の見直しが相次いでいる(佐藤・蜂矢ほか, 2003; Sato and Yamada, 2005; 後藤, 2007; 松川ほか, 2007; 佐藤・浅見ほか, 2008; Matsukawa and Fukui, 2009; 松川・浅原, 2010; Sato et al., 2012)。この結果、手取層群には、Bathonian-Oxfordian, Tithonian-Berriasian, Hauterivian-Barremian の3回の海進が記録されていると解釈されている(松川ほか, 2007)。しかし、アンモノイドは一般により詳細な時代解像度で議論されることから、ここでは Bathonian-Oxfordian と Tithonian-Berriasian をさらに2分し、Bathonian-Callovian (Stage Ia), Oxfordian (Stage Ib), Tithonian (Stage IIa), Berriasian (Stage IIb),



age	area	Arimine	Ushioi	Hida-Furukawa	Shokawa	Uchinamigawa	Itoshiro	Mana-Ono	Nagano-Kamihambara	transgression stage
Barremian				Inagoe Fm						← stage III
Hauterivian						Itoshiro Subgroup				
Valanginian										
Berriasian					Mitarai Fm					← stage IIb
Tithonian								Kurotodo Fm	Kamihambara Fm	← stage IIa
Kimmeridgian								?		
Oxfordian	Arimine Fm	Kiritani Fm					Yambarazaka Fm	Kurotodo Fm	"Nagano Shale"	← stage Ib
Callovian							Kaizara Fm			← stage Ia
Bathonian										
Selected ammonoid references in each area	Matsukawa, Koarai et al. (2008) Sato et al. (2012)	Sato (1962) Sato and Westermann (1991)	Matsukawa et al. (2007) Matsukawa and Fukui (2009)	Sato, Hachiya et al. (2003) Sato, Asami et al. (2008)	Goto (2007) Matsukawa and Asahara (2010)	Sato (1962) Sato and Westermann (1991)	Sato (1962) this work	Sato (1962) Sato and Yamada (2005)	modified from Matsukawa et al. (2007)	

FIGURE 5. Ages of ammonoid-bearing strata of the Tetori Group. Areas to the left of the double line are located in the Hida Belt, and the Mana-Ono and Nagano-Kamihambara areas to the right are in the Hida Gaiken Belt. All the dated marine formations (in grey) represent the transgression stages. In the Kurotodo Formation, Oxfordian and Tithonian ammonoids were discovered, but the horizons are not discriminated. Three ammonoid assemblage zones in the Late Bathonian-Early Callovian are recognized in the Kaizara Formation. The Inagoe Formation (in light gray) is only broadly assigned to an Hauterivian-Barremian age.

Hauterivian-Barremian (Stage III) の5つに分けて議論する。

本論文を含めて、アンモノイドで時代論の検討がなされている地層について、現時点で入手できるデータを Figure 5 に整理する。最初の海進期では、Bathonian-Callovian (Stage Ia) の海成層は九頭竜地域北列の石徹白地域のみだが、Oxfordian (Stage Ib) の海成層は、九頭竜地域北列の石徹白地域、中列の長野地域と真名地域のほか、有峰地域と牛負地域まで広く分布する。次の海進期では、Tithonian (Stage IIa) の海成層は九頭竜地域中列の真名-大納-上半原地域に、Berriasian (Stage IIb) の海成層は荘川地域に、さらに Hauterivian-Barremian (Stage III) の海成層は飛騨古川地域と打波川地域に分布する。なお、これらの地域や層準以外にもアンモノイドやバレムナイトなどの産出が知られる海成層〔例えば石徹白地域の大井谷層や栴餅山層、飛騨古川地域の杉崎層(前田, 1952, 1958)〕が存在するが、これらの地層は現時点では時代が明確でないため、今回の議論から省く。

手取層群は一般に飛騨帯と飛騨外縁帯内に分布するとされる。Figure 5 に整理した手取層群の海成層が分布する地域のうち、有峰地域 (Stage Ib) および牛負地域 (Stage Ib)、荘川地域 (Stage IIb) は飛騨帯内に分布する。飛騨古川地域では、手取層群は飛騨帯と飛騨外縁帯の両方に分布するが、稲越層 (Stage III) の分布は船津花崗岩類の分布域内にあり(松川ほか, 2007)、飛騨帯内に限られると判断される。九頭竜地域でも、手取層群は飛騨帯と飛騨外縁帯の両方に分布するが、海成層に関しては、北列の打波川地域 (Stage III) と石徹白地域 (Stage Ia, Ib) のものは飛騨帯内に\*2、中列の真名-大納-長野-上半原地域 (Stage Ib, IIa) と南列の九頭竜湖南岸地域(おそらく Stage IIa もしくは IIb) のものは飛騨外縁帯内に分布する。

以上をまとめると、Stage Ia の海成層は、現在得られているデータからは、おそらく飛騨帯内のごく狭い範囲(九頭竜地域北列の石徹白地域)にしか分布していないものと考えられる。Stage Ib の海成層は、飛騨帯内の九頭竜地域北列の石徹白地域、有峰地域と牛負地域、飛騨外縁帯内の九頭竜地域中列の真名地域と長野地域と、飛騨帯と飛騨外縁帯にまたがって広く分布している。Stage IIa の海成層は、飛騨外縁帯内の九頭竜地域中列の真名-大納地域と上半原地域に、Stage IIb のものは飛騨帯内の荘川地域のみ分布している。このほか、stage IIa もしくは IIb は、飛騨外縁帯内の九頭竜地域南列にも分布する可能性がある。一方、Stage III の海成層は飛騨帯内の飛騨古川地域と九頭竜地域北列の打波川地域に限られている。このように、手取層群においては各ステージの海成層がどの地域にも分布するのではなく、九頭竜地域においては北列・中列・南列の違い、あるいは各地域における手取層群の基盤の違いにより、どのステージの海成層がどのような規模で分布するかが異なっていると解釈できる。

手取堆積盆の形成過程については、河合(1956)や前田(1961b, c)の古典的な考察があるが、最近、手取層群にアジア大陸東縁部における右横ずれ場から左横ずれ場への転換が記録されているというモデルが提唱された(大

\*2

石徹白地域の石徹白亜層群最下部(山原層)から宇奈月変成岩の高変成度部に相当すると解釈される十字石-珪線石片岩類が報告されており(Tsujimori, 1995)、また石徹白地域の手取層群の分布の南にあたる朝日地域には、飛騨変成岩類とされる晶質石灰岩と断層で接して、宇奈月帯構成要素とされる結晶片岩が分布している(浅見, 1979; Hiroi, 1981; 東田ほか, 2004)。従って、石徹白地域の手取層群の後背地に、少なくとも石徹白亜層群最下部堆積時には、宇奈月帯相当の変成岩類が露出していた可能性が高い。しかしながら、本論文では、飛騨片麻岩類の分布を重視し、石徹白地域は飛騨帯内に存在するものとして議論する。

藤, 1998; Otoh, 1998; Otoh et al., 2003). 手取層群の各ステージの海成層の分布が, 飛驒帯や飛驒外縁帯など, 基盤の違いによって異なることは, 手取層群の堆積期間内であっても時期によって堆積盆の形成場やその規模に違いがあることを示している可能性がある. 今後は, 情報量の比較的乏しい飛驒外縁帯内に堆積したと考えられる手取層群, 例えば, 岐阜県の飛驒古川地域東部および福地地域 (前田, 1958; 河合, 1961; Tsukada, 2003; 松川ほか, 2007), 富山県薬師岳地域 (原山ほか, 1991; 竹内・滝沢, 1991), 富山県-新潟県境付近の朝日地域および糸魚川地域 (Chihara et al., 1979; 滝沢, 1980, 1988; 後藤, 1986; 富山県教育委員会, 2003; 富田ほか, 2006; 酒井ほか, 2012), 長野県木崎地域 (Kimura, 1958b) などの詳細な層序や時代論の解明が期待される.

さらに, 飛驒外縁帯内に分布する手取層群の一部が横ずれに伴う剪断帯に沿って分布したり, 剪断帯によって切られたりする例が報告され, 飛驒外縁帯における剪断帯の形成が手取堆積盆の形成に関与した可能性も指摘されている (Otoh et al., 2003; 大藤ほか, 2004). 南列の手取層群の北東-南西方向にのびたレンズ状の分布は, 主としてベルム~三疊系の飛驒外縁帯構成岩類 [栗原 (2001) の小椋谷-此木谷型層序系列, および本戸層 (Kawagoe et al., 2013)] と共に, 右横ずれデュープレックス (狩野・村田, 1998) を形成するとも解釈できる. この場合, 南列の手取層群の堆積後に横ずれデュープレックス構造が形成されたことになり, 右横ずれ運動の時期の下限を区切ることができる. また, 南列の手取層群は, 中列の手取層群とは離れた場所で堆積した可能性が示唆される. 一方, 栗原 (2001) の影路-大谷型層序系列の飛驒外縁帯構成岩類のうち, シルル~デボン系の子馬巣谷層と上穴馬層, 伊勢変成岩類および規模の大きな蛇紋岩体は, 南列の手取層群の分布と小椋谷-此木谷型層序系列の分布の境界沿いで, 特にデュープレックスの南北縁を境する断層に近接した場所付近に主に分布しており (東田ほか, 2004), 飛驒外縁帯構成岩類の現在の分布をもたらしした過程を考える上で興味深い. さらに伊勢変成岩体の北縁には手取層群に対比される非変形のハアミ谷 (=羽見谷) 夾炭層 (河合ほか, 1957) が分布するが, その堆積盆形成は「大藤ほか (2004) の剪断帯 D」の形成と関連する可能性が指摘されており (大藤ほか, 2004), ハアミ谷夾炭層の時代論は飛驒外縁帯の構造発達史を考える上でも注目される. 一方, 笹生川沿いや伊勢川沿いに延び, 飛驒外縁帯構成岩類および南列の手取層群と, 美濃帯構成岩類との境を画する「大藤ほか (2004) の剪断帯 E」は手取層群の砂岩, 泥岩を強く変形させ, かつ, 左横ずれの剪断センスを示しており, この地域における複雑な構造運動の存在を示唆する. このように, 南列の手取層群の時代論や変形過程の検討によって, 手取堆積盆の形成過程の解明ばかりか, アジア大陸東縁部における横ずれセンスの転換というモデルにも時期的な制約を与えられる可能性がある.

今後, 手取層群中の複数層準の海成層の存在や碎屑性ジルコンの U-Pb 年代測定などを鍵として, 各地域の手取層群の層序に時間軸を入れることにより, 基盤の違いに着目した上で, その対比や時代論などを詳細に明らかにすることが, 手取層群に記録された後期中生代の古環境や生物相

の変遷, さらには飛驒外縁帯の構造発達史の解明にも貢献できるものと期待する.

#### 謝 辞

福井県大野市在住の丸山哲也氏には, 採集された貴重なアンモノイドを本研究のためにご提供いただいた. 査読者である深田地質研究所の佐藤 正氏, 金沢大学の山田敏弘氏, 紀要編集委員会の小西健二委員長, 糸魚川淳二委員, 一鳥啓人編集幹事には原稿を丁寧にご読んでいただき, 原稿を改善する上で非常に有益な示唆をいただいた. 特に山田敏弘氏には, 手取層群の層序および岩相, 植物および動物化石の産出情報およびその意義について詳しくご教示いただき, また議論していただいた. 成田貴人の進級論文のための地質調査は, 東京大学理学部地質学教室 (当時) の故速水 格氏, 大路樹生氏, 藤本光一郎氏に指導していただいた. 以上の方々へ心より感謝する.

#### 引用文献

- Arkel, W. J., B. Kummel and C. W. Wright. 1957. Mesozoic Ammonoidea; pp. L80-L441 in R. C. Moore (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part L, Mollusca 4, Cephalopoda, Ammonoidea*. Geological Society of America and University of Kansas Press.
- 浅見正雄. 1979. 飛驒帯荒島岳・利賀・和田川地域の泥質変成岩; 41-49, 加納 博教授記念号刊行委員会 (編), 日本列島の基盤 一加納 博教授記念論文集, 秋田.
- Chihara, K., M. Komatsu, T. Uemura, S. Shiraishi, T. Yoshimura and M. Nakamizu. 1979. Geology and tectonics of the Omi-Renge and Joetsu tectonic belts (5): Geology and tectonics of the Omi-Renge tectonic belt. *Science Reports of Niigata University, Series E*, 5: 1-61.
- Donze, P., and R. Enay. 1961. Les céphalopodes du Tithonique inférieur de la Croix-de-Saint-Concors près Chambéry (Savoie). *Travaux du Laboratoire de Géologie, de la Faculté des Sciences de Lyon, nouvelle série*, 7: 1-236, pls. 1-22.
- Fujita, M. 2002. A new contribution of the stratigraphy of the Tetori Group, adjacent to Lake Kuzuryu, Fukui Prefecture, Central Japan. *Memoir of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum 1*: 41-53.
- Fujita, M. 2003. Geological age and correlation of the vertebrate-bearing horizons in the Tetori Group. *Memoir of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum 2*: 3-14.
- 藤田将人・宮本隆実・田中 均. 1998. 福井県和泉村東部地域に分布する手取層群石徹白亜層群から産出したイノセラムス化石とその意義. *地質学雑誌* 104: 52-55.
- 深田淳夫. 1949. 日本産ジュラ紀菊石図鑑. *地球の科学* 4: 13-27, pls. 4-6.
- 福井市自然史博物館. 1997. 福井市自然史博物館資料目録「下野谷豊一氏収集アンモノイトコレクション」. 福井市自然史博物館, 福井, 30 pp.

- 後藤道治. 1986. 富山県・新潟県に分布する下部ジュラ系来馬層群最上部層より植物化石 *Onychiopsis elongata* (Geyler) Yokoyama の発見. 富山市科学文化センター研究報告 9 : 87-88.
- 後藤道治. 2007. 福井県大野市打波川地域の手取層群石徹白亜層群から産出した白亜紀前期アンモノイド化石. 福井県立恐竜博物館紀要 6 : 27-34.
- 蜂矢喜一郎・水野吉昭. 2004. 誌上展示室「ジュラ紀のアンモナイト (II)」—日本のジュラ紀アンモナイト (2) —. 化石の友 50 : 2-24.
- 半田直人・安曾潤子・Yin Juarun・松岡 篤. 2008. 福井県九頭竜川上流地域の手取層群貝皿層における軟体動物化石層序. 日本古生物学会 2008 年年会講演予稿集 : 68.
- 原山 智・竹内 誠・中野 俊・佐藤岱生・滝沢文教. 1991. 槍ヶ岳地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 地質調査所, 190 pp.
- Hasegawa, T., T. Hibino and S. Hori. 2010. Indicator of paleosalinity : Sedimentary sulfur and organic carbon in the Jurassic-Cretaceous Tetori Group, central Japan. *Island Arc* 19 : 590-604.
- Hayami, I. 1960. Jurassic inoceramids in Japan. *Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo, Section 2*, 12 : 277-328, pls. 15-18.
- 平澤 聡・柏木健司・藤田将人. 2010. 富山県に分布する上部ジュラ～下部白亜系手取層群の海成層と恐竜足跡化石. 地質学雑誌 116 (補遺) : 103-121.
- Hiroi, Y. 1981. Subdivision of the Hida metamorphic complex, central Japan, and its bearing on the geology of the Far East in pre-Sea of Japan time. *Tectonophysics* 76 : 317-333.
- 堀 純郎・堀内文夫. 1942. 福井縣中龍鑛山及び某附近の地質・鑛床. 地質学雑誌 49 : 298-318.
- 井尻正二. 1936. 福井縣九頭龍川上流地方の地質. 地質学雑誌 43 : 479-480.
- International Commission on Stratigraphy (ICS). 2010. International stratigraphic chart. <http://www.stratigraphy.org/>
- 石渡 明. 2003. 飛騨ナツプは存在するか—中部日本の地質学の大問題—. 月刊地球 25 : 898-906.
- 狩野謙一・村田明広. 1998. 構造地質学. 朝倉書店. 東京. 298 pp.
- Kawagoe, Y., N. Mori, S. Sano, Y. Orihashi, K. Yamamoto, Y. Ishizaki, Y. Kouchi and S. Otoh. 2013 (this volume). Evidence for Late Permian-Triassic volcanism in the Hida Gaien Belt, Southwest Japan : New U-Pb ages from the Motodo, Ashidani, and Otani formations. *Memoir of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum* 12 : 17-33.
- Kawagoe, Y., S. Sano, Y. Orihashi, H. Obara, Y. Kouchi and S. Otoh. 2012. New detrital zircon age data from the Tetori Group in the Mana and Itoshiro areas of Fukui Prefecture, Central Japan. *Memoir of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum* 11 : 1-18.
- 河合正虎. 1956. 飛騨山地西部における後期中生代の地殻変動 : 第 1 報 (荒島岳南方山地の地質学的研究). 地質学雑誌 62 : 559-573.
- 河合正虎. 1961. 飛騨高原東部における後期中生代の地殻変動 —越中—飛騨山地の地質学的研究—. 地質調査所月報 12 : 903-920.
- 河合正虎・平山 健・山田直利. 1957. 5 万分の 1 地質図及び説明書「荒島岳」. 地質調査所. 110 pp.
- Kimura, T. 1958a. On the Tetori flora (Part 1). Mesozoic plants from the Kuzuryu Sub-Group, Tetori Group, Japan. *Bulletin of the Senior High School attached to the Tokyo University of Education* 2-2 : 1-47, pls. 1-4.
- Kimura, T. 1958b. Mesozoic Plants from the Kizaki District, Nagano Prefecture, Japan : 135-138, 藤本治義教授還暦記念会 (編), 藤本治義教授還暦記念論文集, 東京.
- Kimura, T., and M. Tsujii. 1981. Early Jurassic plants in Japan. Part 3. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, 124 : 187-207, pls. 30-32.
- 小林 学. 1954. 福井県大野郡西谷村付近の地質. 東京教育大学理学部地質学鉱物学教室研究報告 3 : 35-42.
- 小林貞一. 1951. 白山をめぐる地域の地質—特に手取統について—. 石川県土木部計画課. 18 pp. 2 付図.
- Kobayashi, T. 1956. Some Jurassic trigonians from central and west Japan. *Studies on Jurassic trigonians in Japan. Part V. Japanese Journal of Geology and Geography* 27 : 1-8.
- Kozai, T., K. Ishida, F. Hirsch, S.-O. Park and K.-H. Chang. 2005. Early Cretaceous non-marine mollusc faunas of Japan and Korea. *Cretaceous Research* 26 : 97-112.
- 公文富士夫・梅澤貴司. 2001. 岐阜県莊川村, 御手洗川支流松山谷に分布する手取層群の堆積相. 地球科学 55 : 321-328.
- 棚座圭太郎・後藤 篤・横山一己. 2002. 手取層群のテクトニクスと堆積場の解明 : pp. 89-102, 石川県白山自然保護センター (編), 手取川流域中生代手取層群調査報告書. 石川県, 金沢.
- 栗原敏之. 2001. 飛騨外縁帯の層序系列 : その構造発達史における意義. 地球惑星科学関連学会 2001 年合同大会 : Gm-006.
- Kusuhashi, N., H. Matsuoka, H. Kamiya and T. Setoguchi. 2002. Stratigraphy of the late Mesozoic Tetori Group in the Hakusan Region, central Japan: an overview. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Series of Geology and Mineralogy*, 59 : 9-31.
- 前田四郎. 1952. 福井縣九頭龍川上流地域の手取統の層位學的研究. 地質学雑誌 58 : 401-410.
- 前田四郎. 1955. 手取層群の化石相. 千葉大学文理学部紀要 1 : 293-299.
- 前田四郎. 1957a. 福井・岐阜県境地域の手取層群の層序と構造. 地質学雑誌 63 : 225-237.
- 前田四郎. 1957b. 福井県打波川および石徹白川流域の手取層群の層序と構造. 地質学雑誌 63 : 357-365.
- 前田四郎. 1957c. 福井県九頭竜川上流上平原地域の手取層群の層序と構造. 千葉大学文理学部紀要 2 : 143-147.



- 前田四郎. 1958. 飛騨山地の手取層群の層序と構造. 地質学雑誌 64 : 388-398.
- 前田四郎. 1961a. 福井県九頭竜川南域の手取層群の層序. 地質学雑誌 67 : 23-31.
- 前田四郎. 1961b. 福井県九頭竜川南域における手取層群の構造発達史の一解釈. 地質学雑誌 67 : 189-198.
- 前田四郎. 1961c. 手取層群の地史学的研究. 千葉大学文理学部紀要 3 : 369-426.
- 前田四郎・堀 芳孝. 1950. 福井縣下のユラ紀菊石の新産地. 鉱物と地質 3 : 253-254.
- Manabe, M., P. M. Barrett and S. Isaji. 2000. A refugium for relicts? *Nature* 404 : 953.
- 松川正樹・浅原拓麻. 2010. 石川・福井県境の打波川流域に分布する手取層群の層序：白山地域と九頭竜川地域の対比. 東京学芸大学紀要 自然科学系 62 : 119-130.
- Matsukawa, M., and M. Fukui. 2009. Hauterivian-Barremian marine molluscan fauna from the Tetori Group in Japan and late Mesozoic marine transgressions in East Asia. *Cretaceous Research* 30 : 615-631.
- 松川正樹・福井真木子・小荒井千人・浅倉 努・青野宏美. 2007. 手取層群で確認された三番目の海進相：岐阜県飛騨市古川町周辺に分布する手取層群について. 地質学雑誌 113 : 417-437.
- Matsukawa, M., M. Ito, N. Nishida, K. Koarai and M. G. Lockley. 2008. Reply to the discussion of Sano et al. *Cretaceous Research* 29 : 174-181.
- Matsukawa, M., M. Ito, N. Nishida, K. Koarai, M. G. Lockley and D. J. Nichols. 2006. The Cretaceous Tetori biota in Japan and its evolutionary significance for terrestrial ecosystems in Asia. *Cretaceous Research* 27 : 199-225.
- Matsukawa, M., K. Koarai, M. Fukui, K. Suzuki, Y. Ogawa, S. Kikukawa, M. Kometani and T. Hamuro. 2008. A gigantic ammonite from the Upper Jurassic Arimine Formation of the Tetori Group, Japan. *Bulletin of the Tateyama Caldera Sabo Museum* 9 : 1-10.
- 松川正樹・中田恒介. 1999. 手取層群の分布域中央部の層序と堆積環境の変遷：非海生軟体動物化石群集に基づいて. 地質学雑誌 105 : 817-835.
- 松川正樹・西田尚央・小荒井千人・林 慶一・青野宏美・伊藤 慎. 2003. 福井県の九頭竜川上流地域東部の手取層群の層序と白山周辺地域の手取層群との比較. 東京学芸大学紀要 第4部門 数学・自然科学 55 : 191-200.
- Matsumoto, T. 2012. Geology of the Hida Gaien Belt in the upper Kuzuryu-gawa River area in Ono City, Fukui Prefecture, Central Japan. *Resource Geology* 62 : 384-407.
- 松岡廣繁・平澤 聡・イングリシ マシュー・寺島容子・楠橋 直・長谷川善和. 2009. 前期白亜紀における“カプトガニのボンベイ遺跡”：石川県白山市瀬戸野（下部白亜系手取層群）の *Kouphichnium* 生痕化石群の概要. 化石研究会誌 141 : 62-75.
- Matsuoka, H., N. Kusuhashi, T. Takada and T. Setoguchi. 2002. A clue to the Neocomian vertebrate fauna : initial results from the Kuwajima "Kaseki-kabe" (Tetori Group) in Shiramine, Ishikawa, central Japan. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyoto University, Series of Geology and Mineralogy*, 59 : 33-45, pls. 1-8.
- Narita, Y. 1990MS. General Geology of the Jurassic Tetori Group around the Nakatatsu Mine. Third grade thesis (Shinkyu Ronbun). Geology Department, School of Science, University of Tokyo. 34 pp. 4 figs.
- Nishida, N., A. Shirai, K. Koarai, K. Nakada and M. Matsukawa. 2013. Paleoeology and evolution of Jurassic-Cretaceous corbiculoids from Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 369 : 239-252.
- 大石三郎. 1933. 手取統, 特にその化石帯に就いて (1). 地質学雑誌 40 : 617-644.
- 大藤 茂. 1998. 横すべり場における手取層群堆積盆の形成. 日本地質学会第105年学術大会講演要旨 : 233.
- Otoh, S. 1998. Late Jurassic to Early Cretaceous Tectonic Inversion in Eastern Margin of Asia ; pp. 19-36 in Y. H. Kim (ed.), *International Symposium on Earth and Environmental Sciences, Basic Science Research Institute of Gyeongsang National University, Jinju*.
- 大藤 茂・丹羽正和・東田和弘・青山正嗣・松本孝之. 2004. 飛騨外縁帯九頭竜地域の剪断帯群概報. 地質学雑誌 110 : 598-607.
- Otoh, S., K. Tsukada, K. Kasahara, K. Hotta and M. Sasaki. 2003. Outline of the shear zones in the Hida Marginal Belt. *Memoir of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum* 2 : 63-73.
- 酒井佑輔・伊藤 剛・茨木洋介・吉野恒平・石田直人・梅津 暢・中田健太郎・松本明日香・日野原達哉・松本健・松岡 篤. 2012. 新潟県糸魚川地域の境川右岸の手取層群水上谷層の岩相と層序. 糸魚川市博物館研究報告 3 : 1-11.
- Sano, S., K. Kubota and A. Yabe. 2008. "The Cretaceous Tetori biota in Japan and its evolutionary significance for terrestrial ecosystems in Asia" [Cretaceous Research 27 (2006) 199-225] — Discussion. *Cretaceous Research* 29 : 168-173.
- Sato, T. 1962. Études biostratigraphiques des ammonites du Jurassique du Japon. *Mémoires de la Société Géologique de France, Nouvelle Série, Mémoire no. 94* : 1-122, pls. 1-10.
- Sato, T. 1964. Le Jurassique du Japon - zones d'Ammonites. *Comptes Rendus et Mémoires, Colloque du Jurassique, Luxembourg, 1962* : 885-896.
- 佐藤 正. 2008. 手取層群アンモノイトの総括的リスト. 財団法人深田地質研究所年報 9 : 79-107.
- 佐藤 正・浅見照子・蜂矢喜一郎・水野吉昭. 2008. 岐阜県庄川上流御手洗層からベリアシアン（白亜紀前期）アンモノイト *Neocosmoceras* の発見. 瑞浪市化石博物館研究報告 34 : 77-80.
- 佐藤 正・蜂矢喜一郎・水野吉昭. 2003. 岐阜県庄川村の手取層群から産出したジュラ紀末期-白亜紀初期アンモノイト. 瑞浪市化石博物館研究報告 30 : 151-167.

- Sato, T., M. Goto, M. Fujita and Y. Tanaka. 2012. Late Jurassic ammonites from the Tetori Group in Arimine area of Toyama Prefecture, northern Central Japan. *Bulletin of the Toyama Science Museum* 36 : 1-8.
- Sato, T., and G. E. G. Westermann. 1991. Japan and South-East Asia : pp. 81-108 *in* G. E. G. Westermann and A. C. Riccardi (eds.), *Jurassic Taxa Ranges and Correlation Charts for the Circum-Pacific, Part 4. Newsletter on Stratigraphy* 24, Berlin and Stuttgart.
- Sato, T., and T. Yamada. 2005. Early Tithonian (Late Jurassic) ammonite *Parapallasiceras* newly discovered from the Itoshiro Subgroup (Tetori Group) in the Hida Belt, northern Central Japan. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 81 : 267-272.
- 下野谷豊一・高橋芳夫. 1990. 図録福井県産アンモナイト. 福井市立郷土自然科学博物館, 福井, 74 pp.
- 相馬恒雄・丸山茂徳・松島健一郎・山本誠・松本謙一. 1983. 飛騨外縁帯西部地域のオリストストロームとその造構論的意義. *富山大学教育学部紀要* 31 : 13-23.
- 竹内 誠・滝沢文教. 1991. 飛騨山地薬師岳地域の手取層群の堆積環境と後背地解析. *地質調査所月報* 42 : 439-472.
- 滝沢文教. 1980. 飛騨外縁帯北東縁部の中生界 (予報). *総合研究飛騨外縁帯研究報告* 1 : 59-63.
- 滝沢文教. 1988. (3) 中生界 : pp. 10-12, I 日本の地質『中部地方 I』編集委員会 (編), 日本の地質 4: 中部地方 I. 共立出版, 東京.
- Tashiro, M. 1994. On some selected bivalve fossils from various localities of Cretaceous strata in Japan. *Memoirs of Faculty of Science, Kochi University, Series E, Geology*, 15 : 7-19, pls. 1-2.
- 田代正之. 1994. 日本の白亜紀二枚貝相 Part 2 : 四万十帯、飛騨・三郡帯、東北・北海道の白亜系. *高知大学学術研究報告 自然科学編* 43 : 1-42.
- 富田 覚・竹内 誠・横田秀晴・常盤哲也. 2006. 飛騨外縁帯北東縁部に分布する手取層群の層序と地質構造. *日本地質学会第 113 年学術大会講演要旨* : 179.
- 富山県教育委員会. 2003. 富山県の手取層群 - 手取層群調査事業基礎調査成果資料集. 富山県, 109 pp.
- Tsujimori, T. 1995. Staurolite-bearing sillimanite schist cobble from the Upper Jurassic Tetori Group in the Kuzuryu area, Hida Mountains, central Japan. *Journal of the Geological Society of Japan* 101 : 971-977.
- Tsukada, K. 2003. Jurassic Dextral and Cretaceous Sinistral Movements Along the Hida Marginal Belt. *Gondwana Research* 6 : 687-698.
- 束田和弘・竹内 誠・小嶋 智. 2004. 飛騨外縁帯の再定義. *地質学雑誌* 110 : 640-658.
- 若林健介・佐藤 弘. 1966. 中竜鉾山北部鉾床群の地質構造規制と鉾床探査について. *鉾山地質* 16 : 161-171.
- 脇本晃美. 2000MS. 福井県九頭竜地域の地質と化石. 富山大学理学部地球科学科卒業論文. 100 pp.
- Wright, C. W., J. H. Calloman and M. K. Howarth. 1996. Cretaceous Ammonoidea : pp. 1-277 *in* R. L. Kaesler (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part L, Mollusca 4, Revised, Cephalopoda, Ammonoidea*. Geological Society of America Inc. and University of Kansas Press.
- Yamada, K. 1967. Stratigraphy and Geologic Structure of the Paleozoic Formation in the Uper Kuzuryu River District, Fukui Prefecture, Central Japan. *Science Reports of the Kanazawa University* 12 : 185-207.
- 山田一雄・尾崎金右衛門・加藤 誠・吉田慎太郎・小西 優. 1958. 福井県大野郡和泉村の古生層について. *地質学雑誌* 64 : 691.
- 山田一雄・丹羽 茂・鎌田雅道. 1989. 福井県九頭竜川上流地方の手取層群の層序と岩相変化. *地質学雑誌* 95 : 391-403.
- Yamada, T., and K. Uemura. 2008. The plant fossils from the Kaizara Formation (Callovian, Jurassic) of the Tetori Group in the Izumi district, Fukui Prefecture, Central Japan. *Paleontological Research* 12 : 1-17.
- 山田敏弘・守嶋 輝・松本みどり. 2008. 福井県足羽川地域に分布する上部ジュラ〜下部白亜系手取層群の層序. *福井県立恐竜博物館紀要* 7 : 83-89.
- 山田敏弘・横山一巳・梶座圭太郎. 2005. 砂岩中の碎屑性粒子の化学的特性に基づく足羽川地域の手取層群の層序対比. *日本地質学会第 112 年学術大会講演要旨* : 227.
- 横山又次郎. 1902. 越前産のアンモナイトに就て. *地質学雑誌* 9 : 387-390.
- Yokoyama, M. 1904. Jurassic ammonites from Echizen and Nagato. *Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo, Japan* 19 : 1-17, pls. 1-4.