

富山県黒部峡谷における鍾乳洞の地球科学的総合解析

柏木健司（富山大学）

はじめに 石灰岩洞窟は、第四紀の過去数十万年間における、その周辺地域からさらには東アジア地域の広範囲に及ぶ、地球環境の変遷に関する情報を様々な形で記録している。以上の観点から、本研究課題では、極めて情報に乏しい黒部峡谷下流域の鐘釣地域(図1)の石灰岩洞窟を対象に、石灰岩洞窟の分布確認と記載を行った。以下では、平成21年度の研究成果のうち、主要な部分について記述する。

研究手法 鐘釣地域の地質調査に際しては、まずは関係省庁に許可申請を行い、全ての許可が通った段階で現地調査を開始した。鐘釣地域には、飛騨外縁帯に属する石灰岩体とそれに貫入する花崗岩類が露出する(加納, 1989)。地表地質踏査を石灰岩体とその周辺を中心に実施し、石灰岩と花崗岩の岩相分布と地質関係、および石灰岩洞窟の分布を把握した。さらに、代表的な岩相については拳大の試料を採取し、岩石薄片を作成して岩相確認を行った。

石灰岩洞窟は、露頭スケッチとともに洞口の形態、延長等を記載した。また、一部の石灰岩洞窟を対象に、洞内堆積物の粒度分析と花粉分析、および哺乳類遺体の同定を実施した。



図1. 鐘釣地域の位置。

調査成果

-1. 地層分布と地質構造

鐘釣地域の地質は、南北走向に伸びる石灰岩とその周囲の花崗岩類からなる。石灰岩は、初生的な堆積構造を全く残さない結晶質石灰岩で、南北走向で急傾斜する面構造が密に発達する(図2)。

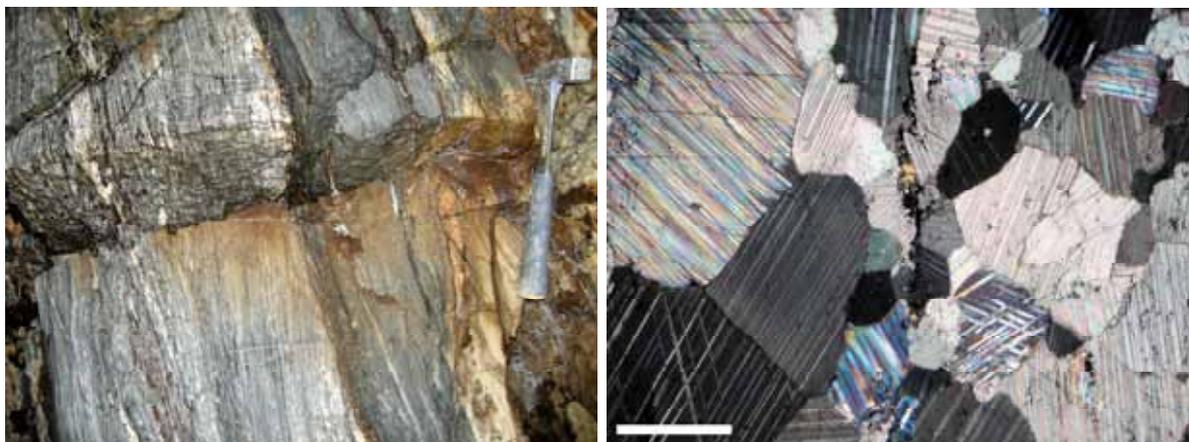


図2. 結晶質石灰岩の産状。左) 石灰岩中の面構造。E-1 洞窟洞壁。洞窟中の溶食が進行している壁面では、しばしば岩相や地質構造が明瞭に観察できる。右) 石灰岩の偏光顕微鏡写真。スケールは0.5 mm。

多数の岩脈（花崗岩・流紋岩）が石灰岩中に認められる．厚さ約 8 m の流紋岩岩脈は東西走向急傾斜で伸び、石灰岩との境界部付近では流理構造が明瞭に発達する．層厚数十 cm の花崗岩岩脈は、石灰岩との接触部付近で層厚数 cm の急冷周縁相を形成する．



図 3．節理の産状．左) 石灰岩中の低角節理群．右) 流紋岩中の系統的節理群．

-2. 節理

低角節理が、石灰岩中に密に発達する．その間隔は、数 mm～数 cm ないしそれ以上と様々であり、節理面に沿って一部で岩盤の著しい軟質化が認められる．これら低角節理は、後述するようにシーティング節理と判断される．一方、流紋岩岩脈中には数十 cm 間隔で系統節理群がみられる（図 3）．

-3. 石灰岩洞窟

調査地域の 7 地点で石灰岩洞窟を確認し、そのうちの 4 地点（地点 A, B, C, D）を対象に予察調査を実施した．残りの 3 地点（E, F, G 地点）は、急崖斜面に位置し調査に SRT 技術が必須なことから、十分な調査を実施出来ていない．そのため、来年度以降に詳細な検討を行う予定であるが、E 地点の E-1 洞窟のみ概略的な記載を記す．以上の石灰岩洞窟の産状例を図 4 に示す．なお、本報告書では具体的な位置や地名への言及を避ける．

A-1 洞窟：黒部川現河床付近に位置する．洞窟は、その底辺を同一の低角節理に沿って三か所に発達する（図 4-1）．このうち、最も上流側の A-1 洞窟は内部で分岐し、洞口付近の洞床は砂質堆積物で埋められている．この砂質堆積物は、位置関係から黒部川現河床堆積物の一部である．

B-1 洞窟：黒部川現河床から比高差約 35 m 付近に位置する．洞口は、低角節理で下限を画されている（図 4-2）．全長 5 m 以上で、洞壁には流れ石がみられる（図 4-3）．平面図と断面図を図 5 に示す．

C-4 洞窟：黒部川現河床から比高差約 50 m 付近に位置する．洞窟の長さは約 7 m 以上である．低角節理で下限を画される洞口には、5 ないし 6 段階のノッチが認められ、洞内は下位から上位へ粘性土層と礫混じり砂層で充填されている．また、堆積物の表面は厚さ数 cm の二次生成物で覆われている．未固結の礫混じり砂層が、浸食されることなく洞内に保存された一因として、二次生成物による堆積物表面の固定が重要な役割を果たしていると考えられる．なお、礫混じり砂は淘汰良好で成層する粗粒砂～極粗粒砂からなり、亜円礫～円礫を多く含むなど、流水の影響下における河川堆積物の特徴を有している．

本研究では、石灰岩洞窟の形成年代を把握する目的で、粘性土中の花粉分析を実施した．光学顕微鏡



4-1) A-1 洞窟 . 4-2) B-1 洞窟の洞口 . 4-3) B-1 洞窟の洞内平面に発達する流れ石 .



4-4) C-4 洞窟の洞口 . 4-5) C-4 洞窟の洞内の産状 . 4-6) C-9 洞窟内部のスカラップ .



4-7) D-1 洞窟中の哺乳類遺体の産状 . 4-8) D-1 洞窟中のコキクガシラコウモリ . 4-9) E-1 洞窟 .

図 4 . 鐘釣地域における石灰岩洞窟の産状の例 .

下 200 倍でプレパラートを概観すると，一見して 100 μm を超える長さの植物片が多く観察される．また，土壤菌などの孢子も多く含まれている．確認される花粉粒は 7 種類（スギ属，アカガシ亜属類似，カヤツリグサ科，アカザ科・ヒユ科，セリ科類似，キンポウゲ科，ヨモギ属）でありこのうちヨモギ属の含有量が多い．産出花粉化石は全て現生種であり，年代決定に有効な絶滅種の産出は確認できなかった．

C-9 洞窟：C-4 洞窟とほぼ同じ標高に位置する．洞口と洞内は著しく狭く入洞は不可能である．洞口から洞内を観察したところ，天井部分に洞内から洞口への流れを示すスカラップが認められる．

C-10 洞窟：黒部川現河床から比高差約 42 m 付近に位置する．洞床は礫混じり砂層で埋められている．洞窟の長さは 5 m 以上である．なお，礫混じり砂は淘汰良好かつ成層する

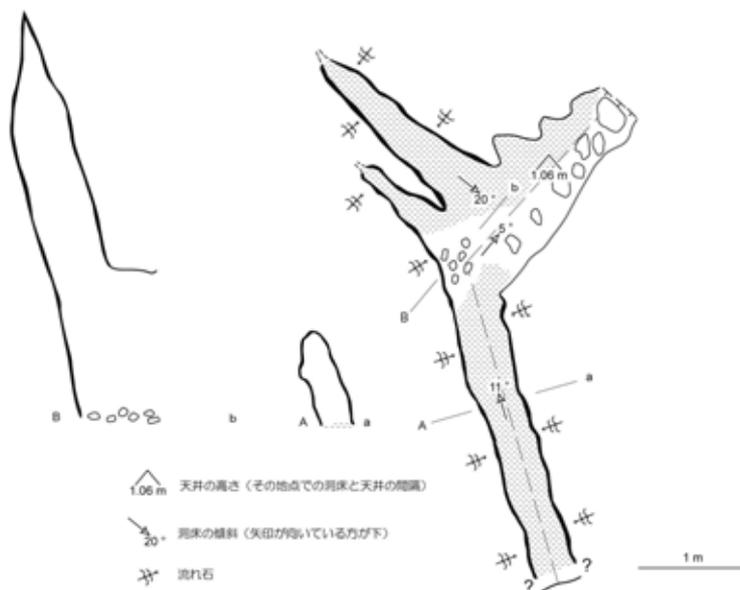


図 5 . B-1 洞窟の平面図 .



図 6 . C-4 洞窟から産した花粉化石 . 左) 全体の産状 . 中央) アカガシ亜属 . 右) スギ亜属 .

粗粒砂～極粗粒砂からなり、垂円礫～円礫を多く含むなど、河川堆積物の特徴を有している。

D-1 洞窟：黒部川現河床から比高差約 70 m 付近に位置する。現在、鐘釣地域で確認している最大の洞窟であり、約 20 m 長の横穴部分と深さ約 14 m 以上の横穴奥の縦穴部分からなる。洞口付近では、支洞が崩落岩塊の隙間に沿って下方に伸びる。支洞沿いには二次生成物である洞窟サンゴが所々にみられ、最奥では哺乳類遺体が確認される（図 4-7）。哺乳類遺体は、左右の大腿骨、左脛骨、および胸椎と腰椎を含む。形状の特徴から、ニホンカモシカの骨体と判断される。また、コキグガシラコウモリを確認している（図 4-8）。D-1 洞窟の測量と縦穴部分の調査は、来年度の最重要課題である。

E-1 洞窟：急崖の中腹に開口する。黒部川現河床からの比高差は、およそ 100m 程度と思われるが、正確な計測値を得ていない。洞口に径 10m 前後の広い空間があり（図 4-9）、左右から支洞がさらに 10 m 程度伸びている。

・考察

-1. 調査手法 調査データの精度は、データそのものの精度とともに、正確な位置情報が要求される。兩岸の切り立つ急崖地形をなす黒部峡谷では、地形の特徴から地形図上に正確な位置を落とすことは簡単ではなく、GPS による位置情報の取得も衛星を捉えられず困難である。鐘釣地域の石灰岩洞窟の調査に際しては、標高差で±1～2 m 程度の精度の位置情報が要求される。そこで、斜距離、水平距離および角度の 3 要素を測定可能なニコンフィールドスコープを導入し、クリノメーターを併用した方向情報と合わせ、より正確な位置情報の取得を試みた。これにより、とくに黒部川現河床との比高差については、標高差で±1～2 m 程度の精度での把握が可能になった。一方、クリノメーターでの方向の読み取りは目視であり、常に数度程度の誤差が伴うことが予想される。そのため、距離が長くなればなるほど、ニコンフィールドスコープとクリノメーターの併用のみによる位置情報の決定では、誤差が大きくなると判断される。より正確な位置情報の取得を、来年度以降の野外調査においても常に検討する必要がある。

-2. 石灰岩洞窟の形成場 鐘釣地域の石灰岩洞窟の大部分は、洞口の底辺が低角節理面に沿う形態を持つ。B-1 洞窟付近では、低角節理に沿って様々な大きさの窪みから洞窟と呼べる空間の発達が段階的に認められる。このことは、洞窟の形成場として低角節理が重要な役割を果たし、かつ急崖表面から洞

窟が次第に岩盤内部に成長していくことを示唆している。

低角節理は、その形態からシーティング節理と判断される。シーティング節理は、浸食等による上載荷重の除去と応力開放に伴い、岩盤内部に地表面に平行～準平行に発達する割れ目である（千木良，2002）。黒部峡谷を含む飛騨山脈北部では、第四紀の約150万年以降、数mm～十数mm/年の速度での隆起が推定されている（例えば、及川・和田，2004）。石灰岩洞窟の形成場がシーティング節理に規制される産状は、著しい隆起浸食地域である黒部峡谷の第四紀テクトニクスを反映しているといえる。

-3. 黒部峡谷の第四紀テクトニクス C-4 洞窟と C-10 洞窟中には、礫混じり砂層がみられる。この礫混じり砂層は、淘汰良好の粗粒～極粗粒砂からなり、円礫～亜円礫を含むなどの層相に基づくと、河川堆積物と判断される。これらの河川堆積物の起源として、黒部川表流水起源と地下河川起源の二つが考えられる。以下、これら2仮説について検討する。

黒部川表流水起源を支持する例として、黒部川河床付近の A-1 洞窟の産状が挙げられる。黒部川河床付近の A-1 洞窟は、黒部川による河川堆積物により洞床が埋められている。現在、A-1 洞窟中の堆積物は水分を含み極めて軟質で、容易に浸食流出される状態にある。しかし、離水後に堆積物の表面が二次生成物で覆われれば、堆積物が長期にわたり保護される可能性は十分にある。C-4 洞窟の堆積物は、表面に薄い二次生成物が覆われることで、風化や浸食の影響から長期間にわたり隔離されてきたと考えられる。また、飛騨山脈北部における第四紀以降の隆起傾向（及川・和田，2004）も、この仮説を後押しする材料となりうる。しかし、黒部川表流水起源では洞口に発達するノッチの存在を合理的に説明することは難しく、次に述べる地下河川起源の可能性が高いと考えている。

地下河川起源を指示する証拠としては、C-4 洞窟の壁面にみられる5ないし6段階のノッチが挙げられる。ノッチは、地下河川の安定期における側方浸食と間欠的な下方浸食の繰り返しにより形成される浸食構造である。また、C-4 洞窟近傍の C-9 洞窟の天井には、洞口へ向かう流れを示すスカラップが発達する。スカラップも、ノッチと同様に流水による浸食の痕跡である。故に、C 地点における C-4 洞窟と C-9 洞窟の形成において、地下河川の役割は重要と判断される。地下河川による堆積物は、石灰岩洞窟において普遍的に存在する。例えば、紀伊半島東部の三重県大紀町の阿曾カルスト中に位置する霧穴では、非石灰岩質の円礫や亜円礫を含む礫層が発達し（柏木ほか，2009）、その層相は地表を流れる河川堆積物により形成される礫層と見分け難い。

C-4 洞窟中の堆積物の起源については、今後、洞内における堆積物の連続性を把握する等、より多くのデータを基に議論する必要がある。とくに、地下河川起源であれば堆積物を掘り進むことで、さらに奥で広い空間が展開している可能性がある。この点については、来年度以降の詳細調査で解決していきたい。

-4. 黒部峡谷の哺乳類相の変遷 本研究の目的の一つに、黒部峡谷における過去から現在に至る哺乳類相の変遷の復元がある。そのための試料として、洞窟から産する過去の哺乳類遺体の検討が必須である。今回、E-1 洞窟の支洞奥からニホンザル遺体を回収した（図7）。資・試料は十分ではないものの、現在までに得ている資料をもとに現状を分析し、今後の方針を示したい。

黒部峡谷における現生哺乳類としては、ニホンカモシカ、ツキノワグマ、キツネ、テン、オコジョ、およびキクガシラコウモリなどが挙げられる（長井，2004）。また、柏木は宇奈月町手前の県道におい

てイタチの轢死体を回収している。今回、E-1 洞窟から回収したニホンザル遺体は、黒部峡谷における現生哺乳類相と矛盾しない。一方、洞窟産であることから、数百～数千～数万年前に遡る過去の遺体である可能性も残されるが、二次生成物による被覆や硬化が認められないことから、それほど古い遺体ではないと判断している。なお、平成 22 年度に本試料を用いて炭素 14 年代測定を実施する予定である。また、E-1 洞窟奥の竪穴部分において、新たな哺乳類遺体を回収できる可能性がある。今後、黒部峡谷に点在する石灰岩洞窟から哺乳類遺体を採取して、哺乳類相の時空間的変遷を明らかにしていきたい。



図 7 . D-1 洞窟産の哺乳類遺体 .
スケールは 1 cm .

謝辞：瀬之口祥孝君には、富山大学理学部地球科学科の 2009 年度卒業論文を通して、本調査研究全般を手伝って頂いた。花粉分析は文化財調査コンサルタント株式会社（島根県松江市）の渡邊正巳博士に、堆積物の粒度分析は中部地質株式会社（石川県金沢市）の伊藤清春氏に依頼した。滋賀県多賀町立博物館の阿部勇治博士には、D-1 洞窟産の哺乳類遺体の同定に際してご助言を頂いた。本研究の一部に、平成 21 年度日本海学研究グループ支援事業からの助成金を使用した。以上の方々に心から感謝します。

参考文献

- 千木良雅弘，2002，群発する崩壊 - 花崗岩と火砕流 - . 近未来社，228p .
- 加納 博，1989，黒部川流域における宇奈月帯・飛騨外縁帯の南方延長 - 花崗岩体中のゼノリス類の分布と産状 - . 地質学論集，no. 33，11-20 .
- 柏木健司・高木まり糸・阿部勇治・酒徳昭宏・田中大祐，2009，紀伊半島東部の石灰岩洞窟の霧穴から産した哺乳類遺体とその炭素 14 年代（予報）. 福井県立恐竜博物館紀要，no. 8，31-39 .
- 長井真隆（監），2004，黒部川物語 2004 年<増補版> . ハート工房，117p .
- 及川輝樹・和田 肇，2004，飛騨山脈北部における 1Ma 頃の急激な隆起 - 北部フォッサマグナ西縁，居谷里層の礫組成を指標として - . 地質学雑誌，110，528-535 .