

ポットホールの広域節理による構造規制： 和歌山県古座川町「滝の拝」の例

木村克己・金子 誠

深田地質研究所

Structural control of potholes by regional joints:
a case of Taki-no-Hai in Kozagawa Town, Wakayama Prefecture

KIMURA Katsumi, KANEKO Makoto

Fukada Geological Institute

要旨：和歌山県古座川町の「滝の拝」にて、小川の岩盤テラスに発達するポットホールを対象に実施したドローン撮影と現地調査に基づいて、ポットホールの特徴を記載し、その地質構造規制について考察した。「滝の拝」の延長 200m の岩盤テラスには、伊藤（1979）の分類による溝穴型とスプーン型の両ポットホールが平行配列をなして広がっている。溝穴型は、ブラッキングによるスプーン型の累積により形成された産状を呈する。溝穴型は河道方向の広域節理を密接に伴い、その伸長方向は同節理の走向に平行している。岩盤テラスには直交する 2 方向の広域節理が発達し、それらの走向は湾曲する河道の方向に符合するように変化する。以上の事実から、洪水流によるブラッキングで溝穴型のポットホール群が節理の走向に沿って形成され、その微地形が節理による河道方向の構造規制を導いたと考えられる。

キーワード：滝の拝，ポットホール，熊野層群，節理，構造規制

Abstract: Based on drone photography and field surveys conducted at Taki-no-Hai in Kozagawa Town, Wakayama Prefecture, we described the characteristics of potholes occurring on the rock terrace along the Kozagawa River and examined the geological structural control on the direction of their extension. On the 200-meter-long rock terrace at Taki-no-Hai, gouge-type and spoon-type potholes, classified by Ito (1979), are arranged in a parallel array. Two orthogonal directions of joints are developed on the rock terrace, and their strikes align with the meandering river channel. The gouge-type potholes exhibit a formation resulting from the accumulation of spoon-type potholes. These gouge-type potholes are closely associated with joints in the river channel direction, and their extension direction aligns with the strike of the joints that run parallel to the river channel direction.

From these facts, it is considered that the gouge-type potholes were formed along the strike of the joints by plucking caused by flood flows running through the rock riverbed, and that this microtopography led to structural control of the river channel direction by the joints.

Key words: Taki-no-Hai, potholes, Kumano Group, joints, structural control

1. はじめに

国内のポットホールは、伊藤（1979）によって、日本各地の例が紹介されるとともに、ポットホールの形状の記載と分類、形成機構の説明がなされた。伊藤（1979）は、Alexander（1932）による河流の主な流動形式によって岩盤河床のポットホールを分類して、面状流（sheet flow）で生じるポットホールの基本型として、岩石の小型の節理に沿って削摩されて形成された皿型をなすやや細長いスプーン型、および岩盤の節理や層理に沿って細長く溝状に掘削された溝穴型（gouge hole: Alexander, 1932）をあげた。そして後者は前者が連続して生成したものと考えている。渦動流（spiral circuits）によるものでは、立体的な甌様の垂直の穴をなす甌穴型、およびその特殊型で谷壁にできる釜穴型と淵型をあげ、そして円筒流（cylindrical circuits）によるものとしては、滝壺型をあげている。また、これらが複合したものとして蜂巢型や二つの甌穴が隣接したひょうたん型をあげている。なお、これらのポットホールでは、甌穴型がポットホールの名に最もふさわしい形状であると指摘している。

本論では、伊藤（1979）にならって、ポットホールの名称を河流による侵食穴の総称とし、個々の名称には伊藤（1979）の分類名称を用いる。

伊藤の研究以後、国内でのポットホールに関する地形学的研究は少ないが、世界的には地形学において、ポットホールは河川による岩盤侵食が隆起と気候変化に応じた陸域地形形状の変化速度を制御する鍵として重視され（Howard et al., 1994 ほか）、その形成メカニズムや岩盤河床の侵食プロセスに関して議論されている（Whipple et al., 2013 ほか）。

河流による岩盤河床の侵食様式としては、一般

に摩耗、ブラッキング（剥ぎ取り）、打撃、溶食があるが、これらのうち節理が発達した岩盤河床ではブラッキングによる侵食が極めて効果的であると指摘されている（Whipple et al., 2000）。ポットホールが岩盤の節理・断層破碎帯、鉱脈に沿って形成されている事例は国内外で記述されている（伊藤, 1979; 鈴木・青木, 1996; 八釜調査委員会, 1984; Lorence et al., 1994）。しかし、河川環境、基盤岩石の種類、そしてポットホールのタイプに応じた節理の構造規制の特性についてはより検討を深める必要があると考えられる。

研究対象とした和歌山県東牟婁郡古座川町小川の字「滝の拝」（図1）では、古座川支流の小川（こがわ）の岩盤河床に、延長200m程にわたって大小さまざまなポットホールが発達しており、和歌山県の天然記念物に指定され、南紀熊野ジオパークのジオサイトにもあげられている。「滝の拝」には、ポットホールにちなむ民話『滝之拝太郎』の伝承もある。

岩盤の地質は熱水変質をうけて白色硬化した

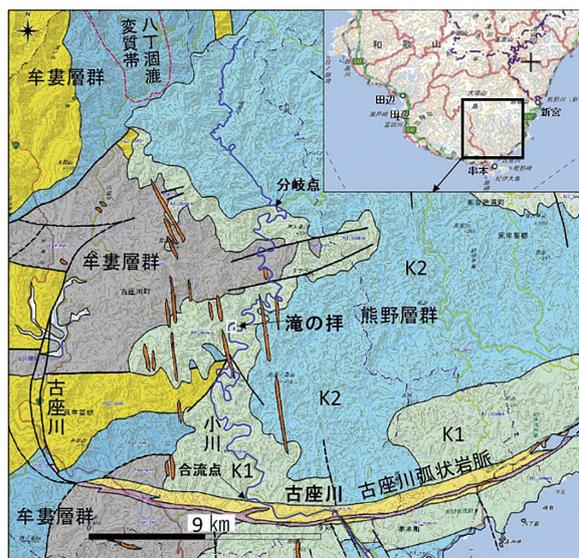


図1 調査地域周辺の地質概略図と位置図。青線：小川の河道，K1-K2：熊野層群（K1：下里累層，K2：敷屋累層）（地質図の出典：産総研〈2023〉，地形概略図：国土地理院の標準地形図）。

熊野層群の成層砂岩が卓越する。主な構造面として、密に発達する直交する2系統の節理と緩く傾斜する砂岩の層理面が認められる。この地点のポットホールに関する報告書や論文はこれまでにない。

本論文では、「滝の拝」における小川の岩盤テラスに広がるポットホール群について、2024年3月19日に実施したドローン撮影画像と現地調査に基づいて、岩盤テラス一面に発達するポットホールの大部分が溝穴型とスプーン型のポットホールであること、その帯状配列の方向は洪水流の流動方向に調和する節理の走向に規制されていることを明らかにする。以下、これらの内容を記述する。

2. 地形・地質概要

「滝の拝」は古座川左支川の小川の中ほどに位置する。小川を含む古座川沿いの区域および將軍山南部を中心とする森林区域は、「古座川県立自然公園」に指定されている(和歌山県, 2019)。小川は、熊野川水系との分水嶺をなす山頂(標高640m)を源流とし、開析の進んだ山地を流れる穿入蛇行河川であり、河口近くの位置で古座川に合流する。小川の全長は約41kmで、流域面積は100km²である。主な支川や谷に、成見川、宇筒井川、猿川谷がある。古座川上流には1956年に洪水調節と発電を目

的に建設された七山ダムがあるが、小川沿いにはダムはない。

小川の河床縦断面図を図2に示す。なお、下流より約30km地点の分岐点で、小川本川の右支川の成見川沿いにルートをとっている(図1)。図2において顕著な遷急点(標高420m)が源頭部から1.4kmの地点にあり、その上流はやや緩い起伏の古地形面を開析した舟底形状の谷底をなす。遷急点から下流では、遷急点から続く急峻な勾配の区間(700m長)を除くと、比較的ゆるやかな傾斜を示し、分岐点から古座川出合までの下流区間は勾配1/222で一定している。古座川出合から河口までの古座川の河床勾配は1/1100である。「滝の拝」は古座川出合から上流に向かって16.0km付近に位置しており(図2)、そのすぐ上流で右支川の宇筒井川が合流する(図3)。

Google Earth Proの過去の履歴で最も鮮明な状況を記録している2018年5月11日の衛星画像に基づくと、小川の河床は、古座川出合から15.4kmまで(古座川町小川の長地区)は、攻撃斜面にわずかに岩盤の露出が認められるだけでほとんど砂礫洲が交互する砂礫河床の様相を呈している。同地点から「滝の拝」までの距離600mの区間に、連続する岩盤テラスが出現する。より上流では、30kmの分岐点まで河道縁辺に岩盤河床が砂礫洲を交えながら、断続的に出現する。分岐点より上流では河道幅が

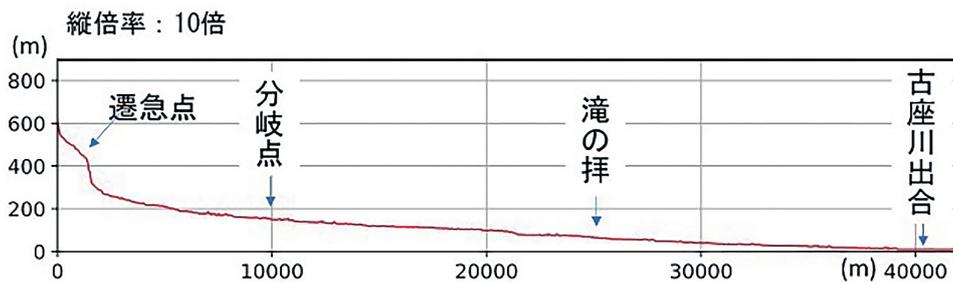


図2 小川の河床縦断面図。国土地理院の10mDEに基づきQGISで作図。

狭くなり河床の状況は不明である。

小川の基盤岩の大半は中期中新世の熊野層群からなる。分岐地点までの下流区間の基盤岩は熊野層群下部の下里累層（久富，1981）に対比され，多数の北北西方向の石英斑岩脈の貫入を受けている（立石ほか，1979；徳岡ほか，1982）。下流区間は熊野酸性火成岩類に属する古座川弧状岩脈（立石ほか，1979）に隔てられた熊野カルデラ（南北径 40km，東西径 20km；Miura, 1999）の範囲に含まれる。石英斑岩脈群の分布域の北北西方には，牟婁層群の砂岩・頁岩が珪化変質で硬化した八丁涸漉変質帯が幅 2.5km，北北西方に 18km 延長している（原田ほか，1967）。その南縁は牟婁層群と熊野層群との境界付近まで延長されている。しかし，同変質帯の発生源と考えられている石英斑岩脈が

熊野層群に貫入していること（図 1），そして熊野層群の砂岩が熱水変質をうけて白色硬化していることから，同変質帯はその南南東方の熊野層群にも延長するものと考えられる。

3. 「滝の拝」の岩盤河床

先に記述したとおり，Google Earth Pro の画像（図 3）を参照すると，古座川出合から上流に向かって 15.4–16.0km 区間（長地区から滝の拝地区）において，右岸沿いに幅 5–32m で岩盤テラスが一部欠如しながらも広がり，狭長な流路が左岸沿いに延びている。図 3 では岩盤テラスを縦断する幅 1–3m の溝は水域になっているが，調査を実施した 2024 年 3 月においてはその大半が離水し砂礫の河床が露出していた。

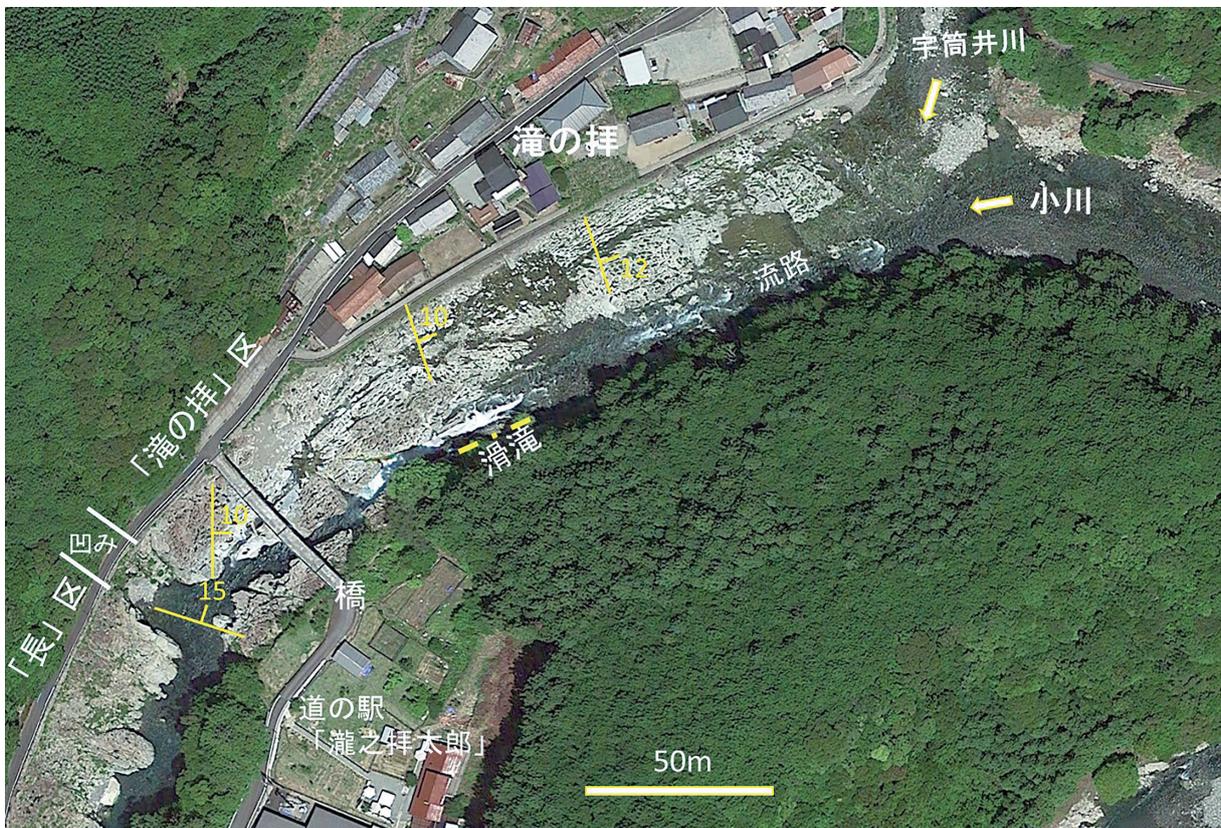


図 3 「滝の拝」周辺の 2018 年 5 月 11 日の衛星画像 (Google Earth Pro)。

ポットホールの広域節理による構造規制：
和歌山県古座川町「滝の拝」の例

3.1 「滝の拝」区と「長」区

岩盤テラスは、「滝の拝」で河道にかかる橋の手前、右岸の凹みを境に風化の度合いやポットホールの特徴が急変する。地名にちなんで同凹みから下流を「長」区(400m長)、上流を「滝の拝」区(200m長)と呼称して区別する(図3)。「滝

の拝」区がポットホールの見学地点となっている(図4)。なお、この凹みは右支谷の出合にあたる。右支谷は1974年5月の国土地理院の空中写真では土砂崩壊起源の土砂で覆われ、後に砂防工事が実施されている。図3が示す2018年の衛星画像では谷底の様子は樹木で覆われて見えなくなっ



図4 「滝の拝」区の岩盤河床を下流向きに捉えたドローン撮影画像。左岸側に岩盤テラスを下刻するゴルジュ状の流路が認められる。



図5 成層砂岩で構成される岩盤テラスと開析流路。A:「長」区の岩盤テラス, B:「滝の拝」区の岩盤テラス。白矢印:層理面,黄矢印:淵型の陥穴。

いる。

「長」区の岩盤テラスと河道の特徴を図 5A に示す。岩盤は成層砂岩で構成され、テラス面はその層理面に平行し、風化による暗灰色ないし褐色を呈している。表層部の数 10cm にはシーティング節理が形成され幾層もの剥離層が形成されている。岩盤テラスは河道方向とそれに直交ないし斜交する開口した節理で細かく刻まれ、テラスの縁は節理面で画された矩形をなすことが多い。このテラスには、Google Earth Pro の画像観察によれば、円ないし楕円形のポットホールが散在しており、下流ほどテラス面がくずれ、河道との比高が低下する傾向が認められる。

「滝の拝」区ではテラス表面は灰色ないし白色、一部は暗灰色を呈し、河道方向に延びる溝穴型のポットホールが一面に発達している。円形および楕円形の甌穴型のポットホールもわずかに認められる (図 4)。岩盤テラスでは河道方向に直交する節理が顕在化し直線状の亀裂をなしている (図 3)。

「滝の拝」区の下流端より 60m ほど上流の流路には、落差約 8m、幅 5-7m のゴルジュ状の滑滝が存在する (図 3)。流路の水面と岩盤テラスとの比高は、平常時の水位において、滑滝より上流では数 10cm 以下と小さく、水位も同程度に浅く河流は緩やかな箇所と瀬とが交互している。一方、滝を挟んで下流側では比高は急増し、岩盤テラスは水面まで比高 4-6m の崖をなし、水位は 50-100cm ほどで、河床は大礫を含む礫で埋積されている (図 5B)。

3.2 岩相と地質構造

「滝の拝」区の岩盤テラスは、厚さ 10-200cm の成層した砂岩 (図 5B) と砂岩シルト岩互層から構成され、NNW 走向で NE 方向に 10-12° 緩く傾斜した構造をなす (図 3)。堆積岩は熱水変

質をうけて砂岩は白色化、シルト岩は灰色を呈し硬化している。

3.3 断裂系と節理

「長」区から「滝の拝」区の小川沿いの岩盤テラスおよび河床に認められる節理と断裂系のトレース線を図 6A に示す。全体的な節理・断裂系の配列とその変化を把握するため、これらのトレースは、図 3 の衛星画像でも認知され、現地観察により構造面を確かめたものを選択的に表示している。構造面は、図 6B のステレオネットにその一部の面構造を大円で示したように、ほぼ垂直の傾斜を示す。

「長」区では、河道方向に近い NNE-SSW 走向とそれに直交する WNW-ESE 走向の 2 方向の節理が発達しており、右岸凹地部近傍には局所的に南北方向の節理が認められる。これらの節理は数 mm 幅で開口している。

「滝の拝」区の河道は、下流から上流にかけて NW-SE から ENE-WSW 走向へと緩く湾曲して

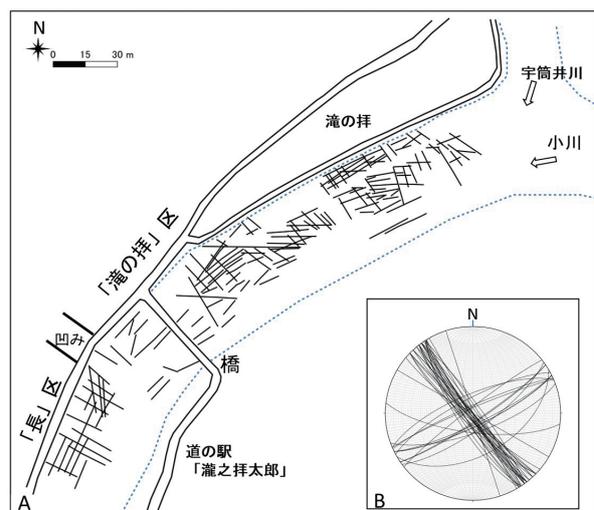


図 6 小川の「長」区・「滝の拝」区の岩盤テラスに発達する節理系。A: 節理のトレース分布。B: 節理面のステレオネット (下半球投影図)。「滝の拝」区の上流部において測定。

ポットホールの広域節理による構造規制：
和歌山県古座川町「滝の拝」の例

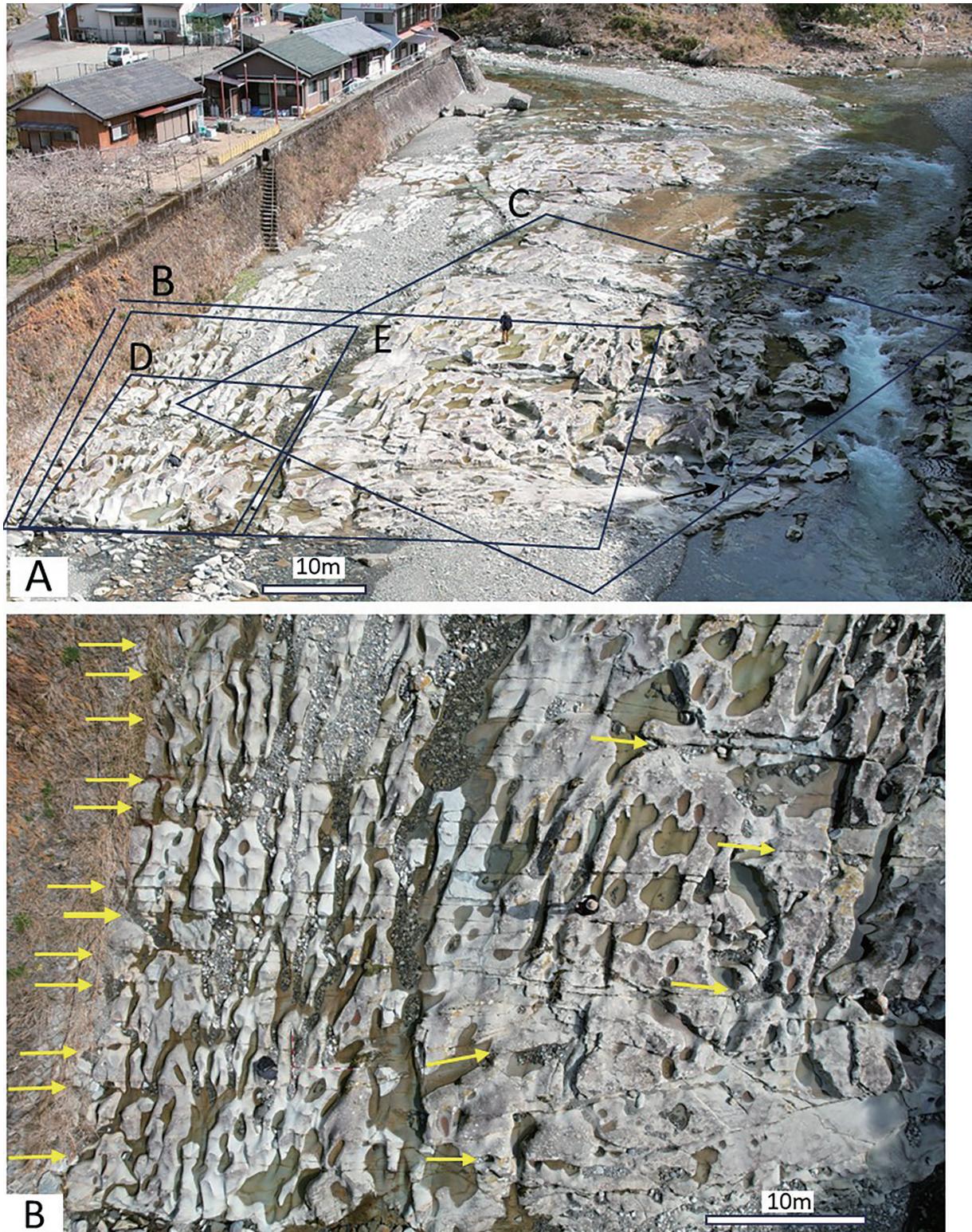


図 7-1 「滝の拝」区上流の岩盤テラスのドローン撮影画像。A：上流向きに捉えた岩盤テラスの全貌（斜め写真）。小川本流に右支川の宇筒井川（左奥）が合流している。黒矢印：人。B：オルソ画像。黄矢印：NW-SE 系の節理，白矢印：人。B の位置は，A を参照。

いるが、その方向に符合するように河道方向に平行する節理とそれにほぼ直交する節理が密に発達する。そのほか、これらの節理系を断つ東西走向の節理および断層が認められる。河道方向に直交する節理はその開口した節理面が顕在化しているが、河道方向の節理は流路沿いとその近傍の岩盤では節理面が壁面をなして明瞭であるものの、溝穴の帯状配列が発達するテラス面ではその軌跡は溝穴に隠れて明瞭ではない。

4. 「滝の拝」のポットホール

4.1 上流部の岩盤テラス

「滝の拝」区の上流部を捉えたドローンの撮影写真を図7、通常の露頭写真を図8にそれぞれ示す。なお、ポットホールの底には水がたまっているため、各写真においてはその輪郭が強調され底部が不明瞭になっている。

岩盤テラス一面に、河道方向に平行に配列す

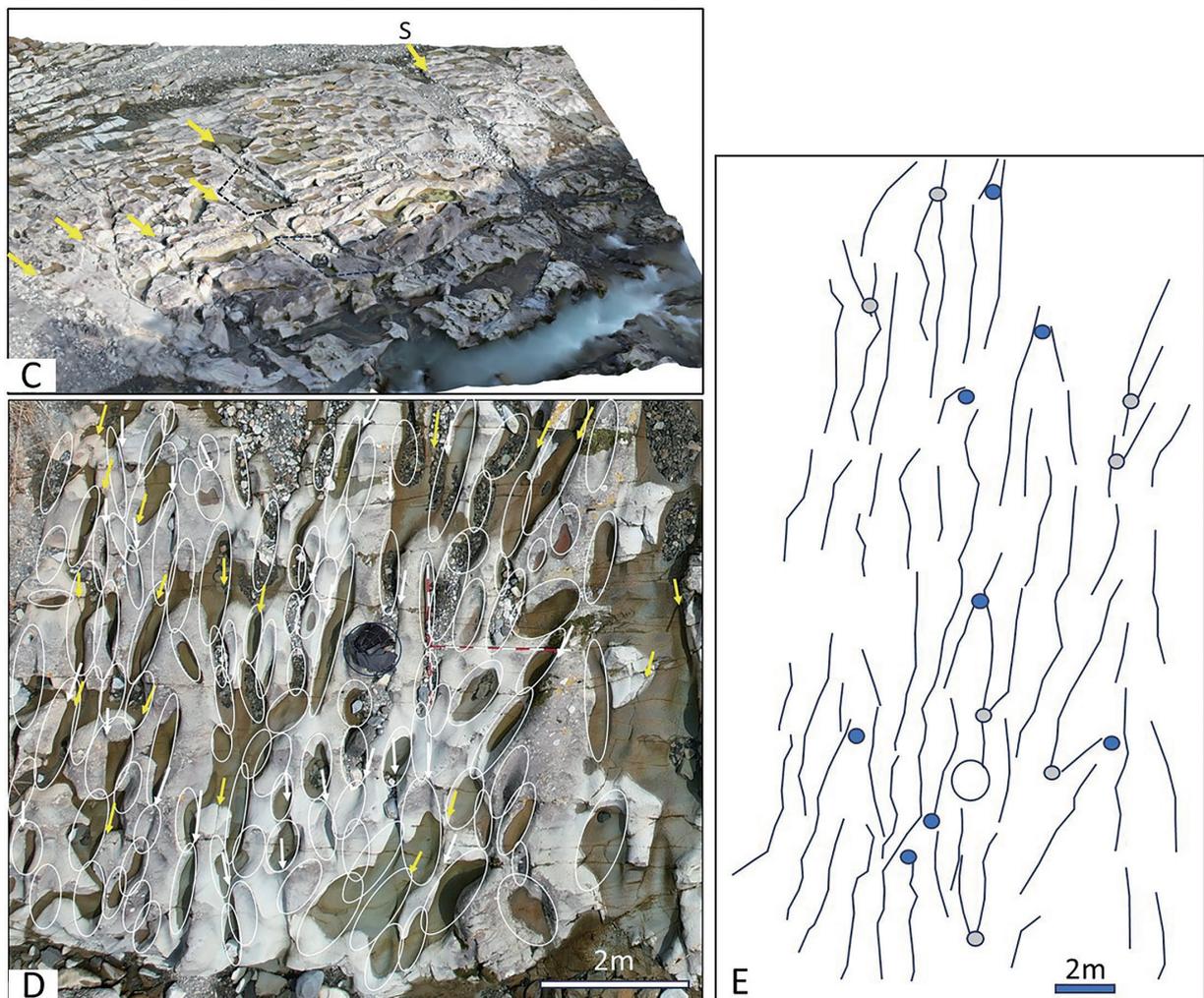


図7-2 「滝の拝」区上流の岩盤テラスのドローン撮影画像と溝穴のトレース図。
 C:3D画像モデル。黄矢印:NW-SE系の節理, 黒破線枠:本文参照。D:オルソン画像。
 白楕円:スプーン穴, 白矢印:直線状で垂直壁をなすスプーン穴の縁, 黄矢印:
 NE-SW系の節理。E:溝穴のトレース図。丸印:溝穴の合流・分岐点, 大円:ザック。
 C-Eの位置は, Aを参照。

ポットホールの広域節理による構造規制：
和歌山県古座川町「滝の拝」の例

る細長い溝穴型のポットホールが発達している（図7A, B, C）。図7Dに縦8m×横9mの範囲の詳細図を示す。溝穴の間隔は30–60cmである。溝穴の輪郭は、一般に1つあるいはいくつかの長楕円形でスプーン状に下に凸な穴（スプーン穴と呼ぶ）の縦列配列で表現できる。溝底は、伸長方向ではスプーン穴の凹みとスプーン穴間を隔てるバーの凸部とが繰り返す凹凸の形状を呈する。一つのスプーン穴は、長さ40–150cm、幅20–50cm（図7D）、深さ10–50cm（図8）で、底や側面の大半は滑らかな曲面をなす。溝穴間の凸状のリッジ表面にも浅いスプーン状の凹みが頻繁に認められ、リッジの高さは伸長方向に波状を呈する（図7D, 図8）。一部の溝穴の側壁は直線的で垂直の壁面をなし（図7Dの白矢印）、その壁沿いに平行する節理が認められる（図7D, 図8の黄色矢印）。図7Dの範囲では全スプーン穴114個のうち約2割を占める。スプーン穴の伸長方向の大半は溝穴のそれに平行しているが、一部には斜交および直交する節理に沿って配列する事例も認められる。

溝穴の伸び方向の形状を記載するために、図7Eに溝穴底のトレース線を示す。同図からは、個々の溝穴は伸長方向に小さく蛇行・屈曲することが多く、隣接する溝穴が合流・分岐する場合があることを確認することができる。これらから、スプーン穴の配列が節理方向を中心にそれからの分散を反映するものと推定される。

上流部の岩盤テラス全体では、溝穴の伸長方向は、河道方向に平行に配列している（図7A, B）。

溝穴の伸長方向にほぼ直交するNW-SE走向、高角傾斜の節理が20–100cm間隔で発達している（図7B, C, D）。同節理は河床面において1–2mm幅で開口し、しばしば節理に沿って小さな剥ぎ取り痕が認められる（図8の短い白矢

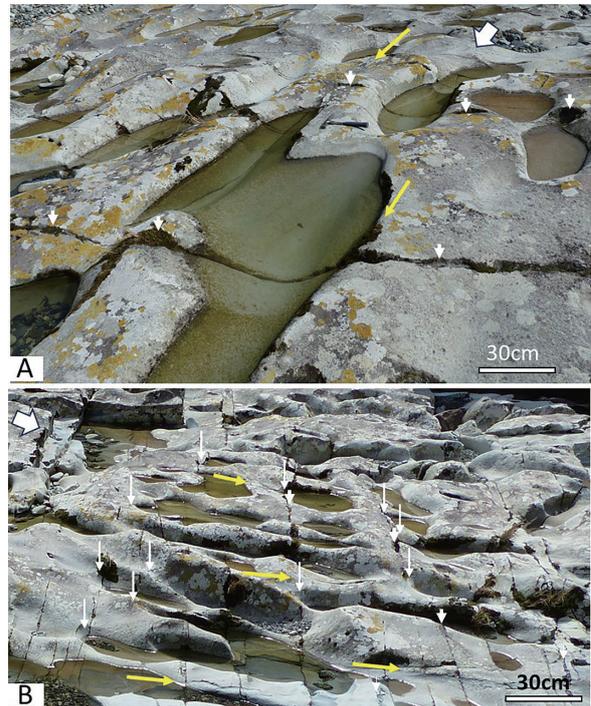


図8 「滝の拝」区上流の岩盤テラスに認められる溝穴とスプーン穴の露頭写真。NW-SE系の節理は開口し、黒い筋をなす。黄矢印：NE-SW系の節理、短い白矢印：節理沿いの小さな凹み痕、長い白矢印：節理面を始点とするスプーン穴、⇨：下流方向。地理院の5mDEMで作成1m等高線：1m間隔。

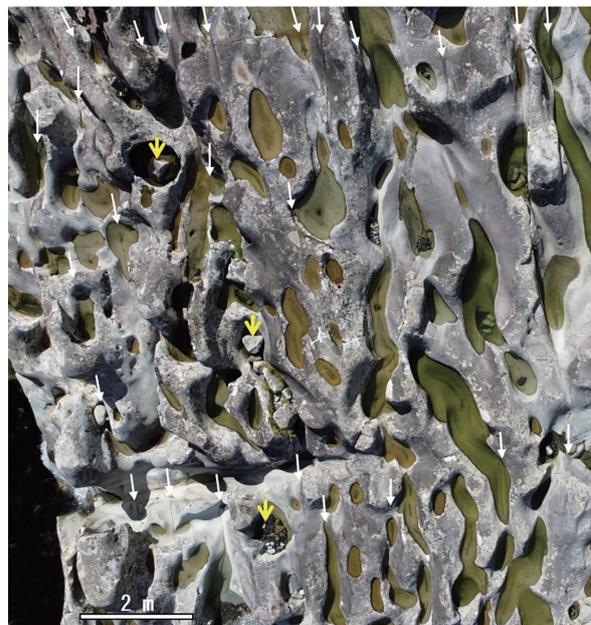


図9 「滝の拝」区下流の岩盤テラス。白矢印：NE-SW系の節理、黄矢印：罅穴内の礫。

印). NW-SE 走向の節理と溝穴との関係には次の3つのタイプが認められる. 第一は, 溝穴の形状に関わりがなく, リッジにも変形・変位を与えていないケース (図 7D, 図 8A), 第二は, 溝穴の上流端が節理にあたり, その凹み面が下流端よりも急傾斜しているケース (図 8B の短い白矢印), 第三は, 節理の下流側で岩盤が剥ぎ取られ, 溝穴やリッジの形状が変形しているケース, である. 第三の事例にあたる節理を図 7B, C に黄色矢印で指示し, 大きく剥離した2箇所を図 7C 中

に黒破線枠で示した. せん断帯を伴う断層 (図 7C の黄色矢印 S) 沿いでは, 断層面の下流側で岩盤が連続的に剥がれている.

4.2 下流部の岩盤テラス

「滝の拝」区の下流部の岩盤テラスを下流方向にドローンで捉えた斜め空中写真を図 4, 図 9 に示す. 和歌山県の観光サイトや南紀熊野ジオパークサイトでは, 「滝の拝」のポットホールとして橋の上から捉えた岩盤テラスの写真が

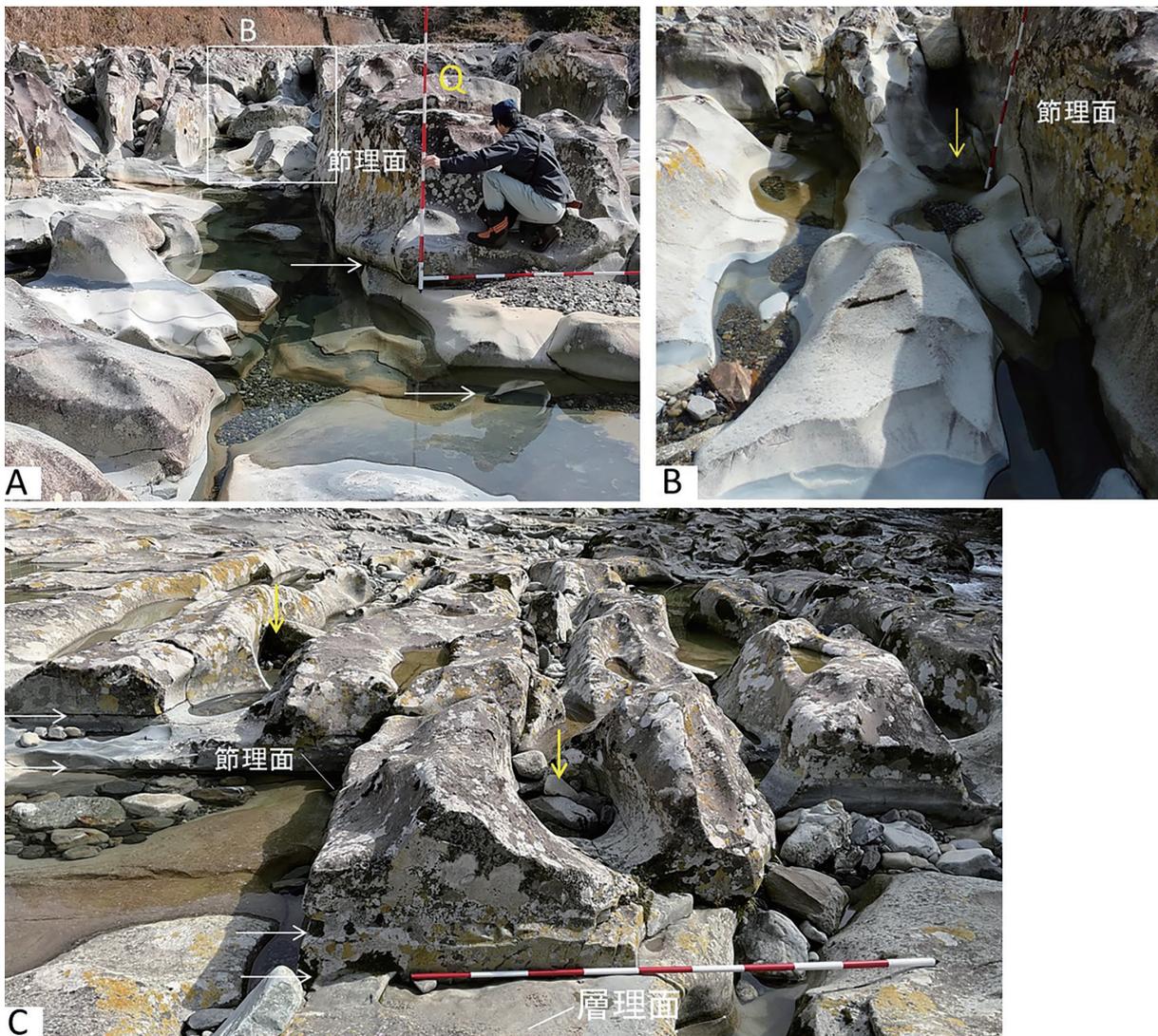


図 10 「滝の拝」区下流の岩盤テラスに認められる溝穴型ポットホール. 垂直の節理面は溝穴の壁面をなす. 黄色矢印: 罅穴型ポットホール, 白矢印: 層理面. 写真のスケールバーは, 長さ 2m.

掲載されている。

下流部では、左岸沿いの狭長な流路を挟み、溝穴が発達した岩盤テラスと、右岸寄りに少し低位で溝穴が乏しく平滑な岩盤テラスが認められる(図4)。低位のテラスは部分的に砂礫で覆われ、溝穴には水が溜まっている。両テラスの比高は、中央の地点Q(図4, 10A)において約1.5mで、上流側に向かって次第に小さくなる(図10C)。

高位の岩盤テラスに発達する溝穴の形状は、上流部のそれと類似して、スプーン穴の配列から構成される伸長する溝穴の発達で特色づけられる(図9)。その規模は上流部に比べて大きく、溝穴の間隔は60–120cmと2倍、深さは80–150cmと3倍ほどになる(図9, 10, 11)。溝穴の側壁が高さ50–100cm、垂直の平滑面をなす節理面で構成される例がしばしば認められる(図10)。溝穴内部には、幾重にも重なって掘り下げて溝穴を横に拡大するスプーン状の穴の痕跡(図10B)が、そしてまれに溝穴の配列を乱す円筒状の甌穴(図9, 図10B, C)が認められる。甌穴内部にはその穴にはまった礫が認められることが多い(図9の黄矢印)。流路沿いのテラス壁近傍では、甌穴

は特に径50–80cmの比較的大きいものが認められ(図11)、流路壁面の淵には洞窟状の甌穴(伊藤(1979)の淵型のポットホール)が形成されている(図5B)。

溝穴型のポットホールの規模は、上流部に比べて下流部で2–3倍ほど大きい。また、甌穴型のポットホールも、口径・深度の大きいものが下流部の流路沿いの岩盤テラスやテラス崖に形成されている。この変化に対応する河道微地形に、岩盤テラスと流路水面との比高の変化がある。すなわち、上流部では比高数10cmであるのに対して、下流部では落差8mの滑滝を境に、4–6mと急増している。比高の急増は岩盤テラス上を流れる洪水流の流速の増加と跳流の発生を導く。その結果、洪水流による侵食量が増加し、より大規模なポットホールが下流部に形成された可能性が考えられる。

5. ポットホールの地質構造規制

本論で記載した「滝の拝」の岩盤テラスに発達するポットホールは、最大の特徴は、岩盤テラス一面に細長い溝状型のポットホールが河道方向に帯状配列をなしている点である。

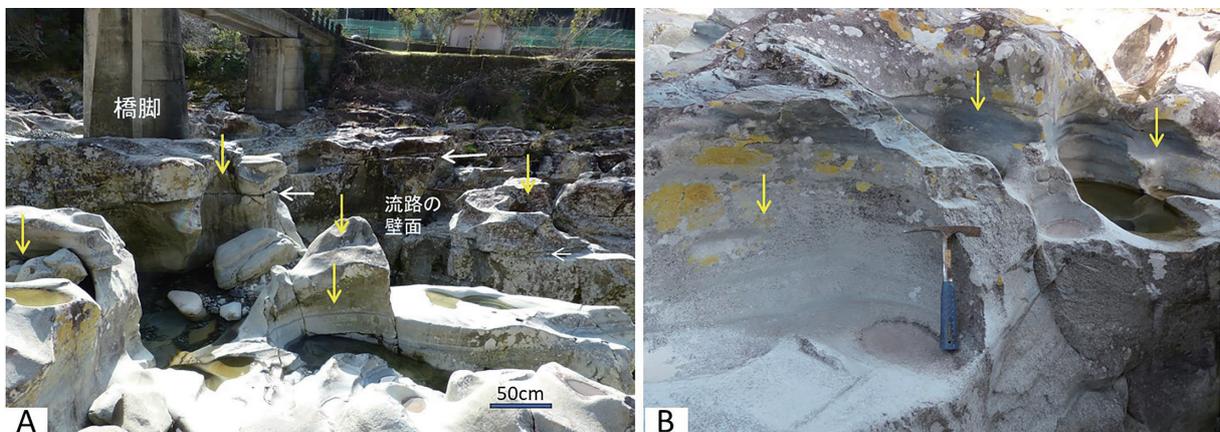


図11 「滝の拝」区下流、橋直下の岩盤テラスに認められる甌穴型ポットホール。甌穴の壁面に平行葉理が認められる。黄矢印：甌穴型ポットホール、白矢印：層理面。

岩盤河川における侵食の主な機構として、輸送される砕屑物粒子による摩耗作用（アブレーション）と節理などの結合の弱い割れ目に沿って岩塊が剥離するブラッキングがある（Alexander, 1932；伊藤, 1979 ほか）。両者のうち、ブラッキングは節理が卓越する岩盤に特徴的な侵食機構であり、ブラッキングで生成するスプーン型および溝穴型のポットホールは節理の多い岩盤に卓越するものと期待される。伊藤（1979）は、溝穴型の侵食が岩盤の節理に沿う面状回流によって、細長く溝状に掘削されたと説明し、スプーン型のポットホールが連続して発達したと指摘している。しかしその場合の節理とポットホールとの幾何学的な関係の詳細は説明されていない。また、渦動流によって形成される甌穴型のポットホールは Alexander（1932）の実験によって早期にその形成機構の詳細が検討されたが、ブラッキングによるポットホールの形成についての実験的研究はほとんど知られていない。

本研究では、「滝の拝」の河床にて、岩盤テラス一面に発達している溝穴型のポットホールの産状を観察し、ドローン撮影で捉えてその幾何学的な特徴を可視化することができた。その結果、第一に、線状に伸長する溝穴はスプーン穴の凹みが縦列および垂直方向にも重なっており、溝穴がスプーン穴の累積により形成されたと考えられること、第二に、岩盤テラス上の溝穴はその伸長方向に沿う節理を密接に伴い、節理が直接溝穴の壁面をなす場合もあること、そして第三に、岩盤テラスには直交する2方向の節理が密に発達し、それらに斜交する節理や断層も偏在的に分布しているが、溝穴の卓越方位は、河道方向に平行する節理の走向に符合していること、という規則性を明らかにした。

河道が一つの節理の走向に平行していること

は、河道の流路方向がその節理によって構造規制されたことを意味する。また、溝穴型のポットホールの帯状配列がその節理の走向に平行していることは、洪水流によるブラッキング（岩盤剥離）が節理沿いに選択的に発生し、節理の走向に並走する溝とリッジからなる微地形が形成されたことを意味する。これらの事実から、岩盤河床で特徴的に生成される溝穴型のポットホール群の発達が、節理による河道方向の構造規制を導いた可能性が考えられる。

6. まとめ

和歌山県東牟婁郡古座川町の「滝の拝」にて、古座川支流の小川沿いの岩盤テラスに発達するポットホールについて、ドローン撮影と現地調査に基づいて、その特徴を記載し、その伸長方向の構造規制について考察した。

小川は標高 600–750 m の開析の進んだ山地を流れる穿入蛇行河川で、その中流部に「滝の拝」の岩盤テラスが河床に 200 m にわたって連続している。河道は下流から上流に向けて NE-SW から ENE-WSW へと湾曲している。

岩盤テラスには直交する2方向の垂直節理が発達し、その走向は河道方向とそれに直交する2方向であり、河道の湾曲に符合するように変化する。

「滝の拝」の岩盤テラスに発達するポットホールについて、以下の点を明らかにした。

- ・伊藤（1979）の分類による溝穴型とスプーン穴型のポットホールが岩盤テラス一面に帯状配列をなして広がっており、甌穴型や淵型のポットホールは左岸沿いの流路沿いに限定的に分布する。
- ・溝穴型のポットホールはスプーン穴型ポットホールの凹みが縦列および上下方向に累

重したものであり，溝穴型がスプーン穴型の累積により形成されたことを示す。

- ・ 溝穴型のポットホールは河道方向の節理を密接に伴い，配列の方向は，河道方向に平行する節理の走向に符合する。

以上の事実から，節理が発達する岩盤河床を流れる洪水流によって，溝穴型のポットホール群が節理の走向に沿って形成されたこと，そしてその微地形が節理による河道方向の構造規制を導いた可能性が考えられる。今後，節理が湾曲する河道に沿ってその方位を変化させている原因，および全長 41 km の小川の蛇行を呈する河道全般への適用性について，検討を進める必要がある。

謝辞

和歌山県立田辺高等学校の山本俊哉氏には，現状調査の協力と有益な助言を頂いた。心からお礼申しあげる。

文献

Alexander, H. S. (1932): Pothole Erosion. *The Journal of Geology*, **40**, 305–337.

原田哲朗・鈴木博之・寺嶋英志・徳岡隆夫(1967)：紀伊半島四万十累帯の研究—本宮町・中辺路町付近の牟婁層群—。地球科学，**21**(6)，1–9。

久富邦彦（1981）：紀伊半島東南部の熊野層群の地質と堆積。地質学雑誌，**87**，157–174。

Howard, A. D., Dietrich, W. E. and Seidl, M. A. (1994): Modeling fluvial erosion on regional to continental scales. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **99**(B7), 13971–13986.

伊藤隆吉(1979)：日本のポットホール。古今書院，132p。

Lorenc, M. W., Barco, P. M. and Saavedra, J. (1994): The evolution of potholes in granite bedrock, W Spain. *Catena*, **22**, 265–274.

Miura, D. (1999): Arcuate pyroclastic conduits, ring faults, and coherent floor at Kumano caldera, Southwest Honshu, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **92**, 271–294.

産総研 地質調査総合センター（2023）：20万分の1日本シームレス地質図V2オリジナル版，<https://gbank.gsj.jp/seamless/>，（2024年10月1日参照）。

鈴木富志郎・青木哲哉（1996）：京都府笠置町，布目川の甌穴群について。立命館地理学，no.8, 50–60。

立石雅昭・別所孝範・原田哲朗・久富邦彦・井内美郎・石上知良・公文富士夫・中屋志津男・坂本隆彦・鈴木博之・徳岡隆夫（1979）：江住地域の地質。地域地質研究報告（5万分の1図幅），地質調査所，65p。

徳岡隆夫・原田哲朗・鈴木博之・八尾昭・須田芳朗（1982）：20万分の1地質図幅「田辺」，地質調査所。

和歌山県（2019）：二級河川 古座川水系河川整備計画。18p，<https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/080400/keikaku/seibikeikaku.html>。

Whipple, K. X., Hancock, G. S. and Anderson, R. S. (2000): River incision into bedrock: mechanics and relative efficacy of plucking, abrasion, and cavitation. *Geological Society of America Bulletin*, **112**(3), 490–503.

Whipple, K. X., DiBiase, R. A. and Crosby, B. T. (2013): 9.28 Bedrock Rivers. In Shroder, J. F. ed., *Treatise on Geomorphology*, Academic Press, San Diego, 550–573.