

隠岐の島町布施中谷の河床にみられる甌穴群 —甌穴群の列状配置—

井上裕貴*・宇枝亜里沙*・梅本 愛*・中嶋 幸*・西山貴仁*・
荒金宙希*・宇根祐樹*・湯村 健*・渡邊彩子*・渡壁卓磨**・
岡部広夢**・河本悠佑**・小玉芳敬***

Potholes on Fuse Nakatani river-bed in the Okinoshima-Town - longitudinal alignments of the potholes -

INOUE Yuki*, UEDA Arisa*, UMEMOTO Ai*, NAKASHIMA Yukimi*, NISHIYAMA Takahito*,
ARAKANE Hiroki*, UNE Yuki*, YUMURA Takeru*, WATANABE Ayako*, WATAKABE
Takuma**, OKABE Hiromu**, KOMOTO Yusuke**
and KODAMA Yoshinori***

キーワード：甌穴群，列状分布，形態分類，隠岐の島，布施中谷

Key Words : potholes, longitudinal alignments, form classification, Oki-island, Fuse Nakatani

I. はじめに

島根半島の北方，約40～80 kmの日本海に位置する4つの有人島と180余りの無人島からなる隠岐諸島は，2009年10月28日科学的にみて重要で美しい地質遺産を有する「大地の公園」として，日本ジオパークに認定された。隠岐島後の北東部には「隠岐片麻岩」が分布する（山内ほか，2009）。飛騨片麻岩と並び日本最古の岩石の一つである。また隠岐諸島の成り立ちと関連して，大陸性，高山性，北方系，南方系の植物が混在した独特の植生景観をなし，オキシアンショウウオをはじめとした固有種が生息して，生物多様性に富んだ生態系が維持されている（隠岐ジオパーク推進協議会，2012；尾池ほか，2011）。

筆者らは，島後（隠岐の島町）にあるジオパークの見どころのひとつである「トカゲ岩」を源流に含む春日川流域において，2012（平成24）年9月4日～6日に現地調査を実施した。布施地区を流れる春日川の支流である中谷（布施中谷とも記す）の中流域には，マグマ混合の非常に珍しい現象を観察できる露頭が河床に広がっており，貴重な地質遺産にあげられている（島根地質百選選定委員会，2009）。同時にここの河床には，甌穴群（ポットホール群）が観察される。しかしこれまで甌穴群はほとんど注目されてこなかった。甌穴とは，河床・河岸や礫の岩石表面に形成された円筒形の

*鳥取大学 地域学部 地域環境学科 学部生

**鳥取大学 大学院 地域学研究科 院生

***鳥取大学 地域学部 地域環境学科

***correspondence to Y.KODAMA, E-mail: kodama@rstu.jp

穴のことである。岩のくぼみや割れ目に砂利が入り、それらが渦流によって回転し、岩盤を深く削った侵食微地形を指す。その直径、深さとも数cmから数mのものまでが知られている(たとえば、伊藤, 1979)。

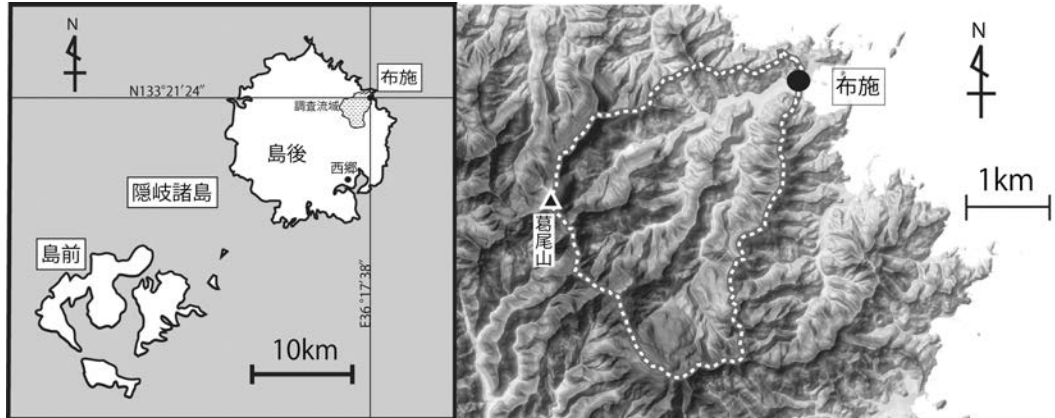


図1 隠岐諸島と春日川の調査流域

本研究の目的は、布施中谷の甌穴群の実態を調査して、自然の仕組みの一端を紐解き、ジオパークの見どころとしての価値を新たに付加することである。隠岐ジオパークが、世界ジオパークネットワークへ加盟することを心より祈念する。

II. 隠岐島後および調査地域の概要

隠岐島後は直径約17~18kmのほぼ円形の島である。調査地域である春日川流域は、島後の北東部に位置する(図1)。春日川の流路長は5.68km、流域面積は10.1km²で、流域内の最高点は大満寺山の標高607.7mである(図2)。

春日川は北谷、中谷、南谷の3つの支流から構成されている。これら3つの支流の河床縦断形を、縮尺1:5,000の地形図(等高線間隔5m)を読図・計測することで、流域界近傍の尾根筋まで延長し、図3に示した。布施中谷と南谷には、春日川河口からの水平距離で3,700mと3,900m付近にそれぞれ明瞭な遷急点が、これらの上流側、4,300mと4,500m付近に遷緩点が認められる。中谷では2,200m付近にも明瞭な遷緩点がある。さらに詳しくみると、南谷には小滝が作る遷急点が多数存在している。いっぽう北谷では、2,250m付近で小滝が遷急点をなす以外は、比較的なめらかな指数曲線状の縦断形を示している。中谷では前出の遷急点・遷緩点以外は、なめ



図2 調査流域と調査区間
中谷中流域の四角で囲んだ範囲が調査区間にあたる。

図2 調査流域と調査区間

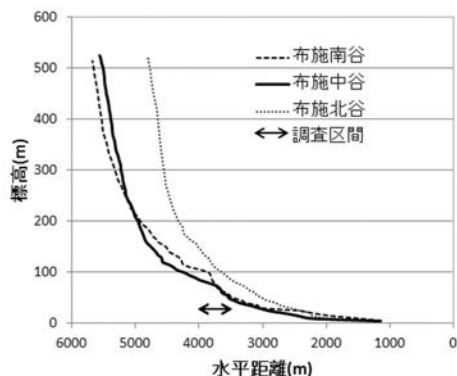


図3 春日川3支川の河床縦断形

らかな指数曲線を描いている。本調査対象である甌穴群は、中谷中流域にある遷急点の直上流に位置している。

調査流域に認められる特徴的な地形として、南谷の上流域に大規模な地すべり地形が分布する（防災科学研究所, 2005）。すなわち、南谷では地すべり地から供給された多くの岩屑が運搬されている可能性が高い。なお隠岐島後、西郷における年降水量は、気象庁の統計データによると1794.8mm（1981～2010年の平均値）である。

小林ほか（2002）や山内ほか（2009）によると、隠岐島後の地質は同心円状の分布を示し、基盤である「隠岐片麻岩類」（広域変成作用で約2億5千万年前に形成された高変成度の粗粒縞状岩の総称）から順に、外側に向けて大局的には若い地質が分布している（図4）。つまり、石基に斜方輝石を有するカルクアルカリ火山岩類を含む「時張山累層（約2,600万年前）」、シヨシヨナイトを含むカルクアルカリ火山岩類の堆積岩からなる「郡累層・久美累層（約1,000万年前）」、SiO₂やCaOに乏しいアルカリ流紋岩や粗面岩を噴出した火山活動による「隠岐アルカリ火山岩類（約600万年前）」が分布する。これらはドーム状の隆起を反映した地質構造である。

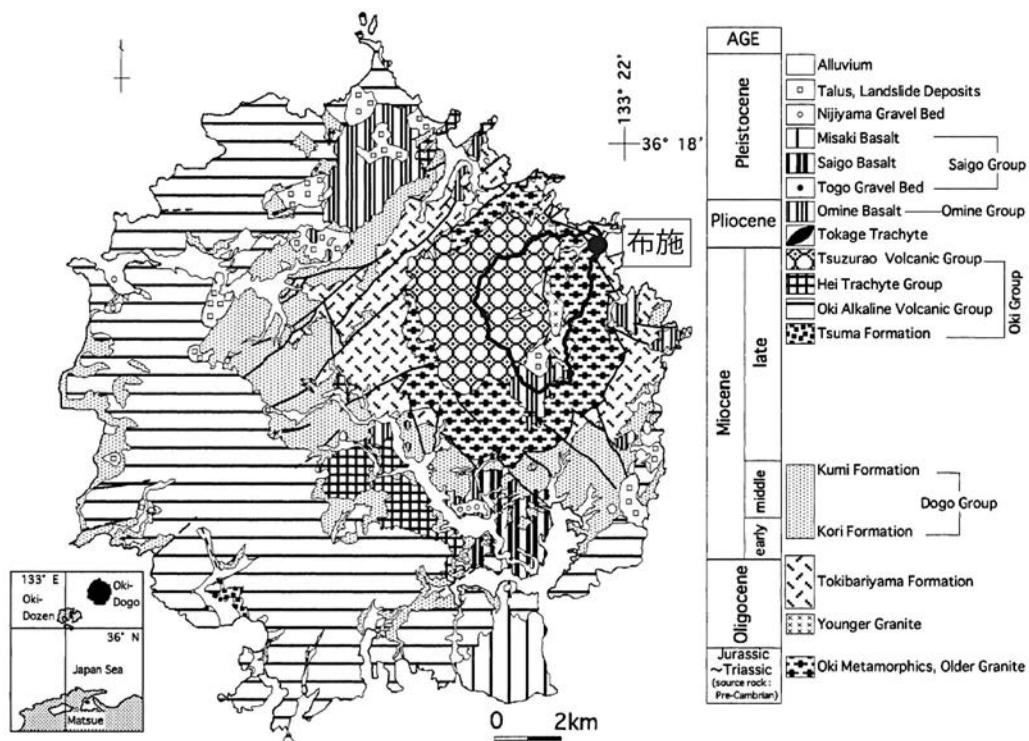


図4 隠岐島後の地質図（小林ほか，2002に加筆）
布施地区の太線で囲まれた範囲が春日川流域を示す。

同心円の中心は、島後の北東部に位置し春日川流域周辺にあたる。トカゲ岩を中心として、南北6km、東西4.3kmにおよぶ範囲に分布する「葛尾火山岩類」の貫入が「葛尾ドーム」を形成した。

Ⅲ. 調査方法

布施中谷の甌穴群における現地調査は、3つの方法で実施された。ひとつは調査区間の河道を中心とした現地測量（図5上）で、2つめは個々の甌穴の形態計測、3つめは河床砂礫の調査（図5下）であった。これらの調査を進めながら河道形状・河相についての観察を行った。

測量調査では、携帯型光波測距儀（Laser Technology社製、Tru Pulse 360）を用いて、a) 河床縦断面図、b) 河道平面図、c) 河道横断面図を作成した。甌穴群の立地環境や甌穴の分布特性を明らかにするためであった。河床縦断面測量では、甌穴の分布域を挟んだ区間において河道の中心線に沿って、勾配の変換点に注意しながら測点を決めた。河道平面測量では、主に甌穴の分布域を中心に測量を行い、甌穴をはじめとした河床にみられる微地形の位置や形態などを測量・記載した。河道横断面測量では、甌穴の分布を考慮して測線を決め、砂礫の分布や植生などに注意を払いながら測量・記載した。なお横断面測線の間隔は一定ではない。

次に個々の甌穴の形態的特徴を観察しながら、甌穴のd) 最大幅（流れに対して横断方向）、e) 最大長（流れに平行する縦断方向）、f) 最大深（堆積物で埋まり、容易に除去できないものについては堆積面までの深さ）をそれぞれ計測した。甌穴の形態的特徴を定量化して形態分類の参考とするためであった。

また、甌穴群の河床区間を出水時に流下し、甌穴の形成に寄与すると考えられる砂礫の粒度特性を明らかにするため、φ間隔の篩を用いて河床砂礫の調査を実施した。つまり、g) 甌穴分布域の上流側にある河原で、1 m四方の表面砂礫と、h) 個々の甌穴の内部に捕捉された全ての砂礫、について粒度分析を行った。その際、2 mm以細の砂成分は一括して扱った。



図5 現地調査の風景
上：平面・横断測量
下：粒度分析

Ⅳ. 調査結果および考察

1. 河床縦断形と河相

甌穴の分布域を挟んだ約250 m区間の河床縦断形を図6に示した。河床砂礫の粒度分析地点より上流側には、岩盤の上に砂礫が集積した河原が観察され（図7）、この地点から下流側には平滑岩盤河床が広がっていた（図8）。平滑岩盤河床の一部に甌穴群が位置する（図9）。この区間の岩盤には割れ目が極めて少ないことが特徴である。肉眼で観察された顕著な割れ目は、6 m～12 m間隔で存在し、河道を斜めに横切っていた。また、甌穴の分布域では、甌穴を埋めた砂礫のパッチ状分布も認められた。

岩盤河床の平均勾配をみると（図6）、甌穴群の上流側は 1.7° （ $1/34$ ）、甌穴群が発達する区間は 5.2° （ $1/11$ ）、甌穴群の下流側には落差約11 m、傾斜 41° の滝がかかり（図10）、滝の下流側は平均勾配 1.4° （ $1/42$ ）の砂礫床となっていた（図11）。ここは滝より約80 m下流側に設置された堰堤

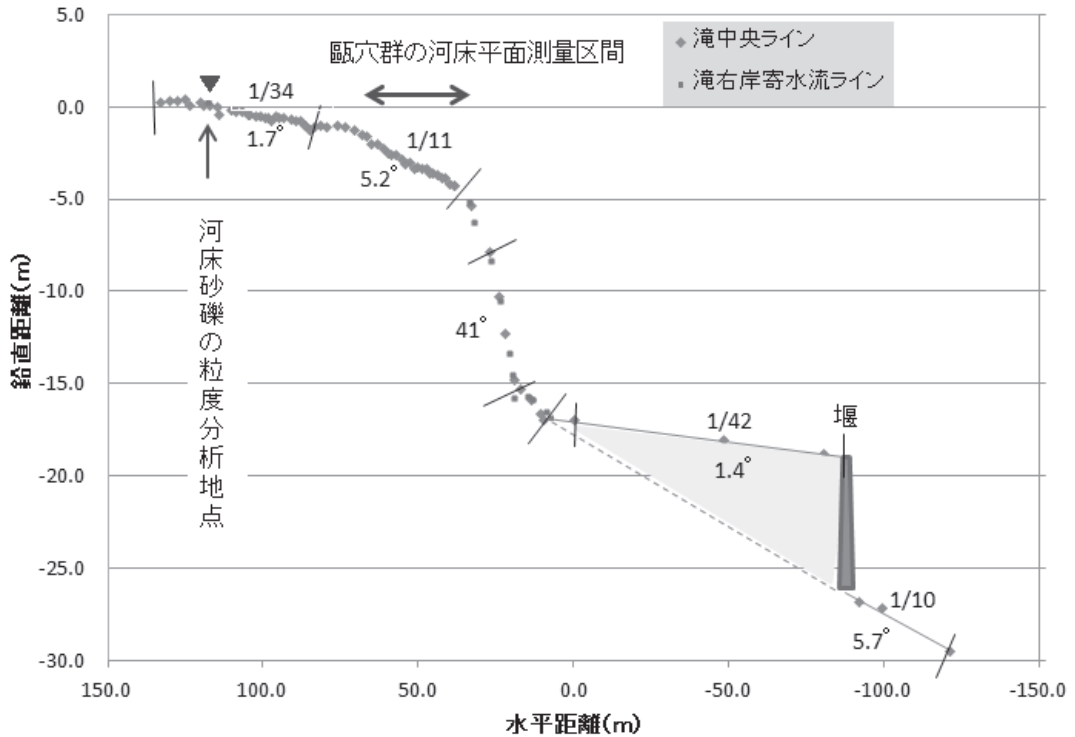


図6 春日川中谷中流部の河床縦断形
網かけ部分は、堰により堆積した砂礫を表す。

による堰上げ堆積区間であり、径30cm前後の礫まで観察された。これらの砂礫の多くは、堰堤建設後に甌穴群の区間を通過してきたものといえる。堰堤の比高は6.4 mあり、その下流側には小滝を挟む岩盤河床が続いていた。堰上げにより砂礫が堆積している区間は、堰が作られる以前、おそらくナメ滝や小滝からなる岩盤床が続いていたものと考えられる。この区間の元河床勾配は5.7°



図7 岩盤を薄く覆う砂礫がなす河原



図8 平滑岩盤河床の景観



図9 甌穴分布域の景観



図10 甌穴分布域の下流にかかる滝



図11 堰上流側の砂礫堆積区間

(1/10) であり、甌穴群が発達する区間の勾配より若干急ではあるものの、ほぼ同じと言える。つまり、堰上げにより砂礫で埋積される前の岩盤河床にも、甌穴群が観察されていたかもしれない。

2. 甌穴分布域の河道形状

甌穴群が観察される岩盤河床区間で、現地測量により河道平面図（図12）と11本の河道横断面図（図13）を作成した。河道平面図には甌穴の位置・形状、低水流の流れ、河岸のおおよその位置、さらに河道横断面の測線位置を記載した。甌穴には下流から順に番号がふられている。横断面図は縦を4倍に強調することで、河床の凹凸をわかりやすく描いた。草や木はマークとして記入したもので、それらの高さは表現されていない。

甌穴分布域の河道幅は4m～6mほどあり、河道方位は南西から北東へ、さらに東向きに、緩く右湾曲していた。上流側から河道形状をみていくと、A測線までは平滑な岩盤床が続き、A測線付近から下流約30mの区間で甌穴の発達が良くなっている。上流からA測線を通してD測線付近までは、幅20cm～50cm、深さが10cm以下の細いinner-channelが河床の中央から右岸寄りに連続して存在した（図14）。このinner-channelの潤辺には角ばった形状がみられ、新鮮な岩石が露出していたことから、2007（平成19）年災害の復旧工事の際に低水流を迂回させる目的で人工的に掘られたものと判断された。B～C測線の左岸側には災害復旧工事で河床の一部にコンクリートが張られていた。B～H測線では河道左岸側を走る道路を護るため、高さ2.8mほどの切り立ったコンクリート護岸が、またJ測線付近にも左岸の一部に護岸が設置されていた（図13）。

C～E測線にかけては左岸側が湾曲部の攻撃斜面にあたり、50cmほど深く掘れていた。なおB測線の断面中央には、深さが30cm～40cmほどある甌穴（#30）の形態が描かれている。#30の甌穴には、径40cmほどの巨礫が捕捉されていた。E～J測線の断面にもそれぞれ甌穴が描かれている。

E～I測線にかけて、甌穴の並びに注目すると、縦断方向に4列になっていることがわかる（図12）。つまり、左岸側には#25、#24、#16、#6と続く甌穴群が、右岸側には#23、#22、#20、#19、#14と続く甌穴群が、中央部には#27、#21、#17、#15、#12、#9、#7、#3、#2、#1と、#18、#13、#11、#10、#8の2列の甌穴群が見て取れた。この甌穴の列状分布は、布施中谷甌穴群のひとつの特徴と指摘できる。

甌穴内に堆積した砂礫のバッチは、右岸寄りの甌穴群では、その多くが砂礫で埋積され、甌穴そのものの形態が隠されていた。いっぽう左岸寄りの甌穴群にはほとんど砂礫の堆積が認められなかった。中央の2列では甌穴の中心部に砂礫の堆積が認められるものが多く存在した。これら砂礫のバッチ状分布は、河道が緩く湾曲していることに原因を求められる。つまり、攻撃斜面側（湾曲部の外側）では流速の早い流れが、滑走斜面側（湾曲部の内側）には流速の遅い流れが出現する。前者では砂礫が激しく流下し、岩盤河床の侵食が進行するが、後者では特に減水期に流速が弱まる段階で、上流から流されてきた砂礫を運搬しきれず、河床粗度の大きい甌穴を中心にして砂礫の堆積が進行したと考えられる。

河道横断面図をもとに、出水時にどの高さまで水位が上がるかを推定してみる。右岸側の河岸に付着する植生に注目すると、ある高さから上位に苔や草が、それより上位に木本がついている。苔の下限は、横断面にみられる平滑岩盤床やその名残面（J測線に代表されるような甌穴侵食を埋めることで復元される平坦面）より10cm～20cm上位に位置する。A、D、F、G、I、J、Kの各測線断面で確認できる。草はさらに上位である。木本類の下限になると、平滑岩盤床やその名残面より20cm～30cm上位に位置する。これらのことから、小規模出水の水位は平滑岩盤床から20cm前後、深いところでの水深は70cm前後と推察される。また中規模出水時には平滑岩盤床から30cm前後、つまり深いところでは80cmほどの水深と推定することができた。立木なども流亡する大規模出水の際は、さらに大きい水深となる。

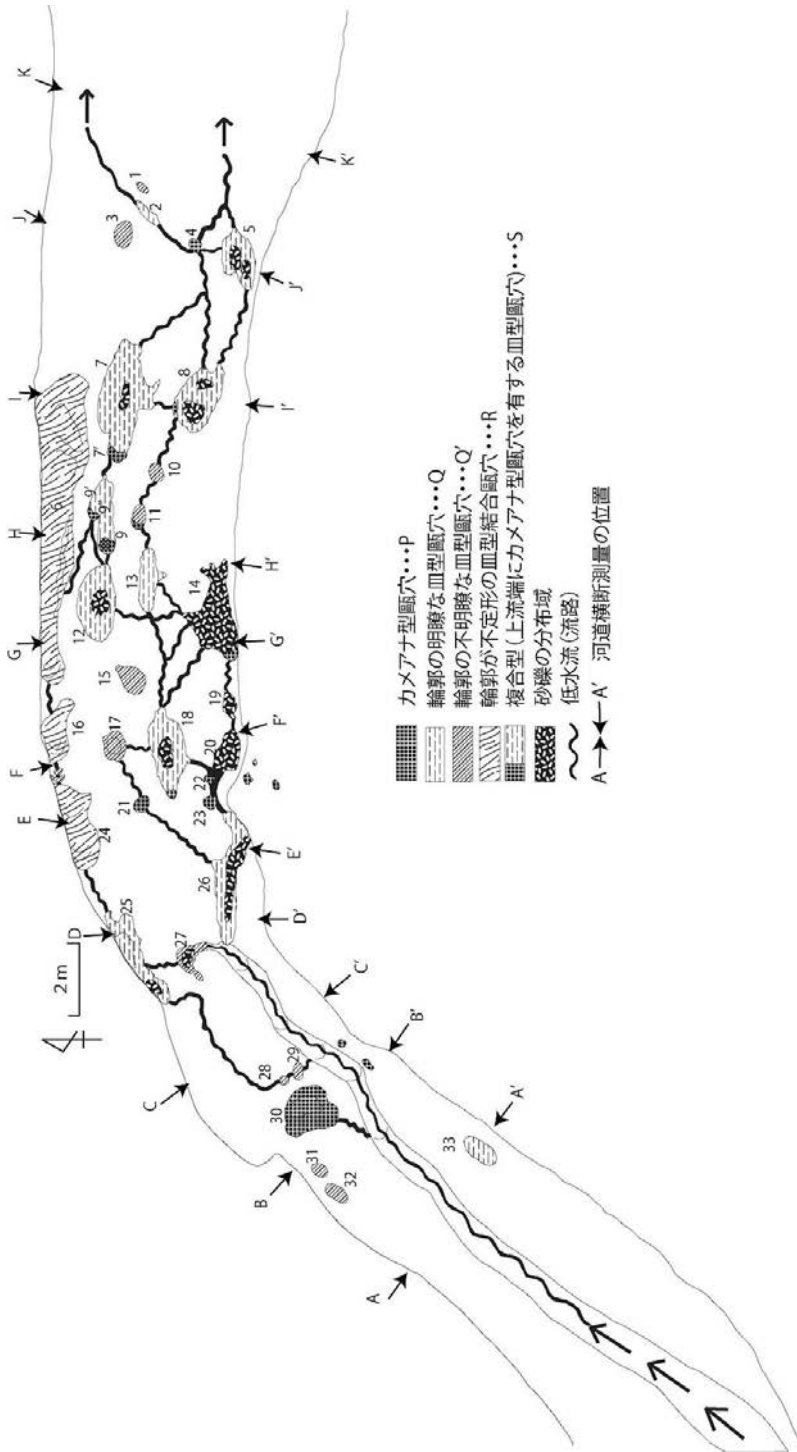


図12 布施中谷にみられる罅穴群の平面図

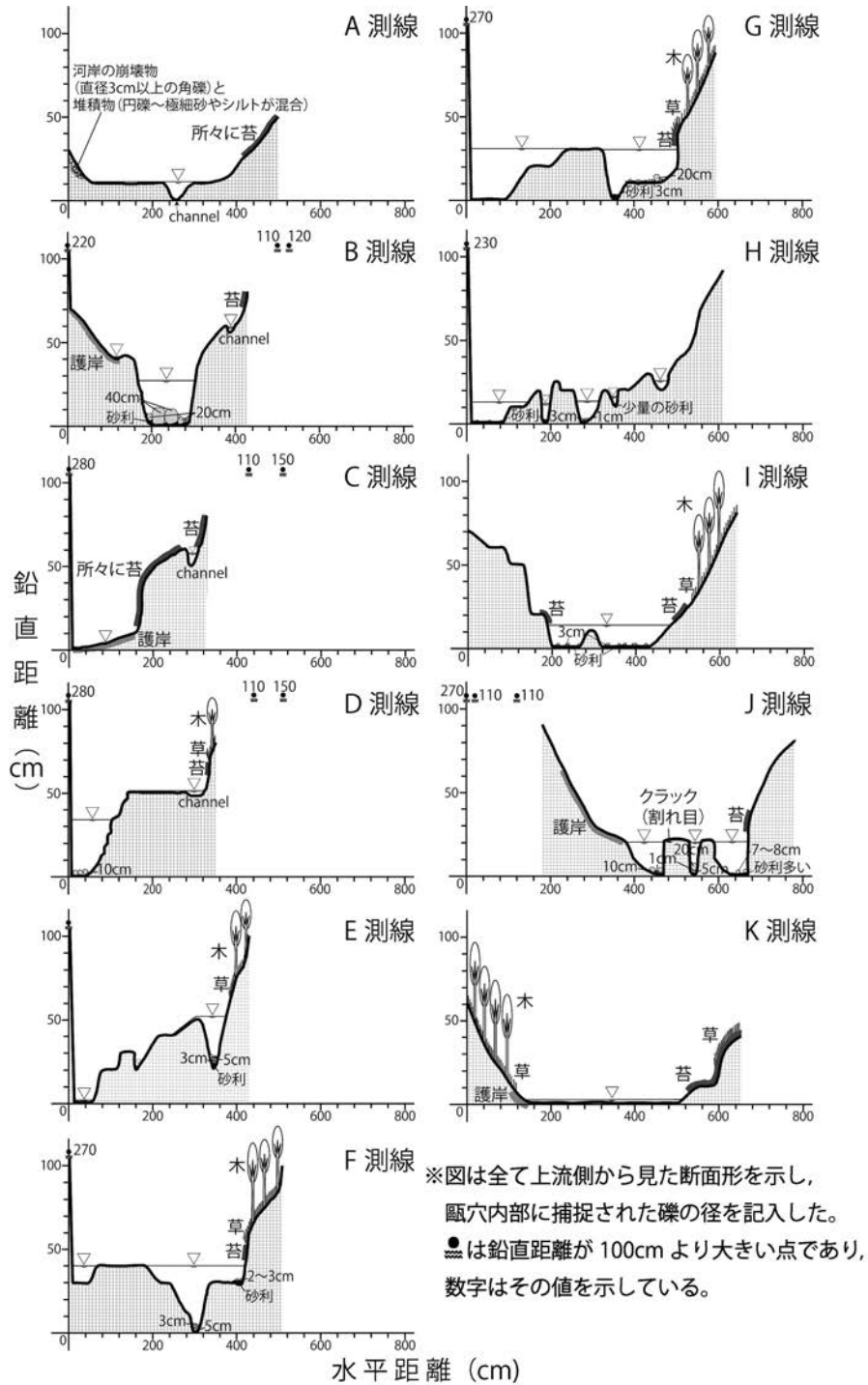


図13 布施中谷の甌穴分布域の河道横断面図



図14 河道形状測量区間（上流側）の景観
蛇行するinner channelとB測線付近の甌穴がみられる。

3. 甌穴群が列状に分布する理由

平滑床を流れる流水の特徴として、2次流で派生する縦渦構造（図15）があげられる。渦の発生に伴い流水には「湧き上がり」部と「沈み込み」部が形成され、底面付近の流れは「沈み込み」部から発散して流下し、それらは「湧き上がり」部で収斂する。この流れに応じて、底面付近を流下する砂礫は、「湧き上がり」部に集まり列をなして流れる。このように砂礫の流れ方に集中する列が生じたことで、埼玉県荒川・茨城県鬼怒川・福島県富岡川・福島県新田川の泥岩床に筋状の縦溝地形が形成されているとの報告がある（池田，1978）。布施中谷の岩盤河床では、縦渦に伴う砂礫の流れを反映して、甌穴が列状に形成されたものと考えられる。

布施中谷の甌穴群は4列の間隔を中心線で測れば2mとなる。甌穴の幅を考慮に入れると、列毎の間隔は1mとなる。池田（1978）によれば、縦溝間隔の1/2の水深の流れ場で発生した縦渦が、砂礫の列状流下をもたらし、縦溝の侵食地形を形成する。すなわち、布施中谷の甌穴群では、水深1m以下の流れ場に形成された2次流としての6つの縦渦構造に起因して、甌穴群の列状配置が決まっていると考えられる。

なお、縦渦が発生すると、水流の表面には植物片などの浮遊物や気泡の縦筋が形成される。この場合、「沈み込み」部にそれらは集まり流れることとなる。布施中谷の調査地域で中～大規模出水時の濁流を観察し、縦筋の

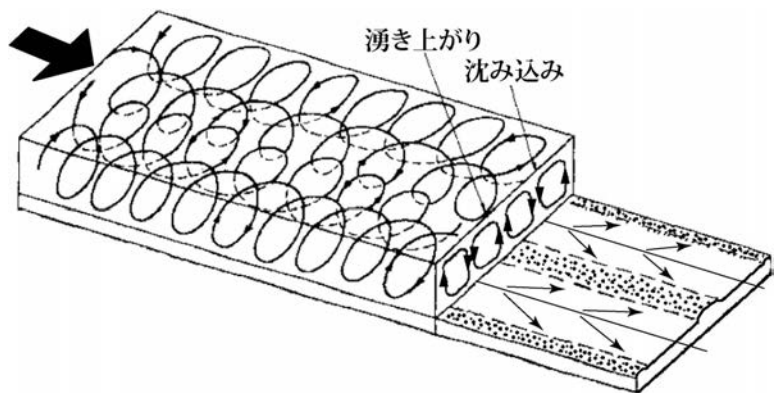


図15 流水中に発生する縦渦構造とそれに伴う流砂の筋を示す模式図
土木学会水理委員会「洪水流の三次元流況と流路形態」研究小委員会(1984)に
加筆・修正

発生を確認したいものである。

4. 甌穴の形態分類

布施中谷の調査区間に観察された甌穴の形態を、伊藤（1979）を参考にして4つに分類した（図16）。すなわち深く掘れて円形の穴となったものをカメラナ型甌穴（P）に、断面形状が皿形を示す甌穴については、輪郭の明瞭な皿型甌穴（Q）と輪郭が不明瞭な皿型甌穴（Q'；図12）に、複数の皿型甌穴が連結し、輪郭が歪で不定形なものを皿型連結甌穴（R）とわけ、上流端にカメラナ型甌穴を有する皿型のものを複合型甌穴（S）とした。平面図（図12）では、甌穴の形態分類に応じて凡例をつけてある。布施中谷の甌穴群には皿型の甌穴が多く、カメラナ型の甌穴は数が少ないことがわかった。

個々の甌穴について、横断方向の最大幅、縦断方向の最大長、そして深さをそれぞれ計測し、甌穴のタイプ（型）进行分类して表1にまとめた。複合型甌穴（S）に関しては、上流端にあるカメラナ型のサイズを別途計測したものもある。それらは甌穴の番号（#）にダッシュをつけて表した。右岸寄りの甌穴群で砂礫に埋もれたものは、形態を分類しなかった。

甌穴の形態計測値に基づき、「深さ」と「長さ／幅」の関係を図17に示した。長さ／幅の比で見ると、カメラナ型（P）の多くは1.7以下であるのに対して、輪郭の明瞭な皿型（Q）は1.4以上、複合型（S）が両者の中間（0.6～2.3）に位置することわかる。つまり、カメラナ型（P）は円形に近く、皿型（Q）は縦断方向にのびた楕円形を示し、複合型（S）はちょうど両者の中間的な形状と言える。皿型連結甌穴（R）は連結した甌穴の配置に応じて、様々な長さ／幅の値を示した（表1）。左岸寄りの甌穴群に皿型連結甌穴は分布する。これらは縦溝になりつつある（たとえば、#6）。左岸は攻撃斜面にあたるため、主流が通り砂礫の運搬も盛んで、そのために侵食が進み甌穴の連結が進行したと考えられる。

深さに関しては、カメラナ型（P）の多くが10 cm前後と小型で、皿型（Q）の多くが25 cm前後、複合型（S）がその中間の18cm前後が多かった。輪郭が不明瞭な皿型（Q'）の多くは深さが数cmと小さく、甌穴が十分に成長していないことを示している。また#1や#2の甌穴は、岩盤に形成された割れ目に沿った甌穴形状を示しており、甌穴発生の初期段階と考えられる。

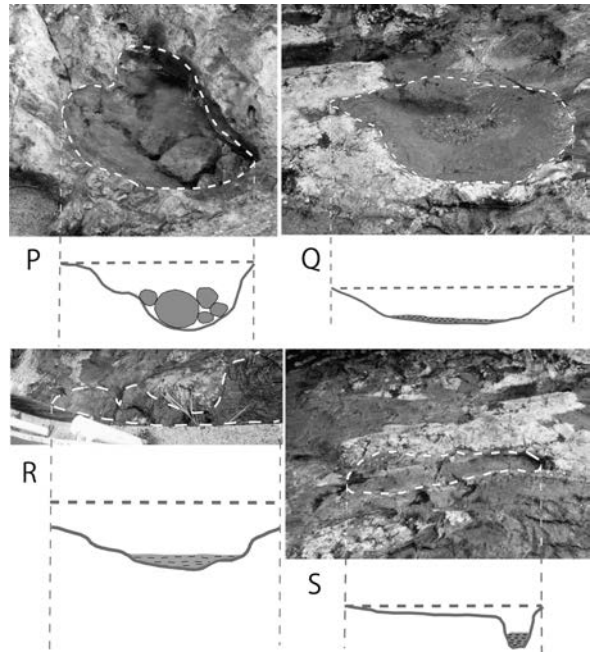


図16 甌穴の形態分類

P：カメラナ型甌穴（#30）

Q：皿型甌穴（#12）

R：不定形な輪郭をもつ皿型連結甌穴（#6）

S：上流端にカメラナ型甌穴を有する皿型の複合型甌穴（#9）

流れは向かって右から左である。

表1 甌穴の諸元

#	幅(cm)	長さ(cm)	深さ(cm)	長さ/幅	深さ/幅	型
1	28	15	2	0.54	0.07	Q'
2	16	75	23	4.69	1.44	Q
3	40	46	2	1.15	0.05	Q'
4	35	25	10	0.71	0.29	P
5	100	140	10	1.40	0.10	Q
6	127	818	-	6.43	-	R
7	100	140	16.5	1.40	0.17	S
7'	30	50	8	1.67	0.27	P
8	120	170	20	1.42	0.17	Q
9	80	180	15	2.25	0.19	S
9'	30	20	-	0.67	-	S
9''	25	50	15	2.00	0.60	S
10	30	70	4	2.33	0.13	Q'
11	35	30	22	0.86	0.63	S
12	50	70	24.5	1.40	0.49	Q
13	40	150	25	3.75	0.63	Q
14	200	300	34	1.50	0.17	-
15	45	80	10	1.78	0.22	Q'
16	50	120	16	2.40	0.32	R
17	20	50	7	2.50	0.35	Q'
18	150	230	50	1.53	0.33	S
19	54	55	15	1.02	0.28	-
20	80	90	8	1.13	0.10	-
21	25	11	8	0.44	0.32	P
22	-	-	-	-	-	P
23	33	50	15	1.52	0.45	P
24	50	110	17	2.20	0.34	R
25	80	130	40	1.63	0.50	Q
26	75	250	27	3.33	0.36	Q
27	-	-	-	-	-	Q'
28	70	60	25	0.86	0.36	Q'
29	-	-	-	-	-	Q'
30	130	110	34	0.85	0.26	P
31	45	40	3	0.89	0.07	Q'
32	40	48	10	1.20	0.25	Q'
33	50	100	-	2.00	-	Q

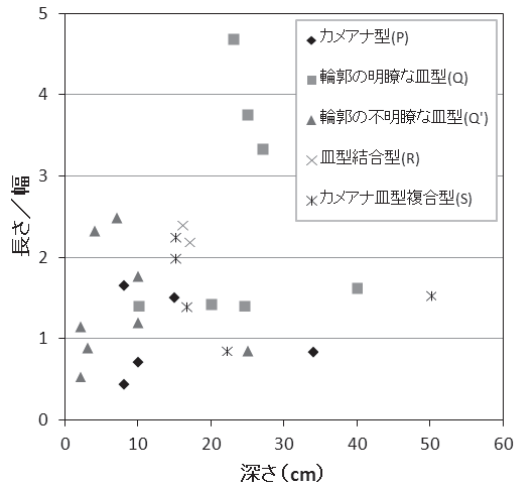


図17 甌穴タイプ毎の形態特性

5. 甌穴分布域を通過する砂礫の粒度組成

甌穴群区間を中～大規模出水時に流下する砂礫の粒度組成を推察するために、甌穴分布域の上流側河床で、河原の砂礫の粒度分析を実施した。総重量で238 kgの砂礫をふるい分けた結果を図18に示した。

64 mm～128 mmの礫が50%近くを、16 mm～64 mmが25%を占めていた。握り拳大の礫（64 mm以細）は渦流に取り込まれ岩盤侵食の研磨剤として効果的に働く岩屑サイズである。いっぽう16mm以細の砂礫は河原に極めて少ないことがわかった。ただし、河原に堆積した岩屑と実際に流下した岩屑は、特に細粒成分に関しては量比が必ずしも一致しない。したがって、16 mm以細の岩屑の掃流量が少ないとは断定しがたい。

西尾（2005）や西尾・小玉（2005, 2006）が指摘しているように、甌穴群の形成には「割れ目の少ない岩盤」と「研磨剤となる細粒の礫」の両方が必要である。布施中谷の甌穴群は、これら2つの条件を満たしていることが確認された。

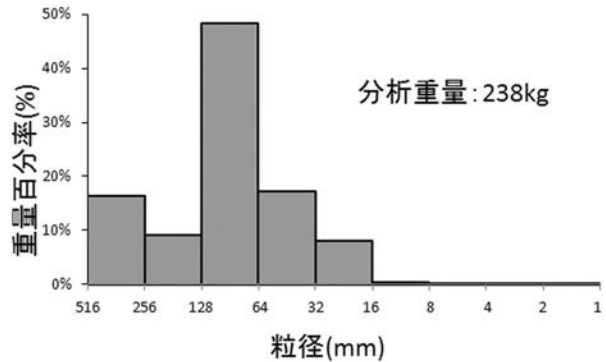


図18 甌穴分布域の上流側にある河床堆積物の粒度組成

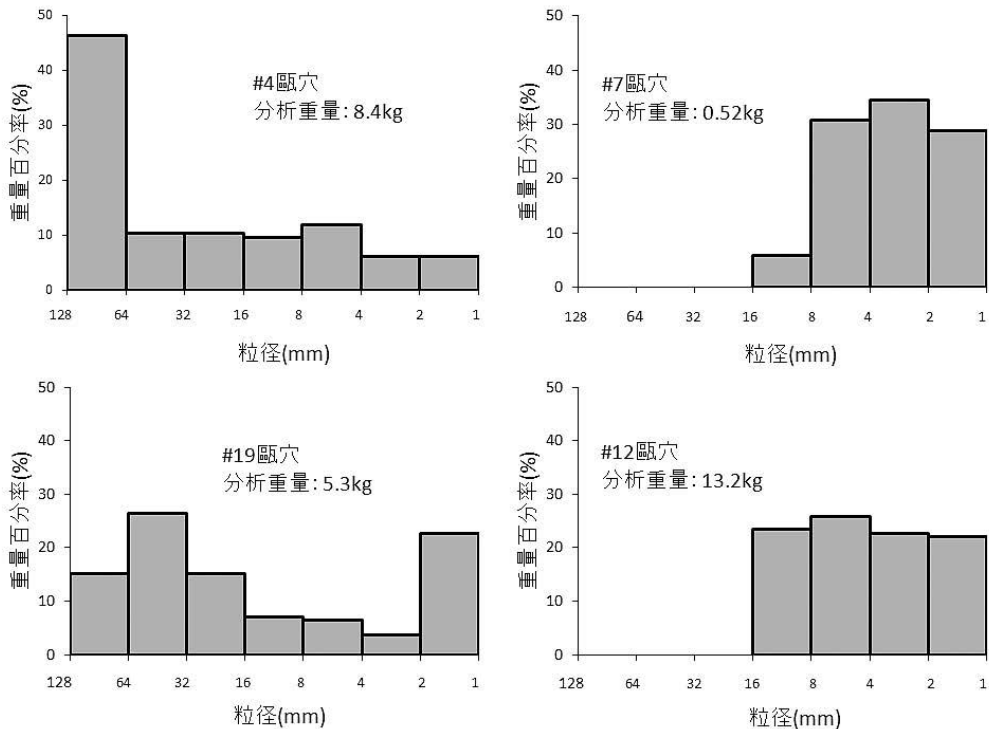


図19 甌穴内に捕捉された砂礫の粒度組成

6. 甌穴内に捕捉された砂礫の粒度組成

甌穴の内部に堆積した砂礫の粒度組成を4箇所て調べた(図19)。カメラナ型の小さい甌穴#4や#19には、128mm以細の砂礫が堆積していた。このうち64mm以粗の礫は甌穴内に引っかかった亜角礫であった。そのため小さな甌穴内では、64mm以粗の礫が激しく旋回して、甌穴を形成していたとは考えにくい。

甌穴#7と#12のように比較的大きい皿型の甌穴では、16mm以細の砂礫しか堆積していなかった。16mm以粗の礫は、通過していったものと思われる。減水時、砂礫が運ばれにくくなった段階で、細粒の砂礫が堆積したと思われる。

16mm以細の砂礫は個々の粒子の重量が小さく、効率的に岩盤を削るとは考えにくい。いっぽう16mm~64mmの礫は個々の粒子が適度に重量をもち、かつ渦動に取り込まれて旋回しうる岩屑であり、甌穴の形成に深く関わっていると考えられる。ただし皿型の甌穴形成に、64mm~128mm、あるいは128mm以粗の礫がどれほど寄与しているかは、今後に残された課題である。

V. おわりに

隠岐の島町にある布施中谷の中流部に観察される甌穴群で、河道形状測量、甌穴の形態分類、河床砂礫の粒度組成、ならびに甌穴内に捕捉された砂礫の粒度組成を調べた。その結果、甌穴群は、河道幅4m~6m、河床勾配5.2°(1/11)の岩盤侵食河床に形成されており、全長30mほどの区間に30個以上の甌穴が確認された。甌穴の形態には、縦断方向にのびた楕円形状の皿型甌穴が多く認められ、円形に近いカメラナ型甌穴は数が少なかった。カメラナ型の下流に皿型が複合した甌穴も認められた。これら3つの甌穴形態は、甌穴の長さとの比、深さで比べることで、それぞれの特徴が明らかになる。また布施中谷の甌穴群は4本の列状分布を示す。これは水深数10cm~1mほどの出水時に、流れの中に発生する2次流(縦渦)による砂礫の列状流下を反映したものと考察できる。最後に布施中谷の甌穴群においても、「割れ目の少ない岩盤」と「研磨剤となる細粒な礫の流下」といった2つの条件を満たしていることが確認された。以上のように布施中谷の甌穴群に隠された自然の仕組みの一端を解明でき、ジオパークに新たな知見を加えることができた。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、隠岐ジオパーク推進協議会事務局長の野邊一寛氏には、準備段階から現地調査の支援、事後の問い合わせに対する回答など、多くのご支援・ご助言を頂いた。隠岐ジオパーク推進協議会事務局研究員の平田正礼氏には、マグマ混合や島後の地質全般に関する貴重な情報をご教示頂いた。隠岐の島町定住対策課の高梨智昭氏には、学生サークル等地域活動応援事業の手続きで大変お世話になった。隠岐ジオパークガイドの八幡浩二氏には島後の自然全般について多くのことをご教示頂いた。なお本研究では、隠岐の島町「学生サークル等地域活動応援補助金」と「鳥取大学学長裁量経費」の一部を使用した。

ここに記して感謝申し上げます。

文献

防災科学研究所(2005)地すべり地形分布図「西郷」図幅、研究資料第278号。

土木学会水理委員会「洪水流の三次元流況と流路形態」研究小委員会(1984)洪水流の三次元流況と流路形態に関する研究。土木学会論文集、第345号/II-1、41-52。

- 池田宏（1978）泥岩からなる河床に形成される縦溝について．筑波大学水理実験センター報告，No.2，91-95.
- 伊藤隆吉（1979）「日本のポットホール」古今書院，132pp.
- 小林伸治・沢田順弘・吉田武義(2002) 隠岐島後における末期中新世，隠岐アルカリ火山岩類の地質とマグマ供給系．岩石鉱物科学，31，137 - 161.
- 西尾祐志（2005）用瀬町赤波川おう穴群の成因 - 上流に分布する三群変成岩の重要性 - ．鳥取大学教育地域科学部平成16年度卒業論文，28pp.
- 西尾祐志・小玉芳敬（2005）デブリ・コントロールからみた用瀬町赤波川甌穴群の成因．2005年度鳥取地学会 記念講演・研究発表要旨集，14-15.
- 西尾祐志・小玉芳敬（2006）デブリコントロールからみた甌穴群 - 鳥取県用瀬町赤波川を例に - ．地形，27(1)，104.
- 尾池和夫・加藤碩一・渡辺真人（2011）「日本のジオパーク 見る・食べる・学ぶ」ナカニシヤ出版，199pp.
- 隠岐ジオパーク推進協議会（2012）「隠岐ジオパークガイドブック」，松陽印刷所，183pp.
- 島根地質百選選定委員会（2009）島根地質百選「トカゲ岩・屏風岩と火山の火道」<http://www.geo.shimane-u.ac.jp/geopark/tokageiwa.html>
- 山内靖喜・沢田順弘・高須晃・小室裕明・村上 久・小林伸治・田山良一（2009）「西郷地域の地質．地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）」産総研地質調査総合センター，121pp.

（2013年2月1日受付，2013年2月14日受理）