

## 京都府笠置町、布目川の甌穴群について

鈴木 富志郎\*・青木 哲哉\*\*

### I. はじめに

甌穴（おうけつ、Pothole）は、ある特定条件のもとで形成される侵蝕（磨蝕）地形である。これは、流水中を運ばれてきた小礫が、渦流を生じて河床などを侵蝕してできた円筒型などのくぼみをさし、水などをいれる容器をあらわす“甌”および“Pot”の語が、端的にその形状をあらわしている。その典型的な形態は、直径・深さとも 1 m 程度の円筒型をなすが、スプーン型（浅い皿型）、溝穴型、菊花型などになることもあり、二つの甌穴が複合する型、あるいは片側の縁が崩れた半円筒型（ないしは半球型）を呈する場合も少なくない。これらの形態は流水の水量、流速、河床の岩盤などによって異なり、砂岩、頁岩などの比較的柔らかい岩盤のところに成立しやすい。甌穴は河床に多くみられるが、海岸などにもでき、中には数mにおよぶ巨大な穴に成長する場合もある。

1932年に Alexander<sup>1)</sup> によって指摘された甌穴は、その後世界各地で研究例が発表されてきた。ところが、わが国にあっては甌穴が小規模・局地的で、人間生活に直接の影響がないものであるだけに、これまでも関心はあらわれないことが少なかった。甌穴に関するま

とまった論攷としては、筆者らの管見するかぎり、伊藤隆吉による一連の研究と報告<sup>2)</sup> がみられる程度である。これらの論攷では、水流による侵蝕型の一つとして甌穴が研究されており、主に甌穴の形態分類や形成機構について論じられている。しかしながら、一つの河床において甌穴の各形態が形成されやすい場所や、地形面ごとの甌穴規模に関する考察は十分なされていない。このように、わが国では甌穴が第2次世界大戦前から研究されてきたにもかかわらず、それだけを取り上げた報告例が少ないため、今後さまざまな観点からの研究を蓄積する必要があるといえよう。

本稿では、こうした点を考慮して、いまだ研究例のない布目川の甌穴に関する調査報告を行いたい。調査では、まず縮尺500分の1の空中写真によって甌穴の分布を予察し、次に現地で甌穴の確認と計測、ならびに地形面の観察を行った。計測は、メジャーを使って甌穴の長径および深さ（最大深度）について実施した。その後、現地で確認された甌穴と地形面の位置を、500分の1空中写真と照合し、より正確な位置を求めた。

### II. 調査地域と周辺の概要

笠置町は、京都府の南東端に位置し、奈良市に隣接している。町域はそのほとんどが山

\* 立命館大学文学部

\*\* 立命館大学文学部非常勤講師



第1図 地域概観図

地で占められているが、第1図のように町域をほぼ二分する形で西流する木津川が花崗岩を侵蝕して峡谷を形成している。町の中心は、これにかかる笠置橋付近である。

調査対象となった布目川は、大和高原（都介野盆地）を水源とし、笠置山塊を北に向かって流れ、笠置橋のやや東で木津川にそそぐ一級河川である。河流は、布目橋の北にある標高 170 m ほどの小丘陵で直進をさまたげられ、布目橋からほぼ直角に曲がって方向を西へ変えるが、かつては小丘陵の東側にまわり、そこにある飛鳥路集落をぬけていたのではないかとする報告もある<sup>3)</sup>。また、この付近には断層も多く、木津川右岸には島ヶ原断層が急崖となって東西に長くのび、南側の山地には白砂川沿いに狭川断層崖が、柳生盆地西方には大柳生断層崖が認められる。

いずれにせよ、布目川の河谷に甌穴が認められるのは、布目橋から木津川にいたる数

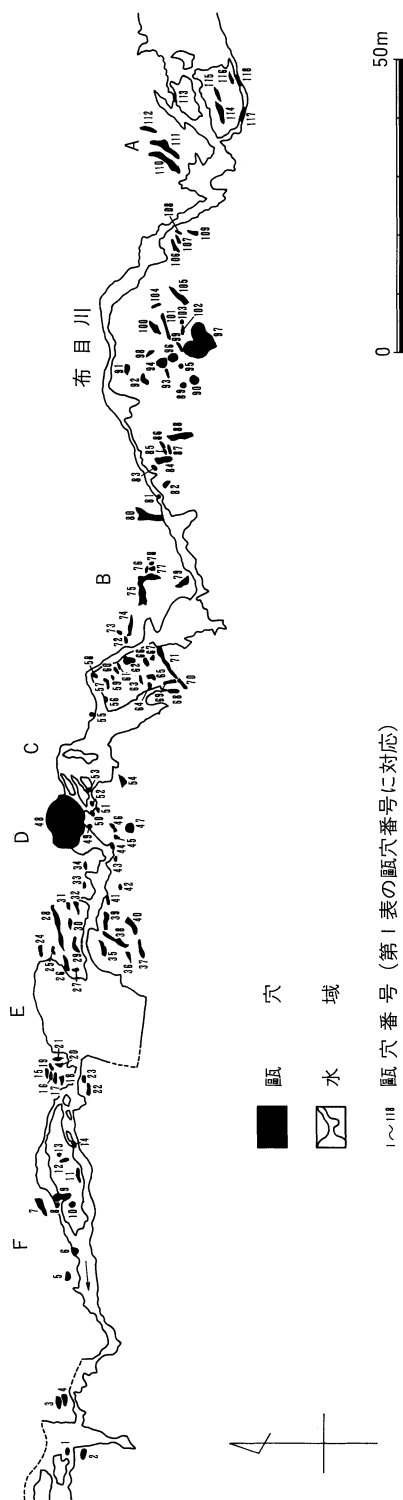
100 m の間で、そこでは谷底に花崗岩が露出している。中でも今回の調査地域は、布目橋の下流およそ 250 m 地点から木津川までの間であり、そこには極めて多くの甌穴が存在している。甌穴は木津川本流にも視認されているが、今回は布目川下流部に限定しての報告としたい。

### Ⅲ. 甌穴の規模と形態

#### 1. 甌穴の長径・深さについて

第2図をみると、調査地域の甌穴は合計118穴認められる。ただし、今回は長径 20 cm 未満で、深さ 5 cm 以内の極めて小規模な甌穴は調査しておらず、加えて第2図の甌穴番号5より下流側では十分な調査が行えなかったため、調査地域の甌穴数はもう少し増えると考えられる<sup>4)</sup>。

甌穴数を長径と深さごとに示した第1表に



第2図 布目川下流における罎穴の分布

よると、調査地域の罎穴群には、長径 2 m 以上、1 m 以上 2 m 未満および 1 m 未満のものがほぼ均等にみられる。ただし、調査では極めて小規模な罎穴を計測していないので、実際には長径 1 m 未満の罎穴数が、第 1 表の数より増加すると思われる。第 1 表に示した長径 2 m 以上の罎穴には、調査地域で最大となる長径 8.3 m のもの(第 2 図の罎穴番号 28)をはじめとして、5 m 以上のもの(罎穴番号 48・71・75・88・97)が 6 穴含まれている。布目川が小規模な河川であるにもかかわらず、調査地域では少数ながら極めて良好に発達した罎穴が認められる。一方、深さについては、60 cm 未満の罎穴が全体の約 80% を占め、比較的浅い罎穴が数多く存在する。逆に、深さ 2 m 以上の罎穴(罎穴番号 9・48・80・97)は 4 穴確認されており<sup>5)</sup>、長径と同様に深さについても、大規模にうがたれたものが少数みられる。

## 2. 罎穴の形態別規模と分布

調査地域の罎穴群には、6 種類の形態が認められる。これらは、第 3 図に示したスプーン型、滝つぼ型、溝穴型、罎穴(かめあな)型、ひょうたん型および複合罎穴型である<sup>6)</sup>。第 2 表にあげたように、スプーン型の罎穴数が最も多く、溝穴型がこれにつづく。両型の合計罎穴数が、調査地域で確認された総罎穴数の約 76% を占めることから、布目川下流部では面状回流によって形成されるスプーン型と溝穴型に代表される罎穴群が発達しているといえる。

それぞれの長径をみると、スプーン型が 1 m 以上 2 m 未満と 1 m 未満のものが多いのに対して、溝穴型は 2 m 以上が最も多い。溝穴型の多くは、調査地域の河床に発達する

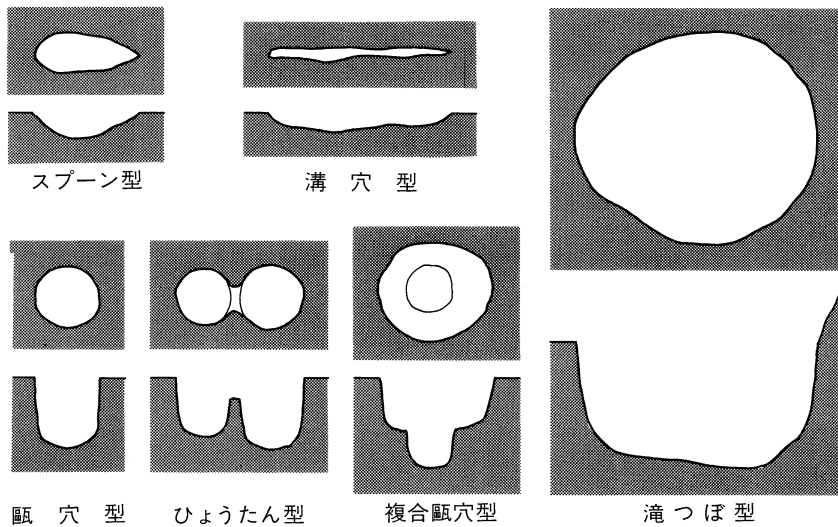
第1表 布目川下流における甌穴の長径・深さ別個数

	長径 2 m 以上	長径 1 m 以上 2 m 未満	長径 1 m 未満	合 計
深さ 1 m 以上	6	3	0	9
深さ 80 cm 以上 1 m 未満	2	0	2	4
深さ 60 cm 以上 80 cm 未満	5	1	2	8
深さ 40 cm 以上 60 cm 未満	14	7	9	30
深さ 20 cm 以上 40 cm 未満	5	16	10	31
深さ 20 cm 未満	1	11	12	24
合 計	33	38	35	106

\* 深さが計測不可能な甌穴は、含まれていない。ただし、深さ 1 m まで計測できたものは含まれている。

北東—南西方向と東北東—西南西方向の節理のうち、後者に沿って形成されている。この方向は、増水した布目川の流下方向にあたる東—西方向とほぼ一致する。布目川下流部では、両岸に山地がせまっているため、増水時の水流は河谷からあふれ出すことなく、水位を上げたまま下流方向にあたる西方へ勢いよく流下する<sup>7)</sup>。こうした増水時の水流によって、溝穴型の甌穴が東北東—西南西方向の節理に沿って大規模に細長く発達したと考えら

れる。スプーン型についても、この方向の節理に形成されていることが多く、布目川下流部でスプーン型と溝穴型が卓越する大きな原因の一つは、洪水方向とほぼ同じ向きの節理が存在していることといえる。また、調査地域の河床が固い花崗岩からなっていることも、その原因に加えられる。河床の岩盤が固いがゆえに、水流が深くうがつことができず、節理に沿って浅く形成される両型の甌穴が大きい割合を占めるにいたったと考えられる。



上段：平面図、下段：断面図  
第3図 甌穴の各形態（模式図）

第4図でスプーン型と溝穴型の分布をみると、調査が不十分な甌穴番号5より下流側を除いて、両型の甌穴は調査地域全域に比較的偏りなく形成されていることがわかる。このことから、布目川の増水によって水没した場所には、全域に面状回流が発生すると考えられる。

調査地域では、スプーン型と溝穴型に次いで甌穴型の甌穴数が多く、滝つぼ型、ひょうたん型ならびに複合甌穴型は極めて少ない。第2表に示した甌穴型の長径をみると、1m未満のものが22穴中14穴と多く、長径が大きくなるにしたがってその数が少なくなる。これは、甌穴型が渦動回流によって側面だけでなく、下方へも深くうがたれて発達していく特徴をもち、深さの割に長径が発達しないためと考えられる。調査地域の甌穴型は、深さの平均が70.3cmであるのに対し平均長径が89.3cmを示し<sup>8)</sup>、中には第2図に示した甌穴番号52・81のように、長径より深さの大きいものが認められる。

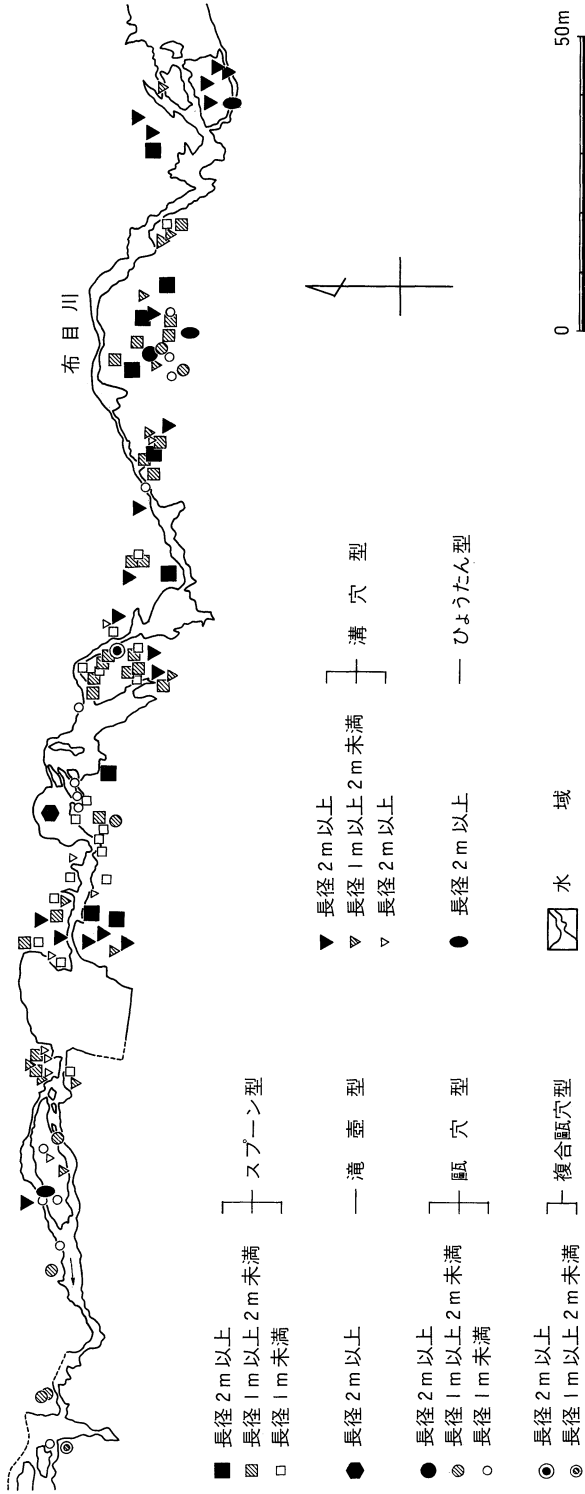
このような甌穴型とは対照的に、滝つぼ型とひょうたん型とは、長径2m以上の大規模なものばかりであり、また複合甌穴型には長径1m未満の小規模なものが認められない。これは、それぞれの形成機構と深く関係

している。滝つぼ型は、河流の落下地点が侵蝕力の極めて大きい円筒流によって掘削されてできるため、一般に大規模であることが多い<sup>9)</sup>。調査地域においても、2番目に大きい長径8mの滝つぼ型甌穴(第2図の甌穴番号48)が存在する。他方、ひょうたん型が大規模なのは、隣り合う二つの甌穴型が連結した結果、この型の甌穴が形成される<sup>10)</sup>からである。さらに、複合甌穴型は上部の甌穴型がある程度の大きさまで発達した後、その底に新たに甌穴ができると思われるため、長径が大きいのである。

以上のような甌穴型、滝つぼ型、ひょうたん型および複合甌穴型の甌穴は、第4図によるとその分布に偏りがみられる。調査地域において、これらの甌穴は第2図の甌穴番号14より下流側、甌穴番号47~53付近、および甌穴番号89~97付近の3か所に集中する。これら以外の場所には、甌穴番号62の大規模な複合甌穴型を除くと、小規模なものが若干散在するのみである。こうした分布状況は、甌穴型、ひょうたん型、複合甌穴型の甌穴を形成する渦動回流、ならびに滝つぼ型をつくる円筒流が局所的に発生することを示している。

第2表 布目川下流における甌穴の長径・形態別個数

	長径 2 m 以上	長径 1 m 以上 2 m 未満	長径 1 m 未満	合 計
スプーン型	9	23	18	50
滝つぼ型	1	0	0	1
溝穴型	19	13	8	40
甌穴型	1	7	14	22
ひょうたん型	3	0	0	3
複合甌穴型	1	1	0	2
合 計	34	44	40	118



第4図 布目川下流における甌穴の長径と形態

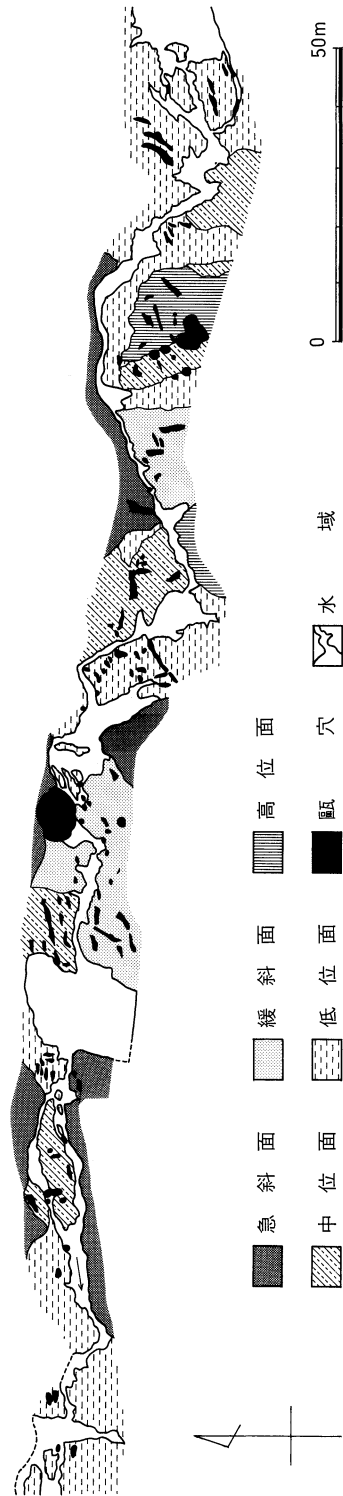
#### Ⅳ. 地形面と甌穴の特徴

##### 1. 河床勾配と地形面について

調査地域では、布目川の河床勾配が総じて急であるものの、緩急の変化に富んでいる<sup>11)</sup>。布目川の河床勾配は、第2図に示したA地点から急になり、ここから布目川が急流をなして流下しはじめる。B地点からは緩やかな勾配をなすものの、C～D地点間には、岩盤が布目川を横断するように突きでており、これに遮られた河流は岩盤の一部をわずかに侵蝕してあふれだしている。流出した河水は、その直後 1.5～2 m の高度差を滝のように流下し、滝つぼ型甌穴（第2図の甌穴番号48）にそそぎ込む。C～D地点間では、このような急流が2か所にわたってみられる。D地点からは、A～B地点間とほぼ同じ比較的急な勾配になり、E～F地点間はさらに急な勾配を川が流下する。F地点からは極めて緩やかな勾配となって、その後布目川は木津川に合流する。

一方、布目川の河谷底は、形態からみて急斜面、緩斜面、高位面、中位面および低位面に区分される。第5図は、調査地域におけるこれらの地形面の分布状況を示したものである。急斜面は、山地の麓斜面であり<sup>12)</sup>、中には布目川の側方侵蝕によって崖をなしているところがある。これに対して、緩斜面は急斜面より緩いおよそ15%の傾斜を呈している。この面は、山地側から布目川の現流路に向かって、約 2 m から 50 cm くらいまで河底からの高さを減じる。

高位面と中位面は、段丘化したほぼ平坦な面である。高位面は、布目川の河底よりおよそ 3～3.5 m 高く、第2図のB地点より上流



第5図 布目川下流における地形と甌穴の分布

側にのみ分布する。この面は、そのほとんどが面の形成後に侵蝕され、現在その面積が小さい。中位面は河底より 2~2.5 m 高く、F 地点より上流側に認められる。この面も、面形成後に侵蝕を受けたものの、高位面に比べて面積が大きい。低位面は、調査地域において最も低平な面である。河底との比高は数 10 cm で、極めて小規模な増水でも冠水する。この面は、調査地域全域に断片的にみられ、各地形面の中で最も大きな面積を有している。なお、高位面上には比較的大規模な橋脚の一部<sup>13)</sup>が乗り上げている。これは、最近の洪水によって上流から数 100 m 流されてきたものである<sup>14)</sup>。このことから、布目川の洪水のうち大規模なものは高位面上にもおよぶと考えられる。

## 2. 地形面ごとの甌穴の特徴

第 3 表によると、甌穴が最も多く分布するのは低位面で、次いで中位面と緩斜面に多くみられる。これらの地形面は高度が低く、およそ 2 m の水位上昇で冠水するため、比較的頻繁に水流がおよび、甌穴が形成されやすいと考えられる。逆に、急斜面と高位面には、甌穴があまり認められない。高位面は、調査地域においてその面積が他より小さい。このため、甌穴数が少ない。第 5 図をみると、高位面上に位置する甌穴の密度が、他の地形面と比べて極端に小さいとはいえない。

第 3 表で地形面ごとに甌穴の長径をみると、急斜面、緩斜面および中位面で、長径 2 m 以上、1 m 以上 2 m 未満、1 m 未満の甌穴がほぼ同じ割合でみられる。これに対して、高位面の甌穴は長径 1 m 以上がほとんどであり、この規模の甌穴割合が緩斜面、中位面および低位面より大きい。高位面は、中位面や低位面より古い時期に形成されており、現在は段丘化して頻繁に水流がおよばない。このような高位面上に長径 1 m 以上の甌穴が大きい割合を占めるのは、この面上に位置する甌穴の多くが、高位面の段丘化以前にすでに形成されはじめていたことを示唆している。すなわち、高位面が段丘化する以前に形成された甌穴が、段丘化後も洪水がおよぶため、引きつづき発達していったと考えられるのである。

一方、低位面は水位が 30 cm 程度上昇しただけで冠水するため、他の地形面より頻繁に水流がおよぶ。このため、低位面は最も新しく形成された地形面であるにもかかわらず、この面上の甌穴はある程度の規模にまで発達しており、長径 1 m 以上 2 m 未満の甌穴が多い。

甌穴の各形態が位置する地形面を第 4 表でみると、布目川下流の甌穴群で最も数の多いスプーン型と溝穴型は、すべての地形面に分布する。これに対して、甌穴型、ひょうたん

第 3 表 布目川下流における甌穴の長径・分布地域別個数

	急斜面	緩斜面	高位面	中位面	低位面	河川中	合計
長径 2 m 以上	1	8	3	9	9	4	34
長径 1 m 以上 2 m 未満	1	7	4	8	22	2	44
長径 1 m 未満	1	9	1	11	10	8	40
合計	3	24	8	28	41	14	118



第4表 布目川下流における甌穴の形態・分布地形別個数

	急斜面	緩斜面	高位面	中位面	低位面	河川中	合計
スプーン型	1	14	5	11	18	1	50
滝つぼ型	0	0	0	0	0	1	1
溝穴型	2	9	2	10	15	2	40
甌穴型	0	1	1	6	6	8	22
ひょうたん型	0	0	0	1	0	2	3
複合甌穴型	0	0	0	0	2	0	2
合計	3	24	8	28	41	14	118

型および複合甌穴型は、そのほとんどが中位面、低位面、河川中に認められる。これらの各形態は、Ⅲの2で述べたように、第2図の甌穴番号14より下流側、甌穴番号47～53付近、および甌穴番号89～97付近の3か所に集中してみられる。これらの3か所は、傾斜変換点の下流側にあたり、水流の流速が大きくなる場所である。

まず、甌穴番号14より下流側は、第2図のF地点まで河床勾配が大きい。増水時にはかなり速い水流が、調査地域の最下流部まで中位面や低位面上、ならびに河川中を流下すると考えられる。中でも、河川中に位置する甌穴番号9と14の上流側には転石がみられ、河水はこれらを乗り越えた後落下するように甌穴をうがっている。低位面上の甌穴番号3と4の甌穴も同様で、増水時に径およそ2mの巨大な転石を乗り越えた水流が、落下する地点に位置する。次に、C～D地点間の甌穴番号47～53付近では、甌穴番号53より3mおよび8m上流側で、岩盤が堰のように水流をさえぎっており、河水はその後およそ1.5～2mの高度差を滝のようになって、甌穴番号48の滝つぼ型甌穴にそそぎ込む。このため、平水時だけでなく増水時においても、この付近の流速はかなり速いと考えられる。

さらに、甌穴番号89～97付近では、上流側に高位面が分布している。水位が3m以上に上昇する大規模な増水の際、水流がこの面を乗り越えるため、下流側にある中位面と低位面には、比高1～2mの段丘崖を落下する速い水流があたることになる。

以上の3か所以外にも、少数ながら甌穴型が認められる。これらの甌穴も、水流の流速が大きいところに位置する。たとえば、甌穴番号62の複合甌穴型は、比較的大規模に発達している。この付近では、増水した水流が上流側にある中位面を乗り越え、速い速度で落下するように流下すると考えられる。また、甌穴番号81の上流側は現流路の幅がせまく、そこに径50cm程度の転石がはさまれている。水流は、この転石を乗り越えてから流速を速め、甌穴番号81の甌穴をうがつよう流れている様子が観察される。

## V. むすび

布目側下流部における今回の甌穴調査では、次の事柄が明らかになった。

- (1) 調査地域では、118穴の甌穴が確認される。これらの甌穴には、長径1m以上に発達したものが多量の、深さについては多

くが 60 cm 未満で比較的浅い。ただし、布目川が小規模であるにもかかわらず、極めて大規模な甌穴も形成されており、長径が 5 m を超えたり、深さ 2 m 以上に達するものがみられる。

(2) 調査地域では、スプーン型、滝つぼ型、溝穴型、甌穴型、ひょうたん型および複合甌穴型の 6 種類が認められる。これらのうち、調査地域の甌穴群はスプーン型と溝穴型に代表されるものである。この両型の甌穴は、急斜面を除くすべての地形面上に分布し、傾斜およそ 15% の地形面にも形成されている。これらの甌穴数が大きい割合を占めるのは、河床の岩盤に節理が多くみられることと、節理の向きと洪水方向とがほぼ一致すること、および岩盤が固い花崗岩であるため深くうがえないことによると考えられる。

(3) 高位面上に位置する甌穴の多くは、この面が段丘化する以前に形成されたものであり、現在でも大規模な増水の際にその発達が継続している。このため、中位面や低位面、緩斜面と比べて、高位面では長径 1 m 以上の比較的大規模な甌穴の割合が大きい。

(4) 低位面は、最も新しい時期に形成された地形面であるにもかかわらず、数多くの甌穴が形成され、またそれらがある程度発達し、長径 1~2 m に達しているものが多い。これは、低位面に他の地形面より頻繁に増水した水流がおよぶためである。

(5) 甌穴型、ひょうたん型ならびに複合甌穴型の甌穴は、水流の流速が大きくなる場所に形成される。とくに、岩盤が突きでているところや、高位面および転石の下流側のように、水流が落下するように流れ込む地点で、これらの型の甌穴がよく発達している。

本稿では、布目川下流部にみられる甌穴の分布、規模、形態などの特徴をとらえ、それと勾配や地形面などとの関連性について明らかにした。今後は、地形面や甌穴の形成に関与したと考えられる地盤運動に関して考察することが課題となろう。

〔付記〕本稿は、布目川における甌穴の調査とそれを観光資源として利用することの是非について、笠置町商工会から鈴木に委託された調査の報告書を修正加筆したものである。布目川に甌穴が存在することを示唆したのは、鈴木 of 旧知である竹内礼三氏（現・福山平成大学教授）であるが、同氏は旧制桃山中学の生徒であった昭和 18 年夏に地歴研究班の一員としてここを散策し、甌穴ではないかという疑念をいただいたという。これらの偶然のめぐり合わせから、一つの調査報告が行えるようになったことを、笠置町商工会（事務局長：清水一夫氏）ならびに竹内礼三氏に感謝したい。

さらに、一言の私事を付け加えさせていただけるとすれば、中学時代の鈴木に地理学への目をひらいて下さったのが、甌穴研究者であった故伊藤隆吉先生であり、本稿が先生の残された研究の足跡に一步を加えることになれば望外の喜びといえる。

なお、現地調査は平成 7 年 12 月下旬から 8 年 3 月下旬にかけて行なわれ、調査全般の企画と運営などは鈴木が、計測と作図などは青木が、それぞれ主として担当した。

#### 注

- 1) Alexander, H. S.: Pothole Erosion, journal of Geology 40, 1932, pp. 305~337.
- 2) a 伊藤隆吉『日本のポットホール』、古今書院、1979、1~132頁。b 伊藤隆吉「海岸及び河岸の甌穴侵蝕—犬吠岬及び飛騨川の甌穴群」、地理学評論 16-2、1940、77~93頁など。
- 3) 『土地分類基本調査 大阪東北部・奈良・上野』による。
- 4) 布目橋から調査地域にいたる間にも、断片的ながら甌穴群がみられるため、布目川下流部全域の甌穴数は 200 穴近くにのぼると予想される。
- 5) 深さについては、甌穴が砂礫などによって埋積され、正確な数値の計測が不可能なものが 12 穴あった。また、調査では長さ 3 m のメジャーを使用したため、深さが 3 m 以上の甌穴については正確に計測できなかった。

- 6) 前掲2) a、22～28頁によると、調査地域の甌穴にみられる6種類の形態は、次のように規定されている。すなわち、スプーン型はスプーン状または皿状に細長く、あまり深くない甌穴で、面状回流が岩盤の節理に沿って削磨して形成されたものである。滝つぼ型は、地盤に高低のある場所を河水が落下するとき、落下地点の下部が掘削されて深いカマになったものをいう。溝穴型は、面状回流が岩盤の節理に沿って細長く溝状に掘削した甌穴である。甌穴型は、最も典型的な甌穴で、形態がカメ（龜）型を呈している。渦動回流によって形成される。ひょうたん型は、二つ以上の隣り合う甌穴型が連結し、平面形がひょうたん型あるいは眼鏡型になったものをさし、また複合甌穴型は大きな甌穴型の底に小さな甌穴ができ、上下に組み重なった親子型をなしている甌穴である。
- 7) 清水一夫氏（笠置町商工会）のご教示による。
- 8) 甌穴型の長径と深さの平均値は、砂礫などの埋積によって、深さの計測が不可能であったものを除いて算出した。
- 9) 前掲2) a
- 10) 前掲2) a
- 11) 調査地域の河床勾配が緩急の変化に富んでいることには、地盤運動が関わっていると考えられるが、現在のところ詳細は不明である。
- 12) 第3図では、花崗岩が露出している範囲において急斜面の分布を示しており、山地斜面には植生がみられる。
- 13) この橋脚の一部は、大きさが 3 m×1 m×1 m くらいのコンクリート片である。
- 14) 前掲8)