

# 阿蘇カルデラ北東外輪山における湧水の分布傾向

国土交通省九州地方整備局阿蘇砂防事務所 梶原 慎一, 河上 眞広  
 日本工営株式会社 ○湯澤 樹, 田方 智  
 大日本コンサルタント株式会社 阿部 征輝, 金山 健太郎

## 1. はじめに

2015 年鹿児島県南大隅地域舟石川の崩壊や、2018 年大分県中津市耶馬溪の金吉の崩壊など、火砕流台地周縁部においては、無降雨時に深い地下水が関与した深層崩壊が発生している(無降雨時等の崩壊研究会,2020 など)。このような現象が発生する場の特徴としては、「第四紀火砕流堆積物」「台地との明瞭な比高差を有する」「透水性の高い地層と不透水層の境界付近の湧水の存在」が挙げられている(無降雨時等の崩壊研究会,2020 など)。

本対象地域である阿蘇カルデラにおいても、第四紀火砕流堆積物による台地が広がり、地下水が集中する溪流が推定されている(清崎ら, 2021 など)。また、溶岩や火砕流堆積物、降下火砕物など透水性の異なる地層が連続的に積み重なっており、帯水構造の存在が示唆される。そのため、阿蘇カルデラ内においても、地下水型の崩壊が発生する可能性がある。

上記観点から、阿蘇カルデラ北東外輪山を対象に、2022 年 2 月～2022 年 10 月にかけて、3 時期の UAV による空中電磁探査調査と現地での水文調査を実施して、地下水分布調査を行った。本稿は 3 時期の水文調査結果の内容について報告する。

## 2. 調査概要

### 2.1 阿蘇カルデラ概要

阿蘇カルデラは約 27 万年前から活動を開始し、約 9 万年前の Aso-4 火砕流による広大な火砕流台地を形成するまで、4 回の大規模火砕流が発生している。東西 18km, 南北 25km のカルデラであり、カルデラ中央部においては、中央火口丘群が存在する。

当該地域の過去の主たる土砂災害としては、平成 2 年の一の宮災害、平成 24 年九州北部豪雨、平成 28 年の熊本地震などがある(久保田ほか, 2012 など)。いずれの災害をもたらした土砂移動現象は、誘因に違いはあるものの、表層の火山灰及び崖錐の表層崩壊や岩盤崩落等が主である。

### 2.2 調査概要

本調査対象溪流の中園川 1 は、阿蘇カルデラ北東外輪山に位置し、流域面積 0.030km<sup>2</sup> の土石流危険溪流である。北東外輪山は阿蘇カルデラ内で最も比流量が高い地域となっている(図 1)。中園川 1 の溪流背後は九重山まで平坦な火砕流台地が広がり(図 2,写真 2)、台地上には阿蘇カルデラ壁の湧水標高よりも高い大蘇川などの河川が阿蘇カルデラとは逆方向に流れている(図 1)。

調査は少雨期として 2022 年 2 月 22 日、降雨期として 2022 年 7 月 26 日、降雨期後として 2022 年 10 月 25 日に計 3 回実施した。2022 年の降雨の傾向としては、6 月～8 月が最も降雨量が多くなり、1 月～3 月が最も降雨量が少なくなる。一方で、9 月 18 日～9 月 19 日に台風 14 号が到来し、短期間降雨量が多くなっている(図 3)。水文調査は、現地での地表踏査に加え、湧水・渓流水の簡易水質調査(電気伝導度、水素イオン濃度など)、および流量調査を実施した。また主要な湧水に対して年代分析を実施した。

## 3. 調査結果

### 3.1 流域概要

中園川 1 流域全体として、湧水地点が標高 600m, 標高 650m(右支川のみ)、標高 710m 付近に認められた(図 4)。標高 600m 付近の湧水 0 は溪流流量のほぼ

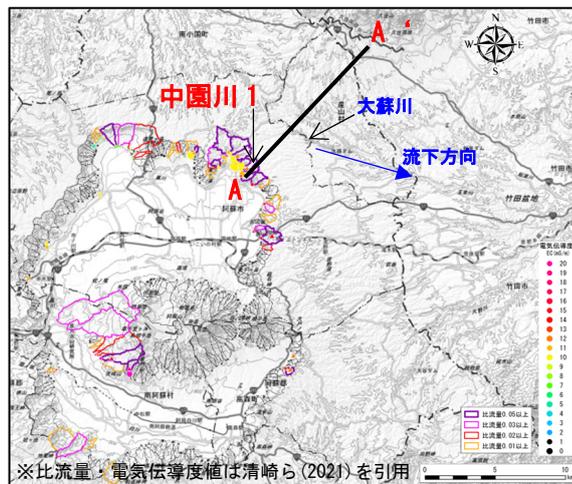


図 1 調査対象箇所位置図

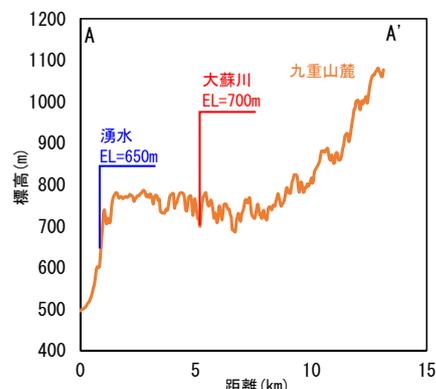


図 2 阿蘇北東カルデラ地形(A-A')

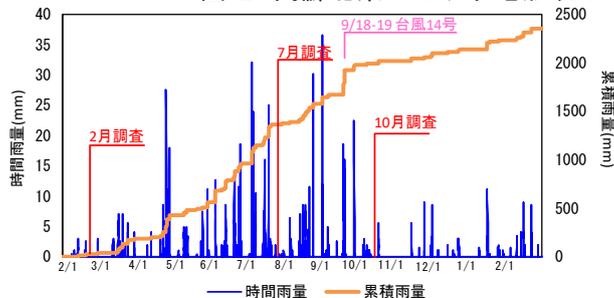


図 3 2022 年降雨状況



図 4 中園川 1 の流域概要

全量を規定している。標高 650m の湧水 4 は右支川 1 箇所のみ認められる。標高 710m 付近の湧水は広く認められるが、湧水量は微量であり、少雨期は下流域で伏流する。標高 600m と標高 650m の湧水は溶結凝灰岩の亀裂又は溶結凝灰岩直下の崖錐堆積物から認められる一方で、標高 710m 付近の湧水は明瞭な地層境界からではなく、溪床堆積物の複数箇所から流出する特徴がある。

### 3.2 湧水量の変化

各月に調査した湧水量の変化率を図 5 に示す。

2 月～7 月の湧水量変化においては、全体的に湧水が微量に減少している。一方、湧水 4 においては、唯一顕著に湧水量が増加している。また電気伝導度は全体的に減少しているため、降雨による影響と推定される(表 1)。

7 月～10 月の湧水量変化においては、全体的に湧水量が増加している。湧水 6 については、2 月と 7 月の調査時には染み出る程度であったが、10 月に顕著に増加し、下流域も伏流せず地表流となっている。一方、湧水 4 については、唯一湧水量が顕著に減少している。また 10 月の電気伝導度は全体的に 2 月の値に近づいており、基底値に戻りつつあると推定される(表 1)。

2 月～10 月の湧水量変化においては、全体的に湧水量が増加している一方で、溪流 1 と湧水 2 には、ほとんど変化していない。

### 3.3 湧水年代

SF<sub>6</sub> を利用した湧水年代測定を実施した。標高 600m 付近(湧水 1,2)は約 30 年、標高 650m 付近(湧水 4)は約 14 年となり、いずれも滞留時間が長く、深い地下水であることが示された(表 2)。また近傍の手野の湧水(標高 650m)は約 20 年(利部ら, 2011)であり、本調査結果とも整合的である。

## 4. 湧水の分布傾向

標高 650m の湧水 4 のみ、降雨期に顕著に湧水量が増加している。一方でその他の湧水については、降雨期後に増加している。また、溪流 1 と湧水 2 は年間通してほとんど変化がないのも特徴である。以上のように、同一溪流内であっても、標高や湧水位置によって、湧水量の変化傾向が異なり、各箇所によって地下水の流動形態が異なることが推定される。湧水の変化と地下の構造を含めた考察については、別稿で詳細に記載する。

## 5. おわりに

本調査においては、阿蘇カルデラ内の特に比流量が大きいエリアにおいて、湧水の分布傾向と季節的な湧水量の変化を明らかにした。阿蘇カルデラ内には、常時流水がない溪流や、比流量が高い溪流と常時流水が認められない溪流が隣接するなど、地域によって地下水の分布傾向が異なることが推定される。今後は前述の溪流で引き続き調査を実施していく予定である。

### 【謝辞】

本検討にあたっては、鹿児島大学の地頭菌教授には貴重なご意見を頂いた。ここに深甚の謝意を表す次第である。

### 【参考文献】

無降雨時等の崩壊研究会(2020):第 3 回研究会資料, 資料 3 崩壊メカニズム. 清崎ら(2021):阿蘇カルデラにおける地下水型崩壊発生の危険箇所抽出. 2021 年度砂防学会発表会概要集, P2-024. 久保田ら(2012):平成 24 年 7 月九州北部豪雨による阿蘇地域の土砂災害. 砂防学会誌, Vol.65, No.4, p.50-61. 利部ら(2011):阿蘇カルデラ内における地下水の流動機構. 日本水文科学誌, 第 41 巻, 第 1 号, 1-17.

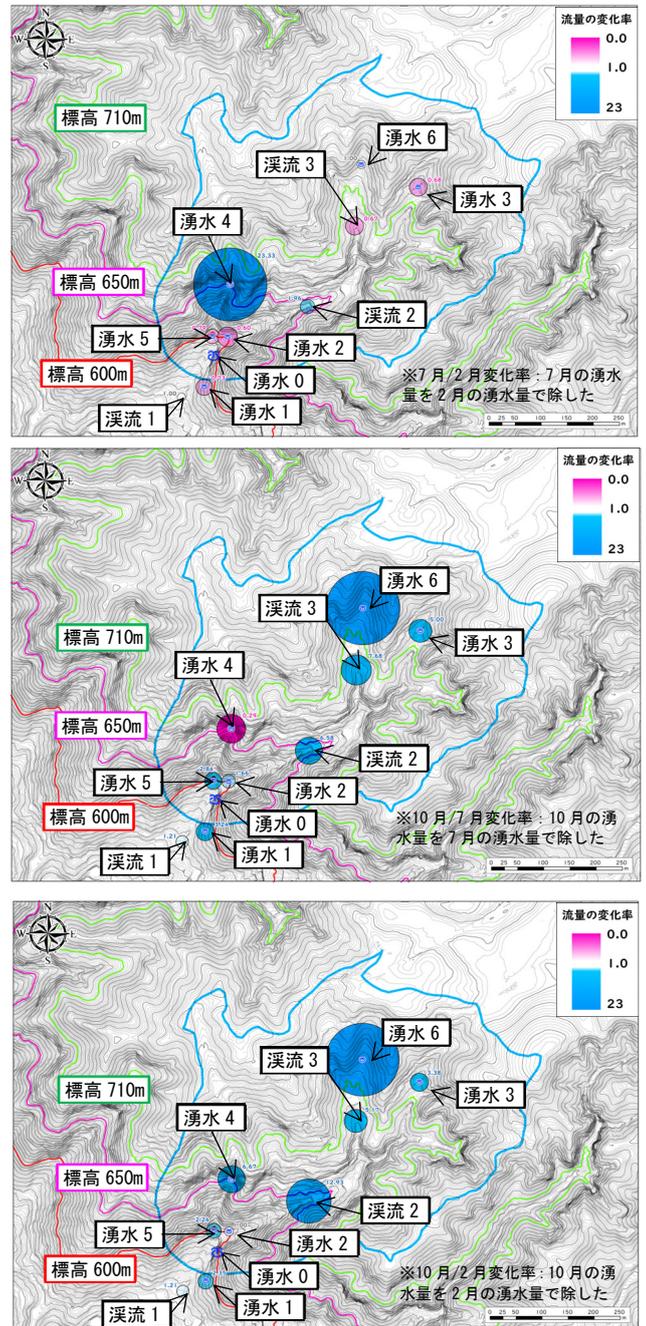


図 5 各調査時期の差分結果  
(上:7月/2月, 中:10月/7月, 下:10月/2月)

表 1 各調査時期・地点の調査結果

調査地点	調査箇所	標高(m)	EC(mS/m)			水温(°C)			流量(m <sup>3</sup> /s)		
			2月	7月	10月	2月	7月	10月	2月	7月	10月
溪流1	湧流水	570	10.33	8.71	10.25	12.20	16.10	13.20	0.101900	0.101900	0.123800
湧水1	湧水	600	10.40	8.75	10.29	13.60	16.20	13.70	0.000864	0.000628	0.002033
湧水2	湧水	600	10.94	8.74	9.98	13.50	15.80	13.10	0.001933	0.001164	0.001933
溪流2	湧流水	650	8.58	8.20	10.36	4.30	16.60	12.70	0.000291	0.000571	0.003760
溪流3	湧流水	675	10.24	9.78	10.07	6.00	22.10	13.70	0.000554	0.000373	0.002867
湧水3	湧水	710	10.70	9.27	9.68	8.50	19.50	13.70	0.000099	0.000067	0.000333
湧水4	湧水	650	10.12	7.85	11.09	9.50	15.30	13.40	0.000010	0.000233	0.000067
湧水5	湧水	600	10.66	8.74	10.93	12.70	19.67	13.40	0.000698	0.000552	0.001567
湧水6	湧水	730			10.31			14.10	0.000010	0.000010	0.002967

表 2 湧水年代測定結果

No.	試料名	SF年代	
		適量年代 PFM	滞留時間 PFM
1	湧水1(2月)	1992	30年
2	湧水2(2月)	1996	26年
3	湧水1(7月)	1997	25年
4	湧水2(7月)	1991	31年
5	湧水1(10月)	1998	24年
6	湧水2(10月)	1994	28年
7	湧水4(10月)	2008	14年