

## 阿蘇カルデラ外輪山における水文特性に関する考察

国土交通省九州地方整備局阿蘇砂防事務所（現所属：九州地方整備局） 梶原 慎一, 山下 聡  
 日本工営株式会社 ○湯澤 樹, 田方 智  
 大日本ダイヤコンサルタント株式会社 金山 健太郎, 篠崎 嗣浩, 金丸 諒太郎

### 1. はじめに

阿蘇カルデラ内においては、平成2年や平成24年等に集中豪雨に伴う崩壊・土石流が広範囲で発生しており、土砂災害発生の危険性の高いエリアである(例えば久保田ら,2012 など)。一方で、火山性地質の地域では地質境界や溶岩・凝灰岩層内の地下水が関与したと想定される崩壊が多く認められ、特に地下水が関与した崩壊の発生場の特徴としては「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)。

阿蘇カルデラ外輪山は透水性の異なる複数の火山噴出物で構成されており、地質境界付近に湧水が認められている(清崎ら,2021 など)。また少雨期の流量調査(清崎ら,2021 など)や降雨期の流量調査(湯澤ら,2024), 北東外輪山(中園川 1)の空中電磁探査(金山ら, 2023)により、阿蘇カルデラ外輪山の地下水集中する領域の分布が明らかにされている。それらの調査結果により、阿蘇カルデラ外輪山の水文特性は地形・地質、特に火砕流の分布が比流量分布に影響している可能性が示されている。地下水分布が地質に規定されていることが明確になれば、阿蘇カルデラ外輪山の土砂災害リスク評価の一助となることが期待される。

上記観点から、北外輪山を対象に、空中電磁探査調査と水文調査を実施し、地質の違いによる地下水の分布の差異や降雨後の流出特性の差異を明らかにする。

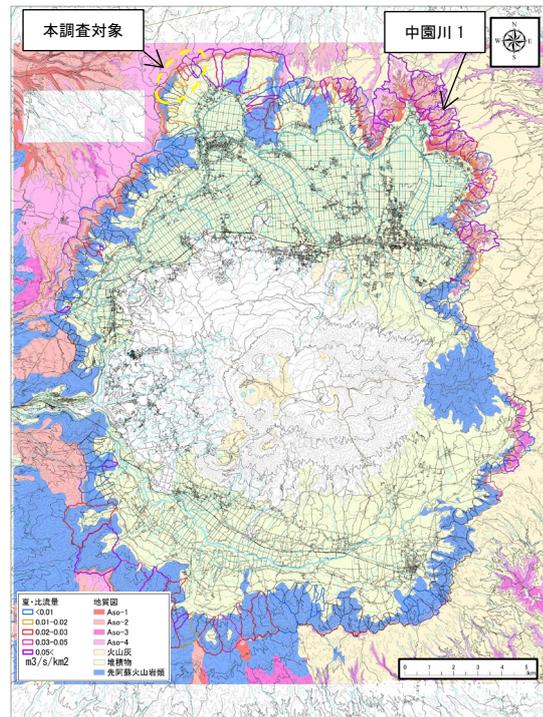


図-1 阿蘇カルデラ地形・地質概要と降雨期の比流量分布

### 2. 地形・地質・水文特性

#### 2.1 地形・地質特性

阿蘇カルデラは東西約18km、南北約25kmの円形状を呈し、カルデラ中央部においては、中央火口丘群が存在する。阿蘇火山は約30万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。これらの噴出・堆積物は古い方から順にAso-1, Aso-2, Aso-3, Aso-4火砕流堆積物と呼ばれる。

外輪山の地形は北側と南側で様相が異なる。北側はカルデラ背後に緩傾斜～平坦な広大な台地が広がり、一方で南側については、カルデラ背後に比較的急勾配の斜面となる。外輪山を構成する地質も各箇所異なる。北側～東側はAso1～Aso-4火砕流堆積物が卓越し、特に北東側は溪流内の大半が火砕流堆積物から成る。一方で南側の外輪山は、溪流内の大半が先阿蘇火山岩類の溶岩または凝灰角礫岩で構成される(図-1)。北外輪山は、溪流内の地質分布が火砕流堆積物と先阿蘇火山岩類が隣接する箇所である。

#### 2.2 水文特性

阿蘇カルデラ外輪山の降雨期における比流量分布については、特に北～北東外輪山で比流量が高く、地下水が集中している可能性が指摘される(図-1)。また降雨期・少雨期の地質の違いによる溪流数は、火砕流堆積物が卓越する溪流(以下火砕流溪流とする)の方が多くなっている(図-2)。比流量値については、火砕流溪流の方が値が高くなる傾向があり(図-3)、特に火砕流の分布範囲が広い北東外輪山の中園川1においては、異なる標高で3つの湧水が確認され、空中電磁探査調査を踏まえると、溪流背後からの地下水流入の可能性が指摘される(図-4)。

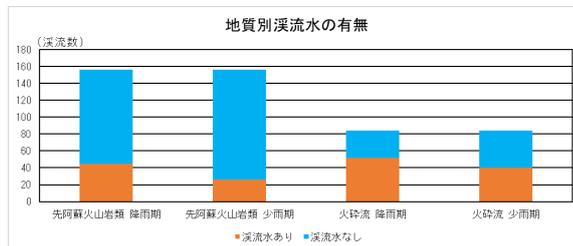


図-2 地質別渓流水の有無

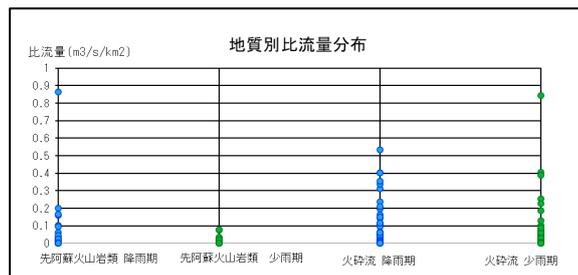


図-3 地質別比流量分布

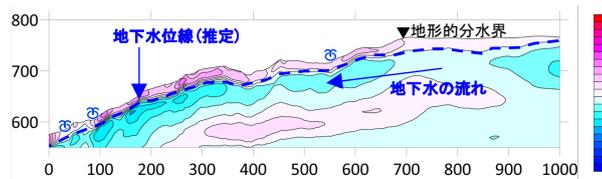


図-4 中園川1の比抵抗比率

### 3. 地質の違いによる水文特性

#### 3.1 比流量及び EC

2024年8月下旬の台風10号が通過した後、44 溪流(先阿蘇火山岩類)と 47 溪流(火砕流)の谷出口で比流量調査を実施した結果、47 溪流は通常時の比流量から大幅に増加する傾向が認められた。一方で 44 溪流は大幅な比流量の増加は認められなかった。(図-5)。また年間の流量については、火砕流溪流の方が、冬季の減少幅が小さい傾向が認められ、電気伝導度(EC)についても火砕流溪流の方が高い値を示している(図-7)。

#### 3.2 水文連続観測

降雨後の渓流水の流出状況を把握するために、43 溪流と 47 溪流の谷出口に水位計を設置し、水文連続観測を実施した。43 溪流は降雨後多少の渓流水は認められるものの、水位は上昇せず、一方で 47 溪流は降雨後に明瞭な水位上昇が確認された(図-6)。

#### 3.3 空中電磁探査

北外輪山の空中電磁探査により、火砕流溪流は溪流背後からの地下水の流入が示唆され、比較的地下深い箇所到低比抵抗が認められた。一方で、先阿蘇火山岩類溪流は地表付近に低比抵抗が認められている(図-8)。

#### 3.4 湧水年代測定

火砕流溪流の湧水は標高 600m、台地からの比高差 180m、年代は約 30 年前である。先阿蘇火山岩類溪流の湧水は標高 670m、台地からの比高差 300m、年代は約 10 年前である。火砕流溪流の湧水の方が地下水の年代が古いため、より深い地下水を集めている可能性がある。

### 4. まとめ

地質の違いによる各特性を表-1 に示す。これらの特性から、火砕流溪流の方が、地下水が深く、流域外から水を集まりやすい結果、比流量が高くなる可能性がある。阿蘇カルデラ外輪山溪流を構成する地質の大半は火砕流である。火砕流は地下水を集めやすい地質帯のため、地下水型の土砂移動現象が起こりやすいと考えられる。阿蘇カルデラ外輪山の土砂災害発生リスクは、地下水情報に加え、湧水と崖錐・岩盤の位置関係、保全対象までの距離などを総合的に評価する必要がある。



図-5 北外輪山の水文調査位置及び結果

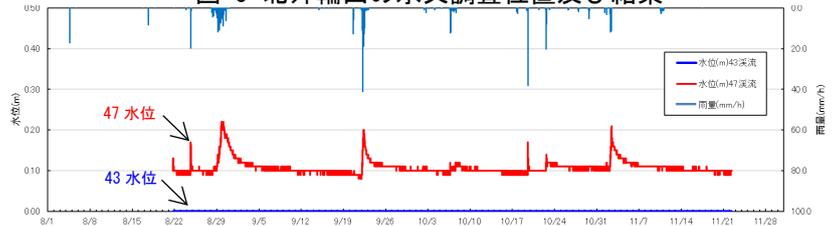


図-6 43 溪流と 47 溪流の水文連続観測

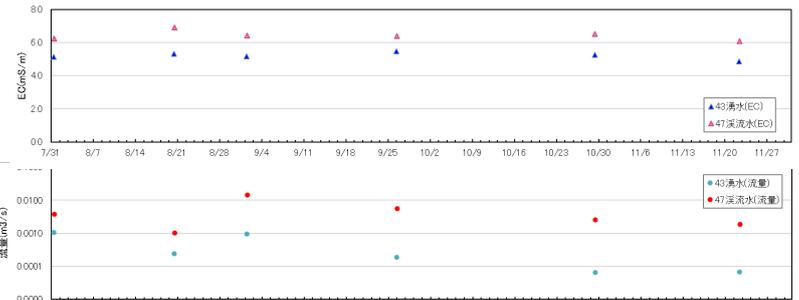


図-7 43 湧水と 47 溪流の年間の流量及び EC の変化

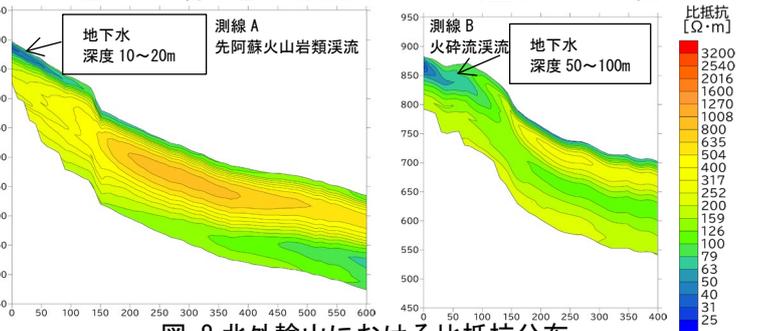


図-8 北外輪山における比抵抗分布  
表-1 地質の違いによる水文特性

項目	火砕流層	先阿蘇火山岩類
比流量	降雨後比流量が高くなる	降雨後比流量の変化が小さい
流出特性	降雨後水位が鋭敏に上昇	降雨後水位が上昇しにくい
地下水分布	深い箇所が低比抵抗(深い地下水)	浅い箇所が低比抵抗(浅い地下水)
湧水年代	年代が古い(深い地下水)	年代が新しい(浅い地下水)

【謝辞】本検討にあたっては、鹿児島大学の地頭菌名 名誉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。

【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。金山ら(2023):阿蘇カルデラ北東外輪山における 3 時期の UAV 空中電磁探査による比抵抗変化,2024 年度砂防学会発表会概要集, P-45。湯澤ら(2024):阿蘇カルデラ外輪山における降雨期・少雨期の水文特性に関する考察,2024 年度砂防学会発表会概要集, P-155。