

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

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, 新蔵 千沙都
大日本ダイヤコンサルタント株式会社 金山 健太郎

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崩壊が多く認められている(例えば、無降雨時等の崩壊研究会, 2020 など)。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により、阿蘇カルデラ外輪山の地下水が集中する領域の分布を明らかにし、深い地下水が関与する崩壊のリスクを評価している(清崎ら, 2021 など)。一方で、外輪山の地質構造は複雑であり、少雨期には認められない湧水が降雨期に認められる可能性がある。阿蘇カルデラ外輪山の土砂災害発生のリスクを評価するためには、地形・地質及び降雨期・少雨期の基底流量の関係性を議論することが重要であると考えられる。

上記観点から、阿蘇カルデラ外輪山において、降雨期の流量調査を実施し、少雨期の比流量との比較及び外輪山の地形・地質と水文特性に関する関係性について検討した。

2. 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。北側は標高700m～900mと一定であり、カルデラ背後に緩傾斜～平坦な広大な台地が広がっている。一方で南側については、標高約700m～1200mと高度差が大きく、カルデラ背後に比較的急勾配の斜面が広がり、地形の開析も進んでいる(図-1)。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-3)。

3. 水文特性

阿蘇カルデラ外輪山の少雨期における比流量分布については、清崎ら(2021)の成果があり、その成果によると特に北～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ている(図-1)。またAso-1とAso-2の境界付近に湧水が確認されている。降雨期の外輪山の比流量分布を図-3に示す。少雨期と同様に北～北東外輪山で比流量が高くなる傾向が認められる。比流量値の増加はある(図-2)ものの、全体の比流量が大きい溪流の分布に大きな違いは認められない。一方で、北西外輪山においては、降雨期のみ溪流水が認められた溪流が複数ある。また降雨期/少雨期の比流量変化率を図-4に示す。特に比流量が高い北～北東外輪山においては、変化率は高くない一方で年間通じて溪流水が認められる南西外輪山においては、変化率が高くなる傾向にある。

4. 地形・地質と水文特性に関する考察

図-5に地質別に溪流水がある溪流の数を示す。少雨期、降雨期に限らず火砕流が優勢な溪流に溪流水が多く認められ、比流量値も同様に火砕流が優勢な溪流で高くなっている(図-6)。図-3の箇所1, 2, 3においては、隣接する溪流で比流量値に違いが見られ、溶岩が優勢な溪流においては、比流量が小さいもしくは溪流水が認められない傾向にある。箇所4においては、降雨期のみに溪流水が認められ、隣接溪流と比較して火砕流が広く分布する溪流である。以上から阿蘇カルデラ外輪山の溪流水は火砕流堆積物の分布により規定されていると考えられる。これは、火砕流堆積物が透水性の異なる地層の累積により複数の帯水層を形成しやすいことが原因と推定される。一方で、南西の外輪山においては、溪流背後は明瞭な台地形を成さず、溪流内のほとんどが溶岩で構成されるが年間通じて豊富な溪流水が認められているため、他地域とは地下水構造が異なることが推定される。

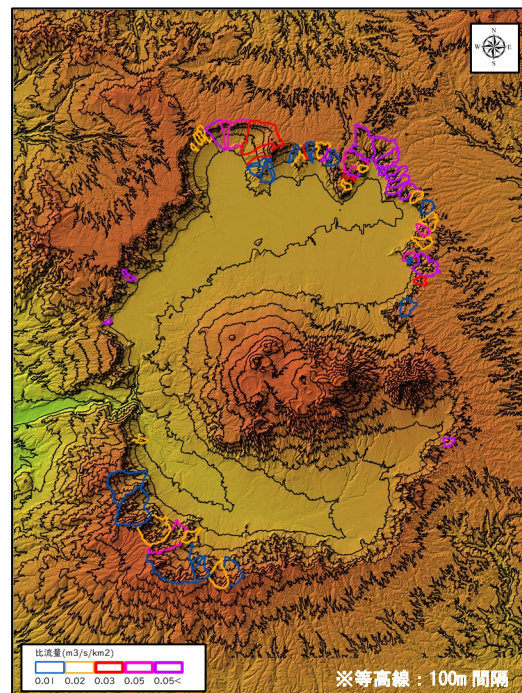


図-1 阿蘇カルデラ地形概要
と少雨期の比流量分布

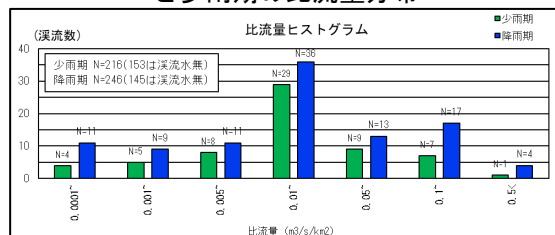


図-2 少雨期・降雨期の比流量ヒストグラム

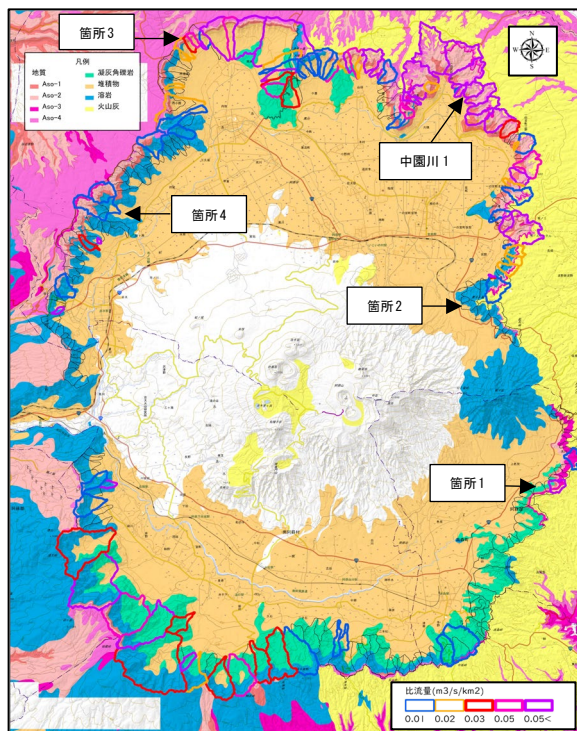


図-3 地質構成と降雨期の比流量分布

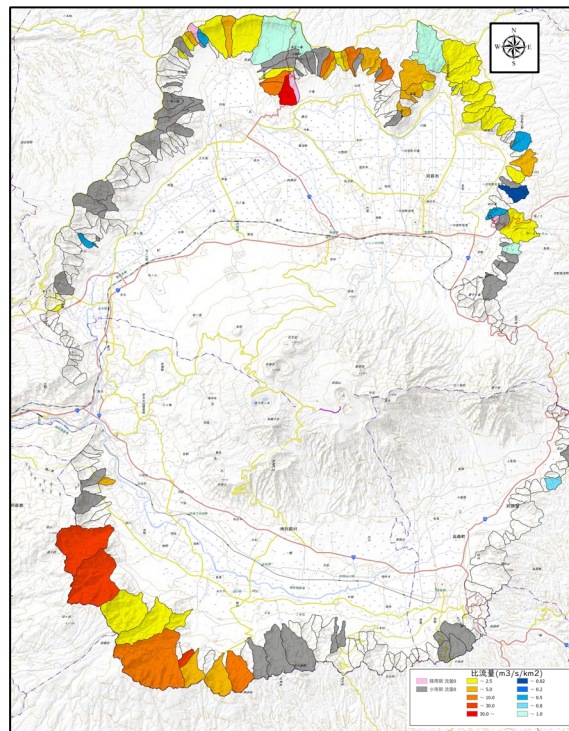


図-4 比流量変化率

5. 土砂災害リスク評価

年間通じて比流量が高い北東外輪山の中園川 1 においては、筆者らにより過年度に 2 時期(少雨期と降雨期)の空中電磁探査調査及び湧水調査を実施している。調査結果から、透水性の異なる地質境界付近から標高の異なる複数の湧水が認められ、また空中電磁探査結果から溪流背後からの地下水の流入が推定された。このように溪流背後に広大な台地を抱え、透水性の異なる地質が累積している溪流内においては、溪流背後からの地下水流入により、豊富な湧水が存在する可能性がある。年間通じて溪流水が少ない北西～西側外輪山などの溪流においても、同様な地形・地質場であれば、降雨期に地下水が集中して土砂災害のリスクが高くなる可能性がある。阿蘇カルデラ内の過去の土砂災害においては、表層崩壊が起因となって発生する土石流が主体であったが、湧水の位置や量によっては、火山地域で認められる深層崩壊のように、湧水直下の崖錐崩壊や湧水上部の岩盤崩落といった、比較的規模の大きな崩壊が生じるリスクがある。阿蘇カルデラ外輪山においては、年間通じて豊富な湧水がある北東外輪山に限らず、降雨期のみ溪流水が認められた北西～西外輪山にも同様な現象が起こるリスクはある。

6. おわりに

少雨期と降雨期の比流量分布及び阿蘇カルデラ外輪山を構成する地形・地質の関係について整理し、特に火砕流堆積物の分布が溪流水の分布に影響があることが示された。これらの検討成果は、地下水に起因する規模の大きな崩壊のリスク評価の基礎資料となることが期待される。今後は降雨期のみ溪流水が認められた北西外輪山や他地域と特徴が異なる南西外輪山における湧水位置や地下構造を調査し、想定される土砂移動現象を検討する予定である。

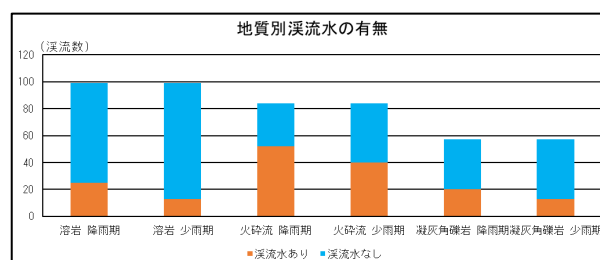


図-5 地質別溪流水の有無

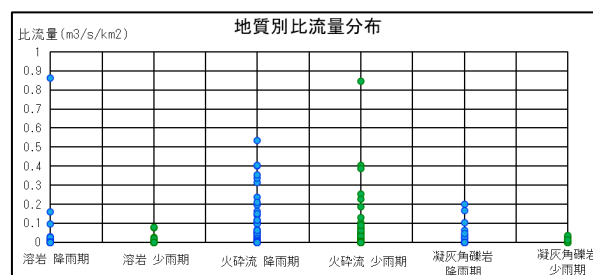


図-6 地質別比流量分布

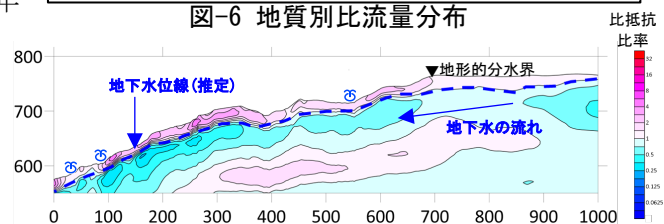


図-7 中園川 1 の比抵抗比率

【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.