

垂水市牛根地区始良カルデラ壁における 土石流災害の予知予測

岩松 暉¹・福田徹也²

¹ 鹿児島大学理学部環境科学科 (〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35)

² (株)ニュージェック東日本事業本部地質部地質室 (〒113-0024 東京都文京区西片 1-15-15)

1.はじめに

南九州では、豪雨時に斜面崩壊が多発し時として人命をも奪いかねない災害が発生している。このような災害を防ぐ有効な一手段として斜面崩壊の予知予測が挙げられる。斜面崩壊の予知予測には斜面崩壊に係わる素因と誘因を把握し、かつそれらの相互関係を見出すことが必要不可欠となるものの、必ずしもそれらは容易ではない。

斜面崩壊の素因は、斜面を構成する地質分布・地質構造などの地質状況とそれに対応する地下水の流動、湧水状況などの水文状況などが挙げられる。一方、誘因は地震動や降雨状況などがある。本研究では鹿児島県垂水市牛根地区の土石流災害(写真-1~3)に着目し、牛根地区の水文地質状況と降雨状況から土砂流出の予知予測について検討を行った。

鹿児島湾奥部は始良カルデラ¹⁾に相当し、その南西部鹿児島市竜ヶ水地区および南東部垂水市牛根地区にはカルデラ壁に相当する急崖が残っている。ここの急崖ではしばしば斜面崩壊や土石流が発生し、多くの被害を出した。近年では1993年鹿児島豪雨災害が著名である。

両地区ともほぼ同様の水文地質構造が認められる。すなわち、崖を構成する急斜面に対して受け盤構造をなしているため、平常時浸透水はこの構造に沿って流下して急崖側は水無川となっているが、豪雨時には急崖側へオーバーフローすると考えられる²⁾³⁾。このオーバーフローした浸透水が、斜面崩壊や土石流を誘発するのである。したがって急崖側へオーバーフローする時の降雨条件、つまり降雨状況とその浸透水の急崖側へのオーバーフローとの関連を見出すことが、始良カルデラ壁の崩壊・土石流の予知予測の指標になり得ると期待される。

2. 牛根地区の地形・地質

対象とした牛根地区周辺は前述のように始良

カルデラの南東部に位置しており、後背地は早崎台地ないし咲花平(さっかびら)と呼ばれる台地状地形を呈す。台地上部はほぼ平坦で南側へゆるく傾斜し、縁辺部は急傾斜を示す。このうち、北側に面した急斜面(始良カルデラ壁に相当)が牛根地区であり、南東側に面した斜面が小浜地区である(図-1)。

牛根地区を構成する地質は、図-2に示すように四万十層群を基盤とし、複数の火砕岩・火山岩ならびに堆積岩から構成され、地質構造は東西方向の走向で南へ15~30°傾斜した単斜構造を示す。このため、牛根地区では受け盤の地質構造であり、小浜地区では流れ盤の地質構造を示すこととなる。また、斜面表層には桜島を起源とする降下軽石いわゆる桜島ボラや崖錐堆積物が分布する²⁾。とくに厚く分布するのが牛根流紋岩で、節

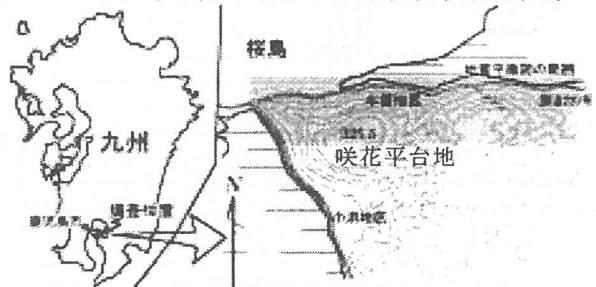


図-1 調査位置図

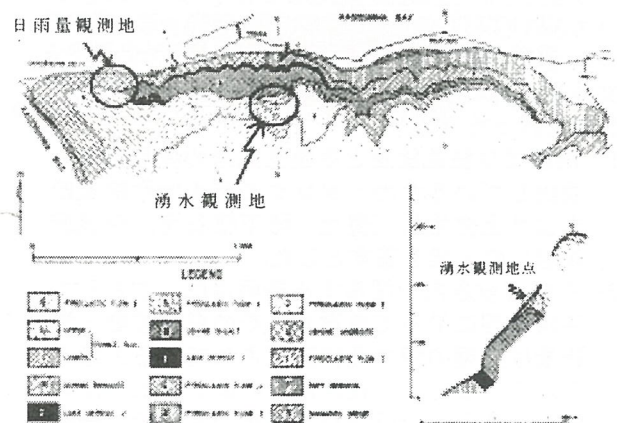


図-2 調査地域の地質平面図ならびに断面図
(小林ほか, 1977に加筆)

理に富み良好な帯水層となっている(写真-4参照)。水質地質状況は前述のとおりであり、平常時の降雨は小浜側へ流下しており、この湧水を頼りに古くから小浜集落が立地していた。牛根側は水無川であるが、ここに鹿児島市の水源地がある(図-2, 写真-5・6)。牛根流紋岩中の湧水を採取しているのである。桜島島内は水源に乏しく、井戸を掘っても温泉が湧出するため、垂水市からもらい水をしているのだという。

3. 降雨状況,湧水量ならびに土石流発生時期

(1) 降雨状況と湧水量の関係

牛根地区の雨量ならびに湧水量の観測は図-2に示す箇所で行っている。図に示すように降雨量と湧水量の観測点がほぼ同一地点に存在することから、降水量とそれに対応する湧水量の対応がほぼ1:1で求められるフィールドと考えられる。さらに、散花平台地は独立した山体であるため他の流域からの地下水の浸透も無いと考えられる。

降雨量は日雨量が記録され、湧水量も1日毎に記録されている。図-3に牛根地区における1993年4月から1999年3月までの7年間における日雨量と湧水量のハイドログラフを示す。図に示すように日雨量と湧水量には相関があり、まとまった雨が降る時に湧水量が多くなる傾向があり、詳細を見ると両者のピークには多少のタイムラグが存在する。

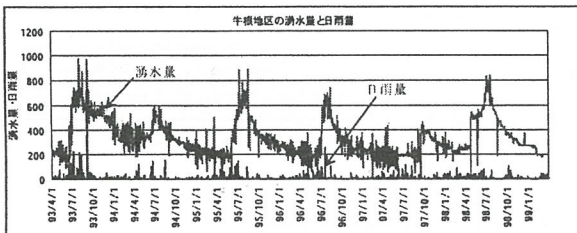


図-3 牛根地区の日雨量と湧水量

雨量と湧水量の関連性をタンクモデル⁴⁾を用いて解析を行った。なお、牛根地区のタンクモデルならびにモデル定数は始良カルデラ壁の水質地質状況を踏まえた上で以下のような手順で設定を行った(図-4)。

- 1) 湧水は牛根流紋岩と牛根玄武岩の境界部から湧出しているため、タンクモデルは牛根玄武岩より上位地層(表土, 降下軽石層, 牛根流紋岩)の3段を基本とした。
- 2) 牛根流紋岩内を浸透する降雨水は、主として柱状節理に沿って浸透し、その浸透速度・浸透量は節理の開口量に支配されていると考えられる。ここで、柱状節理の開口量は表層の風化・劣化部では開口幅が広いものの、岩盤内部では比較的密着している状態が予想される。このため、牛根流紋岩のタンクは開口量

が多いタンク(下層への排出量大)、開口量が少ないタンク、中間的なタンクの並列3段タンクを設定することにより計5つのタンクを設定した。

- 3) 次に各地層の側方への排出については、5段タンクとも常に小浜側へ流下する設定を行った。ただし、牛根流紋岩は貯留水深高がある一定量を超えると牛根地区側へオーバーフローする設定を行った。

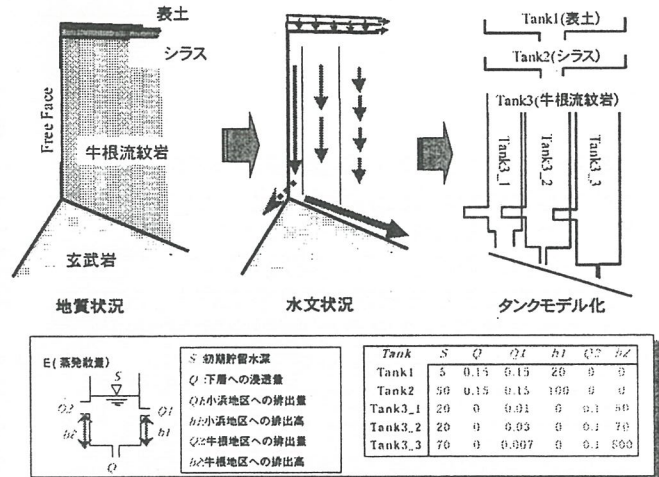


図-4 タンクモデル化の流れ(上)と主なモデル定数(下)

このようにして設定したタンクモデルで予測される湧水量と牛根地区へのオーバーフロー量のハイドログラフを図-5に示す。なお、図-5におけるオーバーフロー量は反転して右軸に示している。

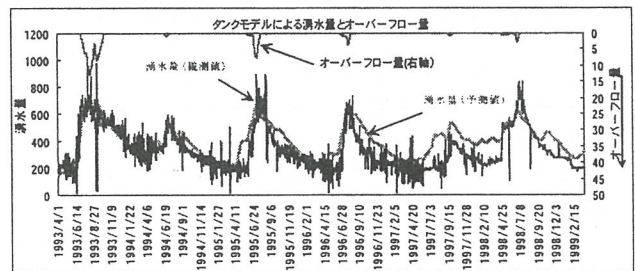


図-5 タンクモデルによる湧水量の予測値と実測値ならびにオーバーフロー量

(2) 降雨条件と流出土砂量

牛根地区における1993年4月から1999年3月までの7年間における国道220号に流れ出した土砂量(流出土砂量)と上記タンクモデルから求められたオーバーフロー量を図-6に示す。なお、図では流出土砂量の上限を1,000m³として表示しているものの、93年8月の流出土砂量は12,000m³を超える土砂が流出している。図に示すようにタンクモデルで求めたオーバーフロー量と流

出土砂量には関連性があることが分かる。さらに、図-7と同じく流出土砂量とオーバーフロー量の日あたりの増加量でみると、牛根地区へのオーバーフロー量の増加と流出土砂量にも対応関係がより明瞭に認められる。

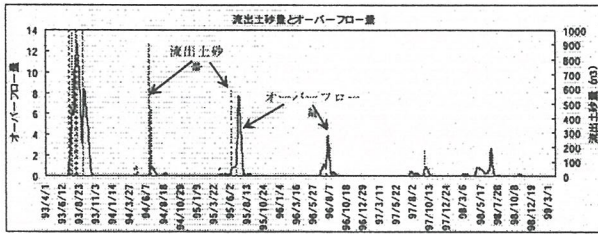


図-6 牛根地区のオーバーフロー量と流出土砂

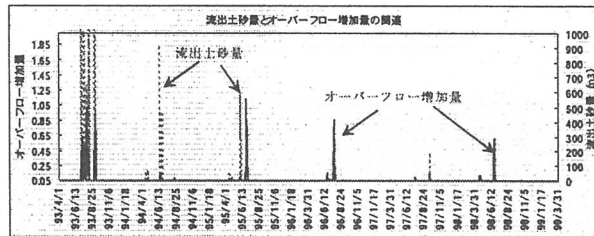


図-7 オーバーフロー増加量と流出土砂量

このことから、牛根地区へ浸透水がオーバーフローもしくはその量が増加したときに、斜面表層を覆っている不安定かつ多孔質なボラや崖錐堆積物が一時的に発生（あるいは増加）した表流水によって崩れ落下することにより、周辺の不安定土塊を巻き込み土石流化するプロセスが推定できる。さらに図-7では年々流出土砂量が少なくなる傾向も読み取れるが、これは斜面表層を覆っているボラそのものが過去の崩壊により削剥されて少なくなったことと、防災工事の進捗により崩壊頻度が減少したことによるものと考えられる。また、今回解析を行った7年間で牛根地区では計19回の土砂流出が発生している。このときの流出土砂量を縦軸にとりオーバーフロー増加量を横軸に示した散布図を図-8に示す。図より流出土砂量とオーバーフロー増加量には正の相関が読み取れる。

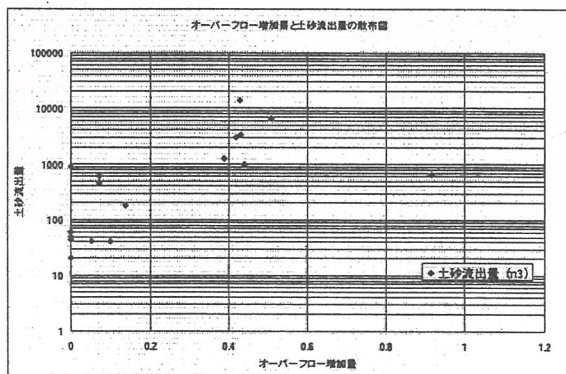


図-8 オーバーフロー増加量と流出土砂量の散布図

これらのことから、タンクモデルによる降雨解析が牛根地区における土砂災害の予知予測の指標として有効であると考えられる。

4. まとめ

1. 牛根地区における水文地質状況に応じたタンクモデルを設定することにより、湧水量の予測が可能となった。
2. 上記モデルの急崖側へのオーバーフローの増加量と同地区内の流出土砂量には、関連性が認められる。
3. よって、牛根地区における土砂流出の予知予測には水文地質状況に応じたタンクモデルによる解析が適していると考えられる。

しかしながら、今回の解析では長期にわたるデータ解析にも係わらず素因の条件を考慮していないため、今後は素因条件の変化を踏まえた解析も必要であろう。

5. 謝辞

本研究を行うにあたり、鹿児島市水道局から湧水量観測結果を、また、国土交通省九州地方整備局大隈工事事務所からは道路斜面崩壊記録データを提供していただいた。ここに記して、感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) MATUMOTO, T. (1943) The four gigantic caldera volcanoes of Kyusyu. Japan Jour. Geol. Geory., vol.19, pp.1-57.
- 2) 小林哲夫・岩松 暉・露木利貞 (1977) 始良カルデラ壁の火山地質と山くずれ災害. 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物学), no.10, pp.53-73.
- 3) 横田修一郎・岩松 暉 (1998) ボーリング調査に基づく鹿児島湾奄ヶ水急崖の地質構造. 応用地質, vol.39, no.2, pp.193-201.
- 4) 菅原正巳 (1972) 流出解析法. 共立出版.



写真-1
牛根地区の土砂流出直後の写真（1976年撮影）



写真-4
牛根地区の現状（2002年撮影）

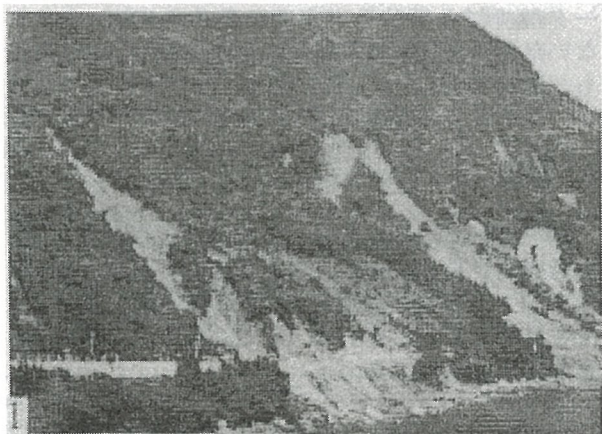


写真-2
牛根地区崩壊現場遠望（桜島口付近、1976年撮影）

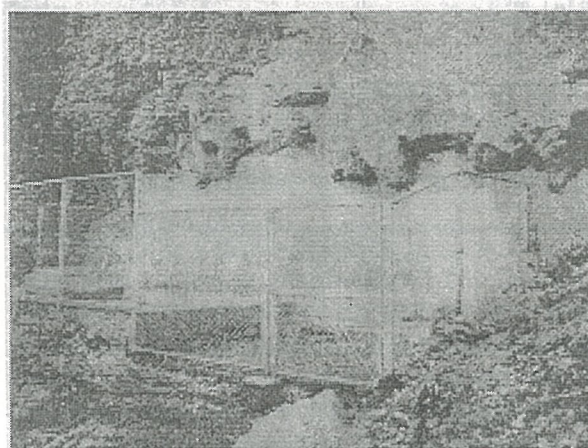


写真-5
牛根地区の湧水取水地点（2002年撮影）



写真-3
崩壊現場最上部（1976年撮影）
斜面表層に“ボラ”層が厚く堆積している。

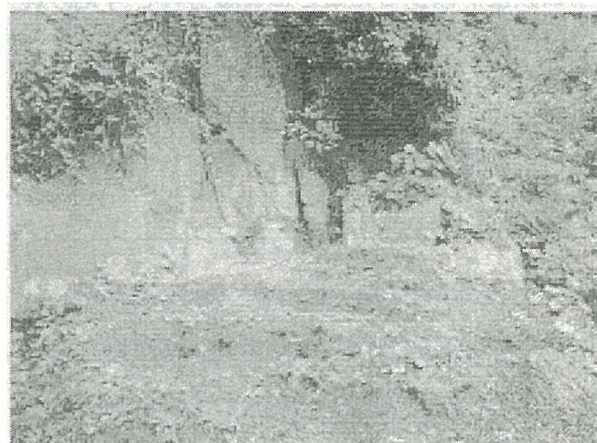


写真-6
湧水地点に立てられている石碑（水神）