

# 鹿児島県竜ヶ水地区における 土砂災害に対する観測・調査について

## SLOPE DISASTERS MONITORING CASE OF RYU-GA-MIZU AREA OF THE AIRA CALDERA WALL, KAGOSHIMA PREFECTURE

楠 覚<sup>1</sup>・池邊 浩司<sup>2</sup>・酒谷 幸彦<sup>3</sup>・原田 尚志<sup>4</sup>

Satoru KUSUNOKI, Hiroshi IKEBE, Yukihiro SAKATANI, Takashi HARADA

- 1 株式会社パスコ 関西事業部 技術1部 社会マネジメントグループ  
砂防防災チーム シニアプロジェクトマネージャー (技術士:建設部門,土質及び基礎)
- 2 株式会社パスコ 関西事業部 技術1部 社会マネジメントグループ  
砂防防災チーム プロジェクトマネージャー (RCCM:河川砂防及び海岸,道路,地質調査技士)  
(〒542-0086 大阪府中央区西心斎橋2丁目2番3号 第三松豊ビル9階)
- 3 鹿児島県土木部参事(兼)砂防課長(〒890-8577 鹿児島市鴨池新町10番1号)
- 4 鹿児島県土木部砂防課砂防係技術主査(〒890-8577 鹿児島市鴨池新町10番1号)

### 1. はじめに

平成5年8月6日の集中豪雨は、鹿児島市北部の竜ヶ水地区一帯にて崖崩れや土石流により、多くの被災者を出した。また同時に国道10号やJR日豊本線へも壊滅的な打撃を与え、始良カルデラの急崖下に車約800台、住民とJR乗客など約2,500名が一時孤立させられ、救助船により脱出すると言った危険な事態を招いた。この竜ヶ水地区一帯を始めとして、鹿児島湾縁部には比高差約200mの急崖が連担しているため崖崩れや土石流が発生し、過去概ね30年を顧みても、

- ① 1966年7月9日災害:鹿児島市三船地区(崖崩れ,死者1名)
- ② 1969年7月3日災害:鹿児島市平松地区(土石流,死者2名,重傷者1名,家屋全壊2戸)
- ③ 1971年6月20日災害:始良町白浜地区(土石流,負傷者2名,家屋全壊2戸)
- ④ 1977年6月24日災害:鹿児島市竜ヶ水地区(土石流,死者9名,家屋全壊13戸)

と土砂災害が頻発している(春山,下川(1978)<sup>4),5)</sup>。

特に、平成15年に発生した水俣・宝川内地区での土石流災害では、巡視中の消防団員が罹災するなど、土砂災害発生を事前に察知し、回避するためのシステム整備の必要性が日々高まっていると言える。本報告は、平成5年8月6日の竜ヶ水地区災害を受け、鹿児島県が継続して実施中である竜ヶ水谷

第1,第2,第4に対する観測・調査の経緯と地下水挙動や地表変位観測状況など土砂災害に対する観測・調査の現状を報告するものである。

### 2. 竜ヶ水地区における地形地質概況について

竜ヶ水地区は、鹿児島市街地の北部約5kmに位置しており、始良カルデラ西壁部にあたる。始良カルデラは、MATSUMOTO(1943)<sup>1)</sup>により提唱されたもので、図-1に示す様に鹿児島湾奥部に位置する東西23km,南北17kmの世界最大の陥没カルデラである。現在は、その大部分は海中に没しており、荒巻(1975)<sup>2)</sup>によれば約2.5万年前に入戸火砕流(この非溶結部がシラスと呼ばれている)を噴出した際に大陥没を起こして形成されたとされている(小林,岩松,露木:1977)<sup>3)</sup>。始良カルデラ西壁部における斜面地形を概観すると、鹿児島市から北部重富地区へ向かって概ね下記の3エリアに区分できる。

- ① 磯庭園～三船地区:比高170m～230m,斜面長250m～350m,平均傾斜角30°,全般に開析が進み細長い谷地形を主体とする。斜面上方は急崖を形成しているが、斜面下方は比較的傾斜が緩い開けたU字谷地形を呈する。
- ② 三船地区～竜ヶ水地区:比高230m～300m,斜面長400m～500m,平均傾斜角35°,全般に急傾斜面を主体としており、斜面上方には急崖やV字

谷が形成されている。斜面下方は開けたU字谷地形を呈する。

- ③ 竜ヶ水地区～始良町重富地区：比高 300m～500m、斜面長 500m～800m、平均傾斜角 30°～35°、全般に急峻な地形を呈する。V字谷が発達しているが開析はあまり進んでいない。斜面下方の谷は、多くが直接鹿児島湾へ流れ込むものを主体としている。

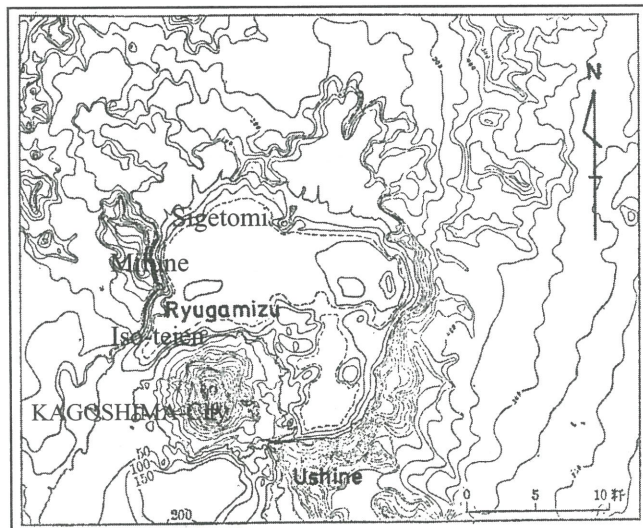


図-1 始良カルデラ全図<sup>3)</sup>に一部加筆

このような地形を成す要因には、カルデラ壁を構成する地質が大きく関わっているものと考えられる。

すなわち、カルデラ壁の北半部にはカルデラ形成前の火山活動に伴う堅硬・緻密な玄武岩や安山岩質溶岩が厚く分布するのに対して、南半部には未～半固結の凝灰質砂岩や砂層等の堆積層が分布している。平成5年8月に発生した崖崩れや土石流災害は、カルデラ壁の中・南部の磯庭園から竜ヶ水間にて多発しており、竜ヶ水谷1、第2、第4一帯はこれらの硬・軟両層の分布域となる。しかし、一方で地形・地質状況を土砂災害発生の観点から考えると

- ① 始良カルデラ壁の地質構造については、既往研究論文があるが、カルデラ壁全体の層序は詳細に解っておらず、崖崩れや土石流を励起する地質構造は未解明な点が多い。
- ② 始良カルデラ壁の斜面は、全般に30°以上の急勾配であるが、この斜面を侵食する個々の溪流自体は流域面積が比較的小さく、度重なる大量の土砂移動、特に土石流を発生させるメカニズムは未解明な点が多い。
- ③ 始良カルデラの形成過程を考えると、カルデラ壁は基本的に溶岩や火砕流堆積物、あるいは火山性堆積物の累重であると考えられる。これら各層の傾斜は、図-2に示す様にカルデラが陥没して形成されたとするとカルデラ

中心（鹿児島湾側）からカルデラ壁外側（台地側）へ緩傾斜しているものと考えられる。したがって、降雨は地中へ浸透した後、台地側へ地下水となって移動すると推定されるが、カルデラ壁の斜面上方には恒常的な湧水が認められており、この湧水が斜面表面侵食を促進し不安定化を助長している。

と言った説明すべき問題点が抽出された。

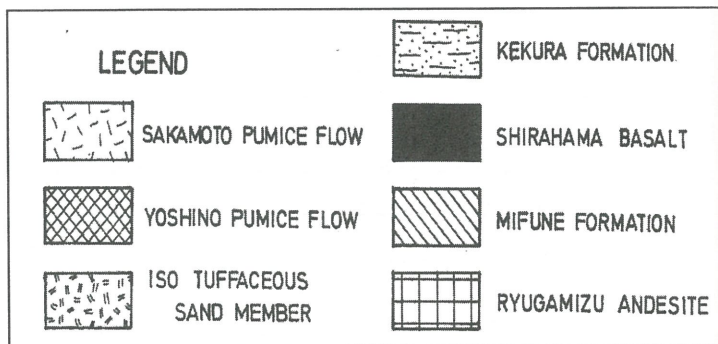
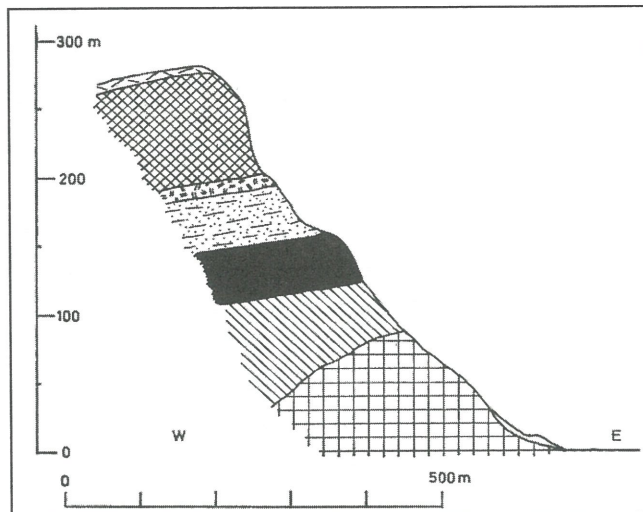


図-2 竜ヶ水地区地質断面図と模式層序<sup>3)</sup>

### 3. 竜ヶ水地区における観測・調査の取り組み

鹿児島県では、平成5年8月の災害発生を受け、

- ① 緊急災害対応（災害復旧・災害関連事業展開）
- ② 地形・地質踏査（土砂災害発生メカニズム解明のための緊急調査）
- ③ カルデラ壁における崩壊地、土石流調査
- ④ 土砂災害発生メカニズムの防災基礎調査（カルデラ壁からの土砂災害発生メカニズム解明を目的として）

等を行ってきた。

ここで、②は地形・地質に関する詳細情報入手を、また③についてはカルデラ壁からの有害土砂流出状況を把握する事を目的とし、④は防災基礎情報の収集を目的としたものである。

なお、カルデラ壁からの土砂災害が繰り返し発生している重大性を鑑み、適宜鹿児島大学を中心とする有識者等による技術指導の下で検討会を行っている。

図-3に竜ヶ水地区における調査業務の概略の流れを示す。

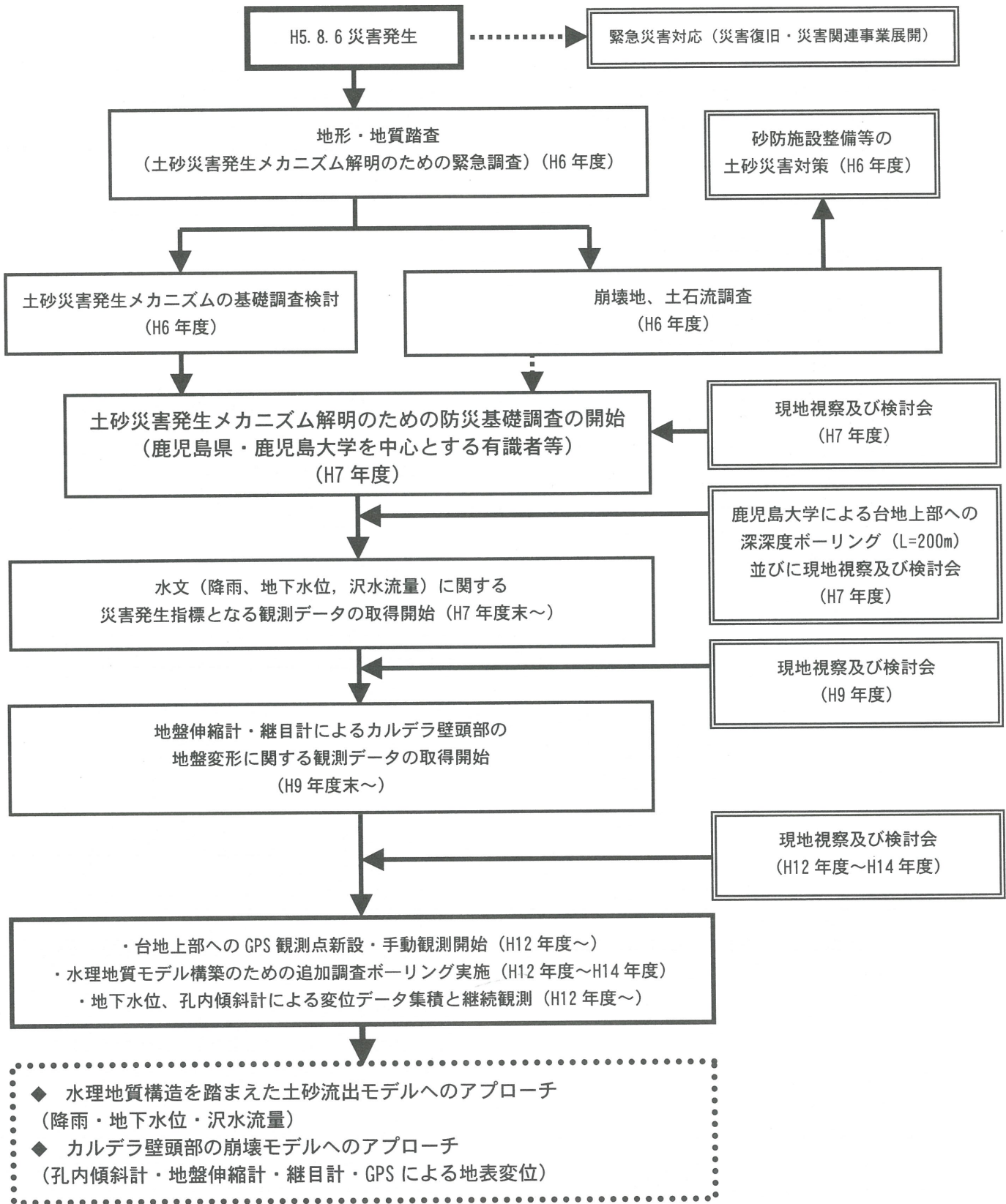


図-3 竜ヶ水地区における調査業務の概略の流れ

#### 4. 土砂災害に対する観測・調査の現状

図-3に示す様に、竜ヶ水谷第1、第2、第4に対する観測・調査データの取得は、

- ① 水理地質構造を踏まえた土砂流出モデルへのアプローチ（降雨・地下水位・沢水流量）
- ② カルデラ壁頭部の崩壊モデルへのアプローチ（孔内傾斜計・地盤伸縮計・継目計・GPSによる地表変位）

の2つの方向性を視野に入れて構築されている。

次ページの図-4は、竜ヶ水地区のカルデラ壁沿いの地質構造（模式断面）であり、

- ① カルデラ壁から台地部にかけては、溶岩や凝灰岩（シルト岩）、火砕流堆積物、新規火山灰等が不整合な関係で交互に堆積している。
- ② 上記火山岩類は概ね水平～緩傾斜でカルデラ壁外側（台地奥部）へと傾斜している。
- ③ 上記火山岩類は各々岩相が異なり、強度や透水性等の面で大きく異なる性質を有しており、カルデラ壁頭部の崩壊メカニズムには、難透水性を有し、岩相も脆弱な花倉層（けくらそう）の分布が大きく関与している。

事等が判明した。

水理地質構造を踏まえた土砂流出モデルへのアプローチについては、図-5に示す様に、調査開始当初はカルデラ壁の水理地質状況として、地下水は通常時ではカルデラ壁部から台地内部へ向け流れる事、また豪雨時や多雨期では台地奥部に涵養された地下水が一時的にオーバーフローする形で流向が急崖部へと逆転・流出する事等が推定されていた。しかし、平成14年度地下水観測結果等から、

- ① 花倉層（難透水層）上部における地下水面は、追加調査ボーリング孔の地下水観測結果等から、通期でも台地奥部からカルデラ壁（第1谷、第4谷）側へ緩い勾配を有しており、カルデラ壁縁部に限れば地下水は常にカルデラ壁側（谷側）へ流向を持つ（図-6）。

との知見が得られた。

他方、カルデラ壁頭部の崩壊モデルへのアプローチは、動態観測機器として地盤伸縮計、継目計がカルデラ壁頭部での地表変位を連続観測している。また、カルデラ壁頭部、特に台地縁部における広い範囲での変位や歪みを捉える目的で、2周波型GPS機器を用いたスタティック測位法によるGPS観測を平

成12年度から実施している。これは国土地理院の電子基準点を基点として、△網平均計算によりカルデラ壁縁部における地表変位を高精度（数mmオーダー）で把握している。さらにカルデラ壁頭部での地中変位を捉える目的からは、調査ボーリング孔を用いた孔内傾斜計観測も年数回の間隔にて実施している。なお、本格観測開始後において、観測機器の逐次増加をうけて順次観測データの自動化と連続蓄積化が進められている。

図-7に竜ヶ水地区における土砂災害に対する観測・調査状況図を示す。

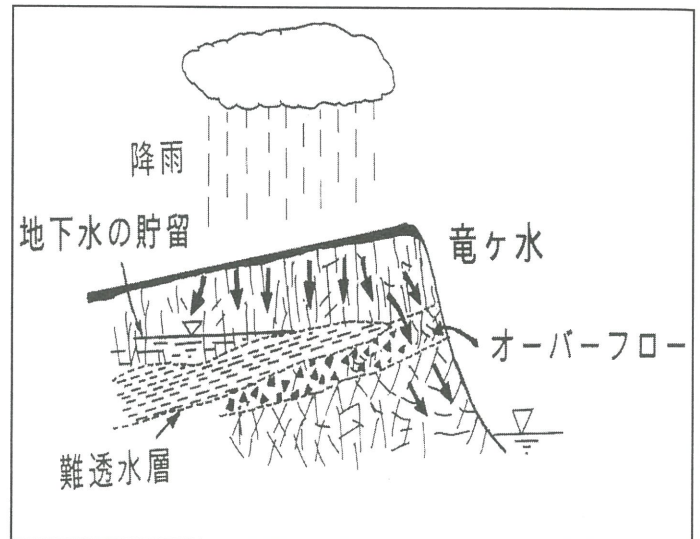


図-5 竜ヶ水地区のカルデラ壁沿いの降雨水の流れ（豪雨時や多雨期）<sup>6), 9)</sup>



図-6 カルデラ壁頭部の花倉層上部における地下水の流れ（概要図）<sup>7), 9)ほか</sup>

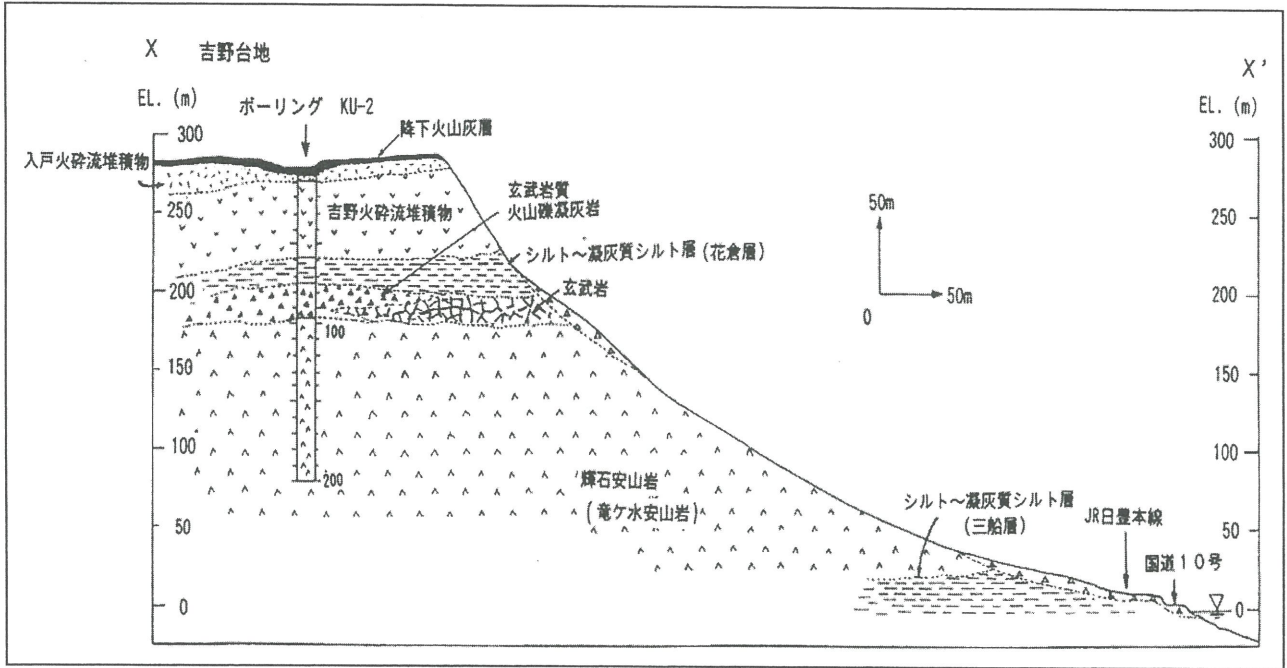


図-4 竜ヶ水地区のカルデラ壁沿いの地質構造 (6, 7)

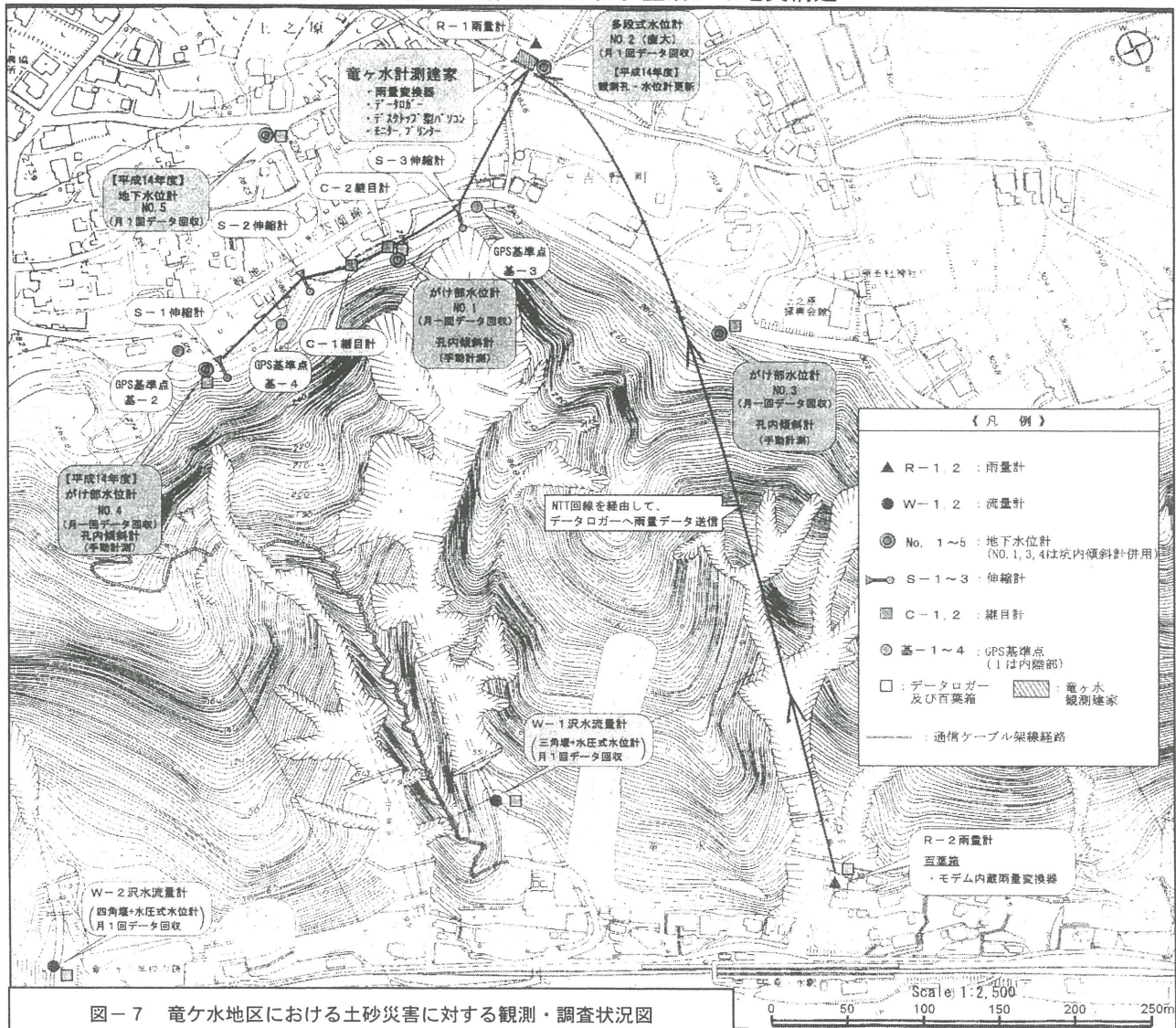


図-7 竜ヶ水地区における土砂災害に対する観測・調査状況図

## 5. 土砂災害に対する観測・調査の今後

竜ヶ水谷第1, 第2, 第4の土砂災害に対する観測及び調査データの取得は、地質及び水文基礎データとして蓄積・整理し、これを解析することで防災基礎情報として役立てようとするものである。

竜ヶ水地区の土砂災害に対する観測・調査の今後の方向性としては、

- ① 降雨・地下水位・沢水流量等の水文的観点からの水理地質構造を踏まえた土砂流出モデルへのアプローチ
- ② カルデラ壁頭部における地質構造と崩壊発生観点からの崩壊モデルへのアプローチ
- ③ 上記①、②を踏まえ、水文・地質構造の両面からの総合的観点からの崩壊発生・土砂流出メカニズムの解明

等が考えられる。

しかし、水理地質的・物性的に特異なカルデラ壁における崩壊発生及び土砂流出メカニズムは、非常に複雑・難解である事が予想され、その解明に向けた調査・検討は、有識者等の知見を踏まえつつ進める必要があり、さらに土砂災害防止対策の推進には有識者等との連携のみならず、防災情報の共有化という観点からも、より一層関係機関と連携しながら進めていく必要がある。

## 6. おわりに

竜ヶ水地区一帯は、特異な急崖地形を有するシラス台地と始良カルデラ等の内湾に面した急崖下の狭隘部に一般住宅や主要交通網（JR, 国道等）が存在しており、県内ではこれまで崖崩れや土石流災害によって多くの犠牲者を出している<sup>8), 10)</sup>。

このことを考えると、本観測・調査は解決すべき課題は多々残されているが、今後関係機関がお互いに協力・連携し、得られた調査・観測データが防災上役立つよう、一層効果的に取り組んでいく事が望まれる。

謝辞：本報告を行うにあたり、竜ヶ水地区防災基礎調査検討会の下川悦郎鹿児島大学農学部教授（委員長）、工学部北村良介教授、及び（NP0）地質情報整備・活用機構の岩松暉専務理事（元鹿児島大学理学部教授）、並びに島根大学横田修一郎教授（元鹿児島大学理学部）には、御指導・御鞭撻を賜りました。

また、地元関係各位には観測施設の構築支援ほかで御支援を賜りました。

ここに深く謝意を表します。

## 参考文献

- 1) MATSUMOTO, T: The four gigantic caldera volcanoes of Kyusyu. Japan. Jour. Geol. Geogr., vol. 19, Spec. no., P. 87-100
- 2) 荒巻重雄・宇井忠英: 鹿児島湾沿岸の火砕流の層序（演旨）, 地質学会 82 年学術大会講演演旨, P. 193
- 3) 小林哲夫・岩松暉・露木利貞: 始良カルデラ壁の火山地質と山崩れ災害, 鹿児島大学理学部紀要（地学・生物学）第 10 号, 1977
- 4) 春山元寿・下川悦郎: 鹿児島市吉野町竜ヶ水地区の山地崩壊・土石流災害について, 新砂防, Vol. 30, PP. 33-38, 1978
- 5) 下川悦郎・地頭園隆・松本舞恵・三浦郁人・加藤昭一, 1993 年豪雨災害による鹿児島県下の土砂災害, 平成 5 年 8 月豪雨による鹿児島災害の調査研究報告書, PP. 63-75, 1994
- 6) 岩松暉・横田修一郎: 鹿児島県竜ヶ水地域カルデラ壁の物性層序と崩壊発生機構, 平成 7・8 年度文部科学省科学研究補助金一般研究 B 研究成果報告書（研究代表者岩松暉）, 22P.
- 7) 岩松暉ほか, ポーリング調査に基づく鹿児島湾竜ヶ水急崖の地質構造, 1998
- 8) 大木公彦: 8. 6 災害と鹿児島市の地質, 1993 年鹿児島豪雨災害の総合的調査報告書, 73P, 1994
- 9) 和田卓也・井上誠・横田修一郎・岩松暉: 電気探査の自動連続観測によるシラス台地の降雨の浸透, 応用地質, Vol. 36, PP. 29-38
- 10) 疋田誠・平野宗夫: 1993 年鹿児島県豪雨による甲突川等の河川災害; 平成 5 年 8 月豪雨による鹿児島災害の調査研究・研究成果報告書（研究代表者・岩松暉）; pp. 100-109; 1994. 3
- 11) 鹿児島県地質図編集委員会: 1:100,000 鹿児島県地質図及び同説明書, 1990

(2004. 6. 18 受付)