

シラス台地における水文地質ボーリング調査

車 張堅¹⁾・地頭蘭 隆²⁾・下川 悦郎²⁾・寺本 行芳²⁾

1) 鹿児島大学大学院連合農学研究科

2) 鹿児島大学農学部生物環境学科

Boring Survey for Hydrogeologic Structure on Shirasu (Pyroclastic Flow Deposits) Plateau in Southern Kyushu, Japan

SHA Choken¹⁾, JITOUSONO Takashi²⁾, SHIMOKAWA Etsuro²⁾ and TERAMOTO Yukiyo²⁾

1) United Graduate School of Agricultural Sciences, Kagoshima University, 1-21-24, Korimoto, Kagoshima 890-0065

2) Department of Environmental Sciences and Technology, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 1-21-24, Korimoto, Kagoshima 890-0065

Key words: Shirasu plateau, southern Kyushu, boring survey, hydrogeology, hydrogeomorphology

キーワード：シラス台地，南九州，ボーリング調査，水文地質学，水文地形学

1. はじめに

南九州に広く分布するシラス（入戸火砕流堆積物）は台地状の地形を形成し、その周縁の急斜面では降雨時にしばしば崩壊が発生している。これらの崩壊の多くは斜面表層部に発達した風化土層が雨水の浸透で崩れる表層崩壊である（下川ら，1989）。繰り返される表層崩壊によってシラス斜面脚部には崖錐が発達していく。この崖錐堆積物がシラス台地内からの地下水によってパイピング崩壊し、その土砂が土石流あるいは土砂流となって流下して土砂災害を引き起こすことがある（下川ら，1994）。この現象は多量の降雨によって発生し、頻繁に起こるものではないと思われるが、多量の土砂を伴うために被害が広範囲に及ぶ。シラス台地周縁の崖錐崩壊発生メカニズムの解明や崩壊発生場の予測手法の開発を目的として、シラス台地に試験地を設けて水文地質学的な立場から検討を行っている。今回、シラス台地の水文地質構造の解明、シラス台地内の雨水流動、降雨に対する地下水の応答などを明らかにするために、シラス台地に77mの深さまでボーリングを実施し、地下水観測を開始した。本研究から得られる成果は、シラス台地内の地下水流動に伴う汚染物質の移動や地下水による地下侵食などの問題を解決するための基礎資料としても重要と考える。

本論では、今回実施したシラス台地でのボーリング調査結果と地下水観測について報告する。

2. 調査地と水文観測施設の概要

調査地は、鹿児島市西部の日置郡松元町春山に位置するシラス台地である（図1）。調査地内のシラス台地面は標高200m前後であり、台地に刻まれた侵食谷の底面は標高100～150m程度である。台地面は主に茶畑や林地として利用されているが、近年宅地化が進んでいる。この一帯の地質は四万十層群（砂岩・頁岩からなる堆積岩）と、その上位に部分的に分布する阿多火砕流堆積物（溶結凝灰岩）、さらにその上位を厚く覆うシラスからなる（鹿児島県，1990）。台地周辺に分布する小丘は堆積岩から構成される（写真1）。

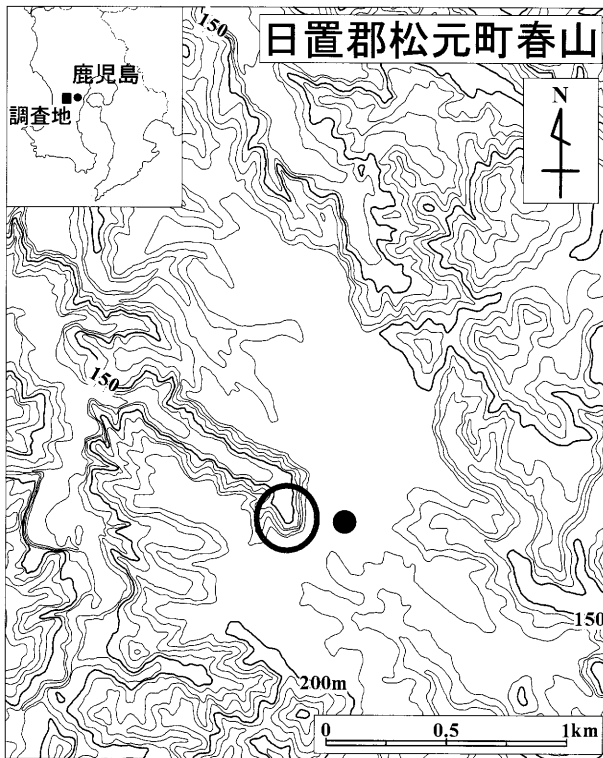
シラス台地に深く刻まれた平底の侵食谷の谷頭部（図1の○印）において、シラス斜面崖錐部の崩壊メカニズムを解明するために水文観測を行っている（地頭蘭ら，2002）。この流域は、地下水集水域の広さが地形的集水域の約4.7倍あり、調査地のシラス台地内の地下水のほとんどを集めている（地頭蘭ら，2002）。

図1の○印のシラス斜面は傾斜48度の急斜面であり、斜面下部には表層崩壊により形成された崖錐が発達している（図2）。崖錐およびシラス層の下位には難透水層の役割をしている風化した阿多火砕流堆積物が分布している。シラス斜面脚部に崖錐が堆積しているために湧水孔の規模等は不明であるが、崖錐下端からは常時湧水がみられる。この崖錐部において、崖錐内の地下水位、地下水の水温・電気

伝導度、崖錐表層部の水分状態、台地からの流出量などの水文観測を行っている（図2）。地下水位は、崖錐斜面の4箇所ハンドオーガで掘削した直径約10cmの縦孔に塩化ビニル管を挿入し、水圧式水位計を用いて観測している。観測井戸A～Dの深さはそれぞれ、2.7m、4.5m、5.4mおよび5.5mであり、すべて基盤面には達していない。井戸A、BおよびCは常に地下水面があるが、Dは大雨時のみ地下水面が現れる。また井戸A、BおよびCには水温・電気伝導度計も併設している。降雨時における崖錐表層部の水分状態の変化を把握するために、井戸C地点にヒートプローブ方式の水分計を設置し、センサは地表面から鉛直方向で10、50、100、150cmの深さに埋設している。水分計は、土壌の熱伝導率と水分量が比例するという性質を利用し、熱伝導率を測定することにより水分量を求めるものである。湧水流量の測定に関しては、崖錐下端に観測装置を設置することができなかったために、崖錐下端から約50m下流に頂角60度の刃型三角セキを設置して谷頭部の集水域（面積9560m²）からの流出量を測定している。また、台地上に雨量計を設置して降水量を観測している。なお、観測データはデータロガーに10分間隔で記録している。



写真1 シラス台地（松元町春山）



○崖錐部の水文観測試験地 ●ボーリング地点

図1 調査地の地形と観測施設の位置

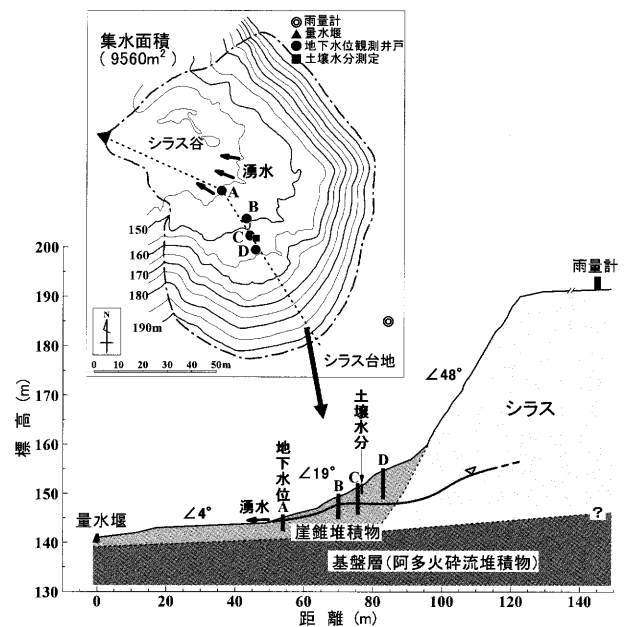


図2 シラス斜面崖錐部における水文観測

3. ボーリング調査方法

ボーリング地点は、シラス斜面崖錐部の水文観測試験地の西方約200m地点（標高193.66m）であり、シラス台地のほぼ中央に位置している（図1）。

ボーリングはロータリーボーリングでオールコア方式（地盤工学会，1995）により実施した（写真2）。掘削口径は66mmであり、GL-20.0mまでは無水状態で、それ以深は泥水を使用して掘進した。ボーリング孔は作業途中の破壊を防ぐためにGL-50.0mまで孔径86mmケーシングパイプを挿入して保護した。

ボーリング掘進1mごとにJIS A 1219に基づく標準貫入試験（地盤工学会，1995）を実施した。この試験によって原位置における地盤の硬軟や締まり具合を把握できる。試験はコーンブーリー法により、貫入量10cmごとの打撃回数を測定して貫入量30cmに対する打撃回数の累計をN値とし

た。ただし、打撃回数は50回までとし、そのときの貫入量を記録した。

また、掘進10mごとに地盤工学会基準（JGS 1314-1995）に基づく現場透水試験（地盤工学会，1995）を実施した。単一のボーリング孔を利用して地盤の透水係数を求める場合、孔内水位を一時的に低下あるいは上昇させてその水位変化から算出する方法と、孔内水位を一定に保つように揚水あるいは注水する流量から算出する方法があるが、ここでは前者の方法によった。

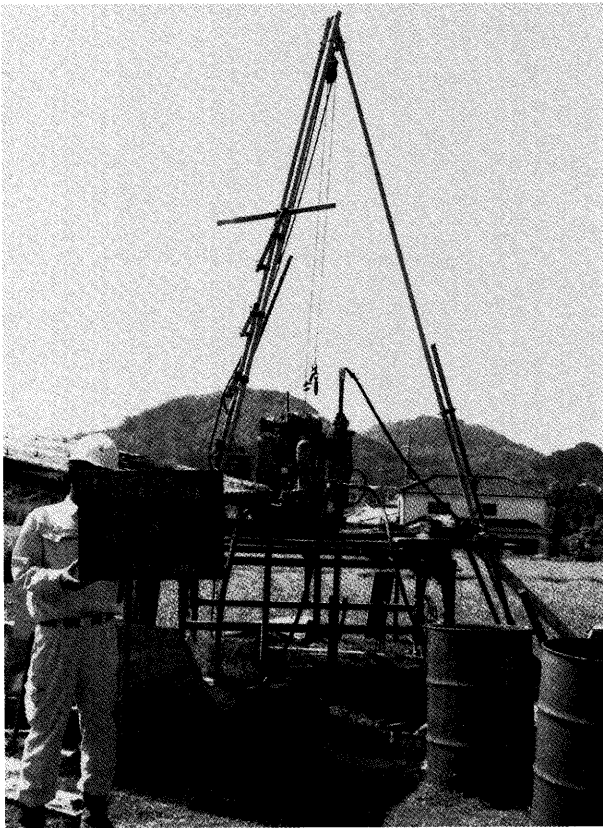


写真2 ボーリング作業全景

4. ボーリング調査の結果と考察

ボーリング作業期間は2003年9月1日～10月5日である。

図3は、ボーリングコアの写真と各層の土質区分、色調、地層の特徴をまとめたものであり、また、図4は、標準貫入試験のN値と透水試験から得られた透水係数を深度ごとに示したものである。コアの写真については、貫入試験により乱された部分は除いてある。

ボーリング地点の地質層序は、上位から降下火山灰・軽石層、シラス層、軽石層、溶結凝灰岩層となっている。GL-9.5, 21.8, 34.6, 37.6, 42.0mの地点（図3）では透水試験で注入した水あるいは掘削の際に使用した泥水がすぐに失われており、付近に亀裂などが存在していることが考

えられる。この付近には乳白～暗灰の色を呈した還元状態の部分もみられ、水みちになっている可能性がある。地表からGL-18.5mまでは降下火山灰・軽石層と風化したシラス層であり、N値は4以下と小さい。GL-18.5～74.6mのシラス層においては、GL-63mまではN値の大きいところと小さいところが混在しており、またGL-63m以深は50以上と大きいN値が示され締まった状態にある。シラス層の透水係数は 10^{-6} ～ 10^{-5} オーダーの値を示している。

ボーリング終了後に地下水位の測定をしたところ、GL-39.5mに地下水面が確認された。

5. ボーリング孔における地下水観測

ボーリング終了後、GL-76～77mには塩ビパイプ（VP50）の無孔管を、GL-44～76mには同質の有孔管を、GL-0～44mには同質の無孔管を挿入した。塩ビパイプは地上1mまで立ち上げ、地表面と塩ビパイプの継ぎ目には雨水の流入を防止するためにセメントを注入した。

ボーリング孔内の地下水位および地下水の水温と電気伝導度の変化を測定するために水圧式水位計（横河電子機器製）および水温・電気伝導度計（CTIサイエンスシステム製）を設置した（写真3）。水温・電気伝導度計の電源は太陽電池とバッテリーから供給している。両センサの設置位置はGL-75mである。また同地点に1回転倒0.5mmの転倒



写真3 地下水観測

標高 m	層厚 m	深度 m	ボーリングコア	土質	色調	記事
193.66			0m	盛土	黒褐 ～ 茶褐	全体的にシルト質微細砂が主体。含水量少ない。黒ボクと赤ボクの互層。層下部にφ2～20mmの強風化軽石を多く混入。非常に緩い。
191.26	2.40	2.40				GL-2.4～2.7mは黒褐色のシルト質粘性土。含水量多い。
190.16	1.10	3.50		ローム	黒褐 ～ 茶褐	GL-2.7～3.5mは茶褐色の砂質シルト。含水量多い。φ2～25mmの強風化軽石を多く混入。軟い。
			5m	強風化 シラス	赤褐 ～ 淡赤褐	全体的にシルト質細砂が主体。含水量少ない。φ2～10mmの黄色の軽石を混入。軽石は指圧でつぶせる。非常に緩い。
186.46	3.70	7.20				
			10m	風化 シラス	乳灰	微細砂～細砂主体のシルト質砂。含水量少ない。全体的にφ2～10mmの白色の軽石を混入。軽石は指圧でつぶすことができ、シルトや細砂となる。φ2～5mmの小礫を多く混入し、斑点状に見られる。φ20mm程度の安山岩壺円礫を少量混入。全体的に非常に緩い。GL-9.5mでは注入水の逸水が多い。
			15m			
175.16	11.30	18.50				
			20m	シラス	乳灰 ～ 暗乳灰	シルト質砂。全体的に軽石を混入。軽石は硬く、指圧でつぶせない。
			25m			GL-21.0m付近は粗砂分が多く、φ5～20mmの新鮮軽石とφ20mm程度の火山岩礫が多く混入。 GL-21.8m付近では注入水の逸水が多い。

図3 ボーリング調査結果

標高 m	層厚 m	深度 m	ボーリングコア	土質	色調	記事
		25m		シラス	乳灰 ~ 暗乳灰	GL-25.0~30.0mはφ30~50mmの新鮮で硬い軽石が多く混入。
		30m				GL-34.6m付近では注入水の逸水が多い。 φ5~8mmの水平方向の空隙がみられる。 GL-35.0m付近には硬くて大きな軽石(最大径80mm)が多く混入。
		35m				GL-37.0m付近で乳灰色から暗乳灰色に変化。 GL-37.6m付近では注入水の逸水が多い。
		40m				GL-41.0m付近にはφ15mm程度の火山角礫を混入。
		45m				GL-42.0m付近では注入水の逸水が多い。
		50m				

図3 ボーリング調査結果(続き)

標高 m	層厚 m	深度 m	ボーリングコア	土質	色調	記事
		50m				
		55m			暗乳灰	GL-53.0m付近は密で、硬い。 φ100mm程度の軽石を混入。
		60m			乳灰	GL-60.0~65.0mは乳灰色を呈する。
		65m			暗乳灰	GL-65.0~70.0mは暗乳灰色を呈する。
		70m			乳灰	GL-70.0~74.6mは乳灰色を呈する。
119.06	56.10	74.60				
118.76	0.30	74.90			軽石	淡黄褐 φ2~5mmの軽石
		75m			粘性土	黄褐灰 粘性大で固結。含水量多い。層上部に植物根あり。 φ2~3mmの小礫を少量混入。層下部は砂分多い。
117.66	1.10	76.00			風化溶結凝灰岩	淡赤褐 ~暗灰 溶結凝灰岩(阿多火砕流堆積物)の強風化。粘土化。
117.06	0.60	76.60			溶結凝灰岩	赤灰 ~灰 10cm以下の短片状コアで採取される。岩片硬い。阿多火砕流堆積物。
116.66	0.40	77.00				

図3 ボーリング調査結果(続き)

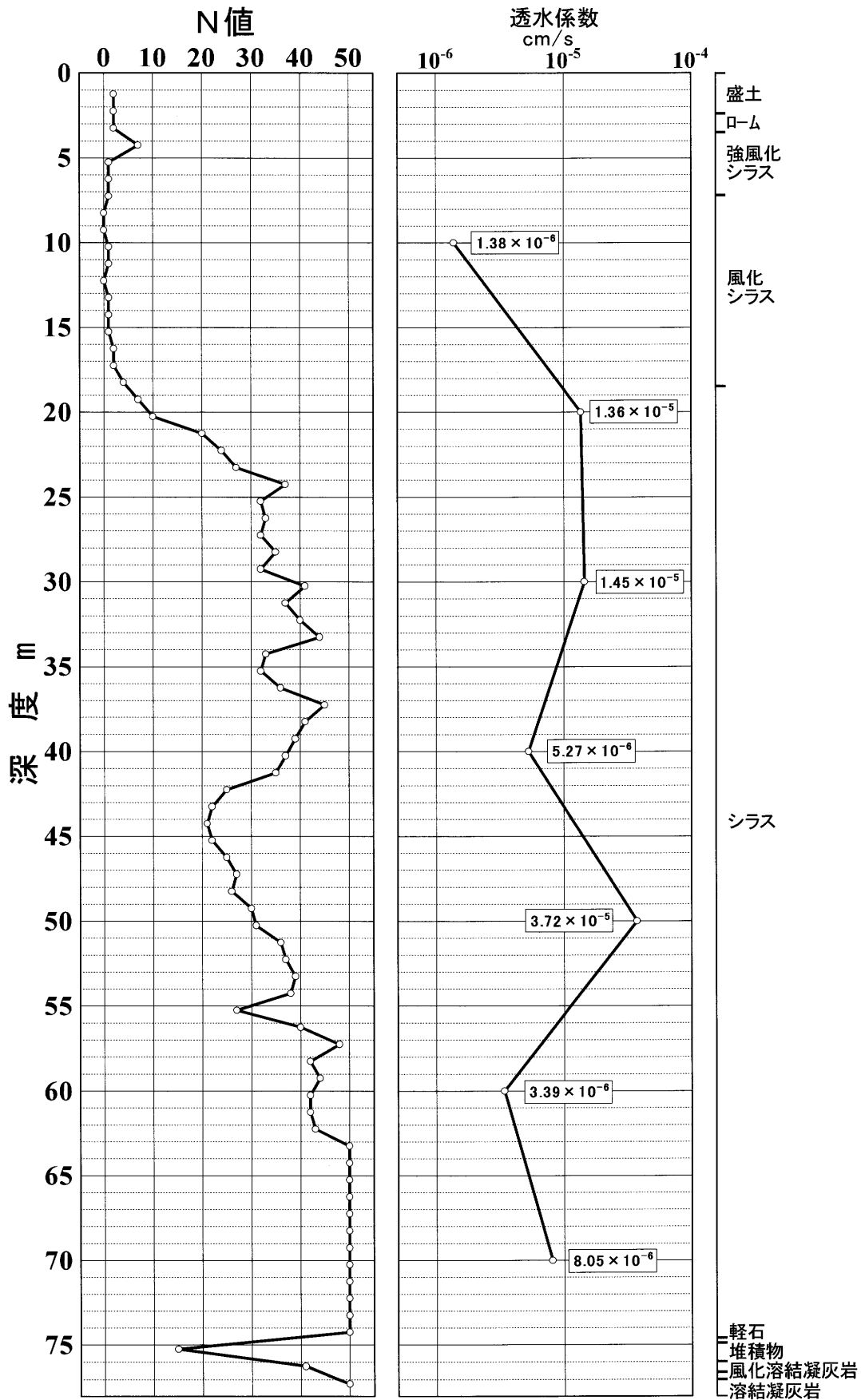


図4 貫入試験と透水試験の結果

ます型雨量計も設置した。これらのデータは10分間隔でロガーに記録している。

6. おわりに

シラス斜面脚部の崖錐崩壊発生のメカニズムの解明や崩壊発生場の予測手法の開発を目的として、シラス台地において水文地形学的な研究を進めている。その一環として、鹿児島市西部の松元町に位置するシラス台地の水文地質構造の解明と台地内の地下水特性を解明するためにボーリングを実施し、地下水観測を開始した。本論ではボーリング調査結果と地下水観測について報告した。

末筆であるが、ボーリング調査および地下水位観測においては松元町に多大なご協力を頂いている。ボーリングの実施においてはアジアテック株式会社の岩田秀樹氏、重信光男氏をはじめとして職員の方々に大変お世話になった。なお、本研究の経費の一部は財団法人砂防・地すべり技術

センターの平成15年度研究開発助成によったものである。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 地盤工学会 (1995) : 地盤調査法, pp.648
- 地頭蘭隆・下川悦郎・寺本行芳 (2002) : シラス地域の水文地形とシラス斜面崖錐部の崩壊, 地形, 23(4), p.611~626
- 鹿児島県 (1990) : 鹿児島県地質図 (縮尺10万分の1)
- 下川悦郎・地頭蘭隆・高野茂 (1989) : シラス台地周辺斜面における崩壊の周期性と発生場の予測, 地形, 10, P.267~284
- 下川悦郎・地頭蘭隆・松本舞恵・三浦郁人・加藤昭一 (1994) : 1993年豪雨による鹿児島県下の土砂災害, 1993年鹿児島豪雨災害の総合的調査研究報告書, 1993年豪雨災害鹿児島大学調査研究会, p.47~59