

シラス地帯研究(第1報)

シラス層の崩壊

西力造・木村大造

緒言

昭和24年は、屢次の颱風によりて我が国到る処に甚大なる被害があつたが、殊に鹿児島県下には6月中旬より霖雨に続き、デラ、フェイ、ヂユデイスと頗繁に來襲した颱風に伴い、非常な降雨量によつて、諸所に夥しい山崩を生じ、人命、家屋、耕地、その他恐るべき損害を及ぼした。而してこの主因は、南九州一帯に拡がれるシラス層(灰砂層)なる特殊なる地質によるものと認められている。このシラス層の崩壊については、興味ある且砂防工学の根本に関連する多くの問題がある。而してこの崩壊対策を講ずるには、まず、シラスの特性を明かにし、又その崩壊の実相を明かにすることが先決の問題である。殊にシラスの特性から一旦これを現場から試料をとつて実験室において実験せんとすると、採取に当り如何に最大の注意を以て取扱つても相当の衝動を与え、その組織の異変を生ずるを免れない、況んやこれを普通の如く採取するにおいては、その機械的性質を全く一変してしまふ恐れが大である。又実験の装置においても相当の大規模の下に行わなければ、真相に近い結果を得るに困難である。故になるべく自然のままの現状を觀察し、現場において実験することが望ましい、これは現地に在勤する我々の特に努力すべき方面であると考えられる。依て以下研究の結果取纏め得たものから逐次報告することとする^(註1)。

シラス層の性質については

- 1) シラス層は如何に安定保全せられいるか
- 2) シラス層は如何に崩壊するか

後者は更に二つに分けて考えることが出来る。

- a) 山崩した形状——山崩した結果如何なる形態をとつているか=山崩の static の状況
- b) 山崩する状況——山崩しつつある現況=山崩の dynamic の状況

I. シラス層の安定性

シラス地帯の山崩を論ずるに先だち、その土質力学的性質の特異性に関し考へると、先ず第一に、崩壊については他の地層に比し、寧ろ安全なる様相を呈していると云うことができる。即ち、シラス層においては、直角又はこれに近い急傾斜にて多年に亘り尙よく安全を保つていと云うことである。従つて鹿児島では、シラスの切取りは、直角に切取る方が却つて安全であると一般に信

註 1. 目下我々がシラスについて主として研究しつつある事項は次の如きものであるが、その中第1を後日に譲り、第2及び第3の一部をこゝに報告せんとする。第1. シラスの性質 第2. シラスの崩壊 第3. シラス層と水の関係。

ぜられている。実際において、人工切取りの例を見るに、国鉄指宿線は大体シラス地帯を切取つて敷設せられているが、その角度は $70^{\circ} \sim 74^{\circ}$ で、多少の例外を除き、殆ど総てが現に 20 年以上を経過して、その間幾度も颱風に見舞れながら大体安全に保たれており、又大正元年に開通した南薩線中、シラス層の切取も亦、 70° 内外で少数の例外を除き、今年まで 40 年以上安全である。

鹿児島県下畑地の大部分の属するシラス台地に侵入している非常に急傾斜な侵蝕峡谷 (Gorge) の谷頭は、恐ろしい形相をなして年々進行しつつあつて、瞬く間にこれ等の台地を呑みつくすに非ずやと疑われるけれど、若し台地周辺の状態が正常状態を保つならば、実際には、その進行は案外にのろいのである。著者 (西) が、鹿児島農林専門学校演習林内において、昭和 6 年より 15 年まで 10 年間に、この種の侵蝕峡谷の侵蝕進度測定の結果によれば意外に遅く、部分によりて多少の差異はあるが年平均約 0.5 m に過ぎない^(註2)。

更にその後本年に至る 10 年間の侵蝕進度を見ると又殆ど同様で、その一半は 0.26 m、他の一半で近くまで畑の開墾がある処で 0.46 m である。

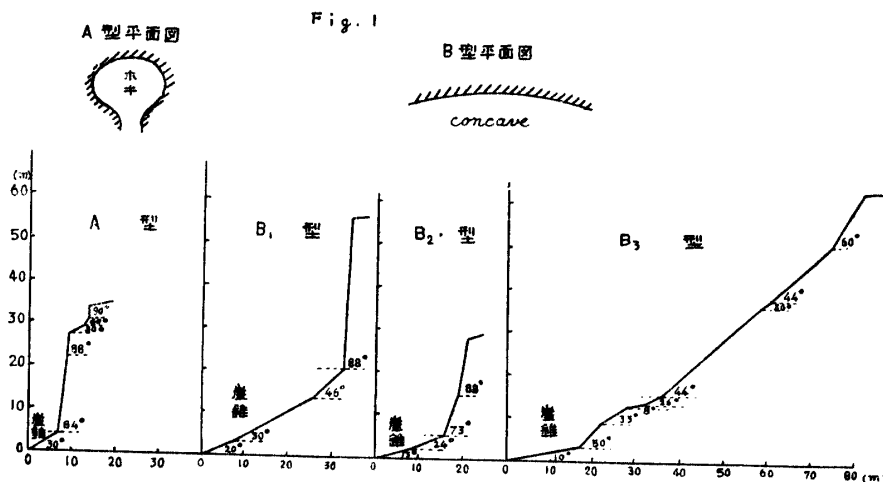
又トンネルにおける土圧は、崖の場合と必ずしも同一ではないけれど、戦時中これ等シラス層に素掘りで多数の防空壕が作られているが、鹿児島郊外において調べた 187 例中、崩壊したものは、唯一つに過ぎなかつた。これ又シラスの安定度を証明する実例とみることが出来よう。

以上述べた如く、シラス層は、普通は単に風化をうくる程度に止まり、永年に亘り急傾斜のままよく安定を保ち、大なる崩壊を惹起するが如きことはないと云うてよい。

然るに、昨年例に見る如く連続せる多大の雨量により所々に多数の山崩を生じ、殊に一ヶ所で $10,000 \sim 30,000 \text{ m}^3$ という巨大な土砂量を押流して、下流に非常な大損害を蒙らせたのである。

I. 山崩した形状

山崩の原因及び形状に関しては、既に多数の分類が試みられているのであるが、その原因と形状との関係について明確な証明を試みられたものを見ない。



註 2. 鹿児島農林専門学校 学術報告 第14号 侵蝕進度測定の一例。

私共は、特にシラス地帯における崩壊地の数十例について実測したのであるが、その形状は千差万態、決して一様でないけれど、これを出来るだけ包括して、Fig. 1の如く2類4種に分けようと思う。

〔A型〕 鹿児島地方にて、所謂、溜(ホキ)と称せらるゝもので、平面図で云うならば、円形をなしその一部分を欠ぐもの、縦断面においては、殆ど全部下まで垂直に近いが、唯下部には崩土の堆積して、所謂、崖錐(Talus)状をなすものもあるけれど、多くはこれは流失しているので下部まで急傾斜なものが多い。これは平面図の円の半径数米に過ぎない極めて小形のものから、峡谷の谷頭において多く見らるゝ如き半径数十米に及ぶ大形のものまである。この種のものは、山崩と云うより水の縦侵蝕によるもので、侵蝕輪廻の経過よりすれば、極めて若い形のものである。即ち、主として水の直接的な機械的力によつて一時的に生じたものである。

〔B型〕 縦断面は、Concaveをなし上部は頗る急で下方に下るに従つて漸次緩であるが、それは必ずしも曲線をなすものでなく、寧ろ折線をなすものもある。その平面図形は、弧状をなすけれども曲率半径は非常に大で殆ど無限大に近いものもある。これを更に三つに分けることができる。

〔B₁型〕 上部より大部分が殆ど直角に近い位急で脚部が少し崖錐状をなす。この種のものは、流水によつて脚部が洗掘された為、その上部が急に落下した場合に起つたものが多い。

〔B₂型〕 上部は相当急であるが下部に至るに従つて漸次緩となり、脚部に崖錐状の堆積がある。これは永い豪雨により一方自重増加し、他方剪断抵抗を減じた結果起つたもので、多くは切土箇所又は既往一旦崩壊した場所に雨水が集注流下するために、二次的に崩壊を惹起したもので、従つて上部は相当急である。

〔B₃型〕 これ又上部急に下部漸次緩となるも、前者よりは一般に緩である。これは林地(殊に幼齡林でその樹根が浅く表土に止り地中深く達しないもの)又は草生地に対して排水疎通の方法を誤つた為に起つたものである。かくの如く崩壊前の地況が有毛地であるから、崩壊面の勾配も大体元の勾配に応じて甚だしく急峻でない。

以上これ等の傾斜の角度を調べてみると、縦侵蝕によつて欠壊した斜面は第1表の如く極めて急峻で82°~90°までの間で88°のもの最多である。

第1表 縦侵蝕傾斜角頻度

傾斜角	82°	83°	84°	85°	86°	87°	88°*	89°	90°	計
出現度数	6	3	6	4	6	5	41	4	2	77

又脚部に於ける所謂崖錐は、第2表に示す如く10°~70°までの間で40°が最も多く、大体シラスの休止角に近い。

第2表 崖錐の傾斜角頻度

傾斜角	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°*	45°	50°	55°	60°	65°	70°	計
出現度数	4	7	12	10	12	13	22	11	8	4	3	3	1	110

シラスの休止角については、何を以て休止角とすべきかは議論の余地があるが、自然の状態より採取して崩土となりたるものをつつて、実験すると粒度、含水量等によりて多少異なるが、大体

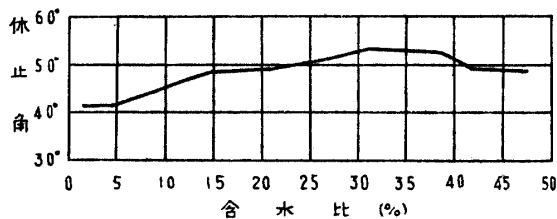
42°～45°である。これに多少の圧力を加うると、46°～49°にまで上る。シラス崩壊に当つては高い所より落下する場合は相当圧力を受けるから崖錐の角度が50°位となるも当然であろう。

尙シラス粉体の休止角が含水量の多少と如何なる関係あるかを明にする為、次の実験を行つた。即ち、シラス粉体を現場より運び温室に扱げ、早天時約一ヶ月間を要して殆ど絶乾状態（含水比1.6%）まで乾燥せしめた。最初の含水比1.6%から初めて、逐次含水比を約5%宛増加せしめる様にして泥状々態の47.4%まで10種の水量で混ぜ切り返し充分混和した各資料を、高さ2mの櫓に装置された大形ブリキ製漏斗より落下せしめ、その堆積物の高さ1mに及んで、その円錐体状の

第 3 表

含水比 %	1.6	4.3	10.7	14.4	20.6	26.8	31.0*	38.9	42.3	47.4
休止角	41°	41°	46°	48°	49°	51°	53°	52°	49°	48°

Fig. 2



シラス堆積物の休止角を4方向について測定、その平均値を採用した。この実験の結果は、第3表及び Fig. 2 に示す如く、含水比4%位までは休止角41°、含水比約11%にして休止角46°に急増したが、以後は含水量の増加と共に徐々に漸次休止角大となり、含水比31%にして最高53°に達し、それ以後は含水比増すに従つて休止角は却て小となつた。

尙山崩の形状については、著者の一人（西）は、今より20年前、昭和4年鹿児島高等農林学校演習林内に起つた山崩大小409例について調査研究し、大体において concave をなすのが自然的な形状であるのみならず、理論的にも亦然りとし、従て法切の形状としても亦、これに即すべきが至当であることを説いた^(註3)。

Ⅱ. 山崩する状況

前節の山崩して静止した形状（static な形）も重要であるが、山崩する状況（dynamic の状況）は一層重要である。然しその観測は一層困難で、而も不用意の際突差に起るから誤り伝えらるゝ事が多い。

昨年の颶風被害以来、著者等は、これ等山崩状況調査に当り屢々山崩れの崩土が飛んで、道路小川等を横切り、或は逆勾配の所をよじ登つたという目撃者の報告を聞いた。例えば鹿児島市宇宿町二軒茶屋のシラス崩壊が、鉄道、電車線路及び県道上を飛んで、道路上の車馬を押し飛ばし、人を殺し、人家を倒壊せしめた如き、当時交通の目撃者の談によると、崩土は jump して行つたといひ、又南薩方面某町のシラス崩壊の被害報告書並びに附図によると、小川を飛び越し逆勾配地をよじ登つている。最近又鹿児島市内鴨池グラウンド工事の為、シラスの掘取り運搬に当り、崩壊を起し、数人の人及び馬を死に至らしめた際の如きも、崩土は飛んで行つたのを目撃したとの話であつた。

註 3. 鹿児島高等農林学校 開校 25 周年記念論文集後編山崩の形状 S. 207～

若しがくの如く、シラスの崩壊に当りて土が飛ぶものとすれば、シラスの特性を研究する上において興味ある問題であると考えたので、これが真相を究明するに努め、更に当人について追究し、又実際に測定を行つて見ると、何れもその際の勢の激しさに眩惑され、又その被害跡の惨状から過大に妄想したもので、実際に jump して物体を飛び越えたと認むべき实例は認められなかつた。普通は地盤上を滑落滑走して摩擦のため、漸次減速、遂に停止するに至り、その押送力強大なる間は勿論逆勾配の所にては押上げているのは認められる。

尙又シラス層の山崩に当りては、かの特殊な岩石層内の応力配布に起因する「山跳ね (Bergschläge)」の如き現象は考えられないから、崩土が飛ぶというが如きことは起らないで、単に地面に沿うて滑走するのが普通であろう。但し土粒粉体の一部分は意外に遠い所までに到達していることは諸所にて実見した。尙崩土の飛び得る可能性については第3回日本林学会九州支部大会に発表した^(註)。

IV. 崩壊の「場」

以上シラス層の山崩の静的動的状況の一般について述べた。而してシラス層が一方においては一般に考えられている程弱いものでなく、意外に強いとも云い得らるゝのであるが、他方には又極めて頻繁にシラス地帯の崩壊=所謂崖崩れの生起が報ぜられている。昭和24年の長雨の後の屢次の颶風襲来に伴い、鹿児島県到る処多数の山崩発生以来、急にシラス崩壊について注目をひくに到つたが、更に連年その災害の跡を絶たないで、多くの人命を損し今年(昭和27年)においても既に相当数の山崩れがあり、又人の死傷が新聞紙上に報ぜられ誠に傷心の至りである。かくてこれは単なる物的損害を主として見るべきよりは、寧ろ人命にかゝわる災厄として軽視し得ない問題となつて来るのである。これ等の発生箇所都市内及びその近郊にあるものについては、つとめて実査しその原因の探究を試みた。中には一見明かに崩壊すべき諸因を具備して当然崩壊せしものもあるが、又極めて平凡な場所で、かゝる惨事を惹起したのは全く意外に感ぜらるゝ如き箇所もある。然し少しく注意する時は皆それぞれ然るべき原因を具備せざるはない。

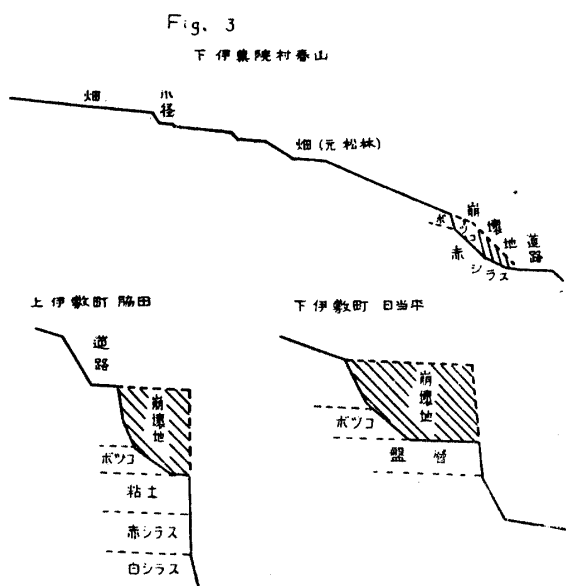
シラス層の崩壊については既に屢々述べし如く、(1) 地表水による直接侵蝕、(2) 地下水の流動、(3) 水流による山脚洗掘の3つの場合がある。

これ等の崩壊は主として(1)の侵蝕作用がまず働きこれに関連して他の原因を派生するのが最も多いようである。而してかゝる諸因を誘起せしむるに至つた根本原因は水に対する取扱の過誤にある。例えば山腹及び上方台地における森林の伐採開墾により地表面の裸出、殊に上方台地の周辺縁端までの開墾、人為的な道路耕地による雨水の集注流下にあると考えられるが、その水の働きの「場」として、特殊地層シラスの存在から起るものなりと一概に論断せられ易いようである。勿論シラス層の存在に関係あるは間違いないが、かゝる崩壊の誘因は単純なるシラス層の存在のみによるに非らずして、真因或は最大の副因はシラス層の上層に位する火山灰層、その他数層が相互錯綜

註 4. 昭和25年11月 第3回 日本林学会九州支部 研究抄報「崩土は飛ぶか」

せる関係にあると考えられる。これ等シラス層の上層は概ね4~8mの火山灰層があり、こゝに水が飽和せられて崩壊の起因となると認められる。即ち、大抵は黄褐色ローム層（俗称ボッコ、赤ホヤ等）又は乳白色の俗称「スベリ層」と称する非常に多量の水を吸収する微粒の層が、その下の不透水層又は比較的透水困難なる砂岩、粘土層或は酸化鉄を多量に含み岩石化した盤層、若しくは

淡紅色シラス層上にある為めに、崩壊滑落する場合が最も多く、鹿児島市内下伊敷町日当平、上伊敷町脇田、郡元町宇宿墓地下、宇宿町二軒茶屋等の如き皆然りである。日置郡上伊集院村春山において小学生8名が登校の途次埋没し、内5名が無惨な死を遂げた如き、Fig.3の如く上方残存の地盤はさほど急峻でなく、一見余り危険なきものゝ如くであるが、こゝも亦新しい伐採開墾地で所謂赤シラスの上に黄褐色ローム層（俗称ボッコ）があり、且道路の直上は相当急斜しておつたので、これが滑落せるものと認めらるゝ、今これ等崩壊地の層の配列の二三の例を示せば Fig.3 の如く、又、黄褐色ロームの組成及び土粒分析の結果を示すと第4表及び第5表の如くである。



第4表 上伊集院村春山崩壊地黄褐ローム組成
(俗称ボッコ、崩壊後8日後資料採集)

見掛比重	真比重	含水比 %	間隙率 %	間隙比	相対的濡潤度 %
1.21	2.34	81.1	49.5	0.980	108.5

第5表 黄褐色ロームの粒度分析 (A.S.K. 淘汰による)

粒 度	礫 粒径 2mm以上	砂			砂含量	粘 土 0.005mm以下
		粗 砂 2.0~0.25 mm	細 砂 0.25~0.05 mm	微 砂 0.05~0.005 mm		
原土百分中 %	3.3	11.8	17.0	22.8	51.6	45.1

吾人はかゝる山崩の危険防止については、一般の方々も、一方降水が如何なる経路をとるかという点に注目せらるゝと共に、他方その「場」としてシラス層及びその上層の層序に注意せらるべきであることを勧告したい。(昭和27年6月)

R é s u m é

Studies on the "Shirasu"* District. I.

Landslide of the "Shirasu" Layer.

Rikizo NISHI and Daizo KIMURA

Studies of the following items are indispensable to plan the preventive methods of disasters occurring on the "Shirasu" layer.

- 1) In what way the "Shirasu" layer does keep its stability?
- 2) In what manner the "Shirasu" layer does fall down?
 - a) Forms of landslide, *i.e.* statical form of landslide.
 - b) States during the landslide, *i.e.* dynamic state of the landslide.
- 3) "Field" of the landslide.

1. Stability of the "Shirasu" layer.

The "Shirasu" layer seems to fall down easily, but abundant places standing almost vertically, where having been kept the stability through the many years, were observed in Kagoshima district. Moreover, from our observation covering twenty years of the gully at Takakuma Experimental Forest of the Kagoshima University, it appears that progress of the erosion is very slow.

We have observed one sample fell down among the 187 samples of bomb shelter located in the suburb of Kagoshima city.

2. Forms of landslide.

There exist many forms of landslide, but we divide those into two forms including four kinds.

- A. Dialectly "Hoki". (Fig.1.A.) The form in plane is a circular wanted at one part and that in the profile is nearly vertical.
- B. The form in the plane is an arc, and its radius of curvature is almost indefinite, and in the profile the upper portion is steep while it becomes gentle gradually toward the lower portion. (Fig.1.B₁—B₃.)
 - B₁. Most of the upper portion are nearly vertical while at the foot portion small tali are seen. (Fig. 1.B₁.)
 - B₂. The upper portion is fairly steep, while it becomes gentle gradually toward the lower portion and at the foot portion the tali are seen. (Fig.1. B₂.)
 - B₃. The upper portion is more gentle though otherwise it is alike to the former. (Fig. 1. B₃.)

The angles of those inclines (A—B₂) and tali are shown in Tables 1 & 2.

3. Dynamic states of the landslide.

It is said by many observers that the soils fell down jump, but we have never seen such instance so far our researches are concerned, and the soils slid the slope stop by the friction.

4. "Field" of landslide.

Fallings of the stabilized "Shirasu" layer usually occur in the following cases.

- 1) Erosion by the running water.
- 2) Action of the ground water.
- 3) Scouring of the foot hill by the running water.

In the following cases the "Shirasu" layer becomes the "Field" of falling.

- a) Inadequate control of the water.
- b) Existence of the various soil strata deposited on the "Shirasu" layer.

* "Shirasu", a dialect of Kagoshima district which means the "white sand", is a lapilli plateau, main components of which are very porous volcanic ashes, lapilli, and pumices.