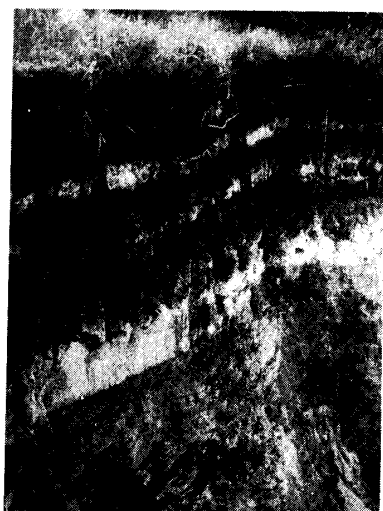


特殊土壤の膨脹収縮について

木 村 大 造

I. 緒 言

シラス地帯の上層は、ローム層、ボラ層、粘土層等の諸種の新期火山灰層が幾重にも交錯し、



地 層 の 亀 裂

その層厚は数十 cm より十 m 位に及ぶところもある。而してこれらの各層が理学的性質を異にする結果は、これが含水量の変化に伴つて膨脹収縮の度合を異にするは勿論で、これが土の侵蝕弛解を促進し直ちに崩壊に導いたり又地層の亀裂に止まつて崩壊に至らぬまでも、(写真参照)後日豪雨襲来によつて雨水が上層を潤すより、寧ろそれらの亀裂に侵入して直ちに下層の部分に侵潤し崩壊を助長する等、シラス地帯の崩壊の主なる原因の一つとも考えられるので、ここに代表的な地区及土質について膨脹収縮の実験を試みた結果を報告することにする。

なお本実験にあたり始終懇篤なる指導を与えられた西教授に對し、ここに謹んで感謝の意を表する。

II. 実験の方法

この実験の目的から土の自然状態のままに理学的性質を研究するにあつて、最も留意すべき困難な問題は、土を出来るだけ自然の状態を乱さぬよう採取した試料 (undisturbed sample) について実験することである。一旦その組織を破壊したならば、その理学的性質は著しく変化を受けるから周到なる注意を以て、その組織が破壊しないよう試料を採土筒 (sampler) に取つても、なお多少の衝撃振動を与えることは避けることが出来ない。更になお一つの困難は、土層が一見 homogeneous の組織をなしているように見えるものでも、よく注意して見ると案外不齊一で、その採取部分によつて性質を異にするものである。従つてなるべく大量のものについて実験しなければ真に近い値は得られない。故にこの種の理学的性質の研究に當つては、なるべく自然の状態のままの試料を採取するよう努めたけれども、矢張り内径 5.5 cm, 高さ 6 cm の円筒形の小型採土筒を以て試料をとる外はなかつた。従来手軽なるため、よく用いられたハンマーで採土筒を土中に打込み試料を切取る方法では、土が採土筒内で踊りかなり土の組織が乱されるので、その欠点を避けるよう工夫し、screw pressure により採土筒を徐々に土中に圧入して各層より 6 箇宛の乱されざる試料を採取し実験に供した。

初めの実験の計画では試料を二つに分け、(1) 初め水を加えて充分膨脹せしめたる上、同試料

を乾燥して収縮せしめる、(2) 初め乾燥して収縮せしめたる上、同試料に水を加えて充分膨脹せしめる。又測定すべき量は線膨脹率（又は収縮率）を縦方向と横方向とで測り、更に容積膨脹収縮率を測る予定であつたが、(2)の方法、即ち、初めに収縮して後に膨脹することは出来るけれども、(1)の膨脹せしめて後収縮する方法は縦方向のみ測定可能で、横方向は適当な方法が見出されなかつたため実施できなかつたのは遺憾であつた。（この点は後日更にその方法を考慮したいと思つている。）

まず昭和27年12月鹿児島県姶良郡東襲山村春山原及嶺嶽郡末吉町高松谷の崩壊地各層序について、膨脹収縮の実験をしたが、大体24時間位経過すると、その後殆ど変化がないのと、実験を急いでいた関係から一応24時間で打切つたが、この膨脹収縮の現象は場合により、殊に膨脹の現象は徐々に長期に亘りて行わるるものがあると考えられたので、更に本年8月鹿児島市近郊の代表的な白シラス、赤シラス、黒褐色ローム、黄褐色ローム及粘土等5種について、同一試料を初めの一週間は水を加えて膨脹せしめたる上、次ぎの一週間は乾燥により収縮せしめ、又一方では初めの一週間は乾燥して収縮せしめたる上、次ぎの一週間は水を加えて膨脹せしめた。即ち

(1) 膨 脹 → 収 縮

膨脹試験を行うに、これを採土筒より拔出して縦及横方向（従つて容積）の膨脹を実験するのが望しいことであるが、それでは形を維持することが困難で、崩れる恐れがあつて実験不可能であるから、採土筒に入れたままビーカーに入れスポイトによつて徐々に試料の頂面まで注水し試料が吸水して減水すれば注水を繰返えし、常に試料の頂面の線に水頭を保ち、かつ試料のビーカー中の位置を変化しないよう注意して、24時間毎に7日間その一定箇所膨脹量を測定する、この7日間の測定が終つたならば、直ちにビーカー中の水をスポイトで徐々に吸取つてから恒温乾燥を行いつつ、前記同様24時間毎に次の7日間縦及横方向の収縮量を測定する、従つて容積収縮量を算出することが出来る。

(2) 収 縮 → 膨 脹

これは(1)の場合とは逆の順序で、まず収縮試験を行つてから膨脹試験に切替える実験である。収縮試験に引続いて行う膨脹試験に備えるため、(1)の場合と同様最初から試料を採土筒に入れたままビーカーに入れ、最初の一週間は恒温乾燥を行いつつ、24時間毎に縦及横方向の収縮量を測定する。この7日間の収縮試験が終つたならば、同一試料を膨脹試験に切替え24時間毎に次の7日間縦及横方向の膨脹量を測定する。以上のようにして測定した縦方向、横方向、容積等の膨脹量及収縮量の、夫々元の縦線長、横線長、容積に対する百分率、即ち膨脹率及び収縮率を求めた。

III. 実 験 成 績

第1回に春山原及び高松谷崩壊地の地表よりシラス層に至る各層序について、24時間後における膨脹収縮率を実験した結果を示すと第1表及び第2表の如くである。

第 1 表

試料採取箇所	深 度 (m)	土 質	収 縮 率 (%)			膨脹率 (%)
			縦方向	横方向	容 積	縦方向
鹿児島県始良郡東 襲山村春山原内野々	0~0.42	黒色ローム	3.42	5.31	14.10	1.43
	0.42~0.88	褐色ローム	9.64	7.27	24.20	2.10
	0.88~1.55	黒色ローム	9.41	8.50	24.50	1.75
	1.55~1.90	黄色ローム	1.92	1.92	5.50	0.92
	1.90~2.42	黒褐色粘土	7.14	9.37	21.40	0.42
	2.42~3.45	褐色ローム	13.00	14.42	30.20	1.34
	3.45~4.03	黄褐色ローム	1.15	0.46	2.10	1.34
	4.03~5.73	淡黄色シラス	0.92	0.18	1.24	3.67
	5.73~	白シラス	0.75	0	0.75	4.04
同県同郡同村 春山原桂坂	0.~0.80	黒色ローム	6.33	4.85	15.75	1.06
	0.80~1.30	褐色ローム	2.34	4.22	10.29	0.84
	1.30~1.85	同 (小粒 軽石交り)	16.15	13.30	36.86	1.17
	1.85~2.60	黄褐色ローム	4.75	3.57	11.50	0.34
	2.60~4.02	褐色粘土	7.53	8.50	22.10	1.17
	4.02~7.00	赤シラス	0.09	0	0.09	4.49
	7.00~	白シラス	0.25	0	0.25	4.85

第 2 表

試料採取箇所	深 度 (m)	土 質	収 縮 率 (%)			膨脹率 (%)
			縦方向	横方向	容 積	縦方向
鹿児島県贈叻郡 末吉町高松谷	0.~1.80	黒色ローム	13.88	11.93	33.00	1.67
	1.80~1.90	鮮黄色ローム	2.84	1.88	6.34	1.50
	1.90~3.30	黒褐色ローム	5.41	4.57	13.59	1.83
	3.30~3.45	黄色ローム	0.50	1.00	2.20	0.34
	3.45~4.60	黒色粘土	16.91	18.60	44.77	0.67
	4.60~5.85	褐色粘土	18.30	19.86	47.17	0.22
	5.85~7.80	淡黄色シラス	0.33	0	0.33	3.95
	7.80~7.96	白色粘土	1.22	0	1.22	0.56
	7.96~9.25	水成白シラス	0.50	0	0.50	5.65
	9.25~	白シラス	0.49	0	0.49	3.16

次に第 2 回 (本年 8 月) 鹿児島市近郊の代表的な 5 種について実験した結果を示すと、第 3 表及第 4 表の如くである。

第 3 表 収 縮 → 膨 脹

土 質	区 別	収 縮 率 (%)							膨 脹 率 (%)						
		経 過 日 数 (日)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
白 シ ラ ス	縦方向	0.39	0.50	0.50	0.56	0.56	0.56	0.56	2.89	4.17	4.23	4.51	4.51	4.51	4.51
	横方向	0	0.12	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0	0	0	0	0	0	0
	容 積	0.39	0.80	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	2.89	4.17	4.23	4.51	4.51	4.51	4.51
赤 シ ラ ス	縦方向	0.22	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	1.61	1.83	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
	横方向	0.24	0.30	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0	0	0	0	0	0	0
	容 積	0.80	0.92	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.61	1.83	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
黒口 褐 色 ム	縦方向	3.39	3.52	3.64	3.69	3.75	3.75	3.75	0.78	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
	横方向	2.42	2.87	3.22	3.36	3.58	3.67	3.73	0	0.25	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
	容 積	8.32	8.63	9.62	9.98	10.48	10.54	10.62	0.78	1.14	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64
黄口 褐 色 ム	縦方向	3.54	4.31	4.65	4.73	5.04	5.04	5.04	0.94	0.94	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
	横方向	3.74	5.44	5.65	5.65	5.65	5.66	5.66	0.27	0.27	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
	容 積	14.23	14.69	15.22	15.35	15.55	15.55	15.55	1.39	1.39	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
黒粘 褐 色 土	縦方向	9.42	9.75	9.87	9.87	9.92	9.97	9.97	1.88	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11
	横方向	8.91	9.01	9.37	9.95	9.95	10.07	10.13	0.38	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
	容 積	24.60	25.32	27.30	26.75	26.80	27.10	27.20	2.13	3.41	3.41	3.41	3.41	3.41	3.41

第 4 表 膨 脹 → 収 縮

土 質	区 別	収 縮 率 (%)							膨 脹 率 (%)						
		経 過 日 数 (日)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
白 シ ラ ス	縦方向	0.77	0.80	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	横方向	—	—	—	—	—	—	—	0.03	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
	容 積	—	—	—	—	—	—	—	0.07	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
赤 シ ラ ス	縦方向	3.06	3.61	4.00	4.06	4.06	4.06	4.06	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
	横方向	—	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0	0
	容 積	—	—	—	—	—	—	—	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
黒口 褐 色 ム	縦方向	2.32	2.66	2.77	2.89	2.89	2.89	2.89	4.00	5.10	5.48	5.64	5.64	5.64	5.64
	横方向	—	—	—	—	—	—	—	2.45	3.24	4.10	4.71	4.71	4.71	4.71
	容 積	—	—	—	—	—	—	—	8.80	11.27	13.22	13.85	13.85	13.85	13.85
黄口 褐 色 ム	縦方向	2.84	2.84	3.01	3.06	3.12	3.12	3.12	4.84	5.40	5.73	6.07	6.18	6.18	6.18
	横方向	—	—	—	—	—	—	—	6.60	6.93	7.15	7.15	7.15	7.15	7.15
	容 積	—	—	—	—	—	—	—	17.54	18.53	19.10	19.52	19.62	19.62	19.62
黒粘 褐 色 土	縦方向	0.06	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	8.99	9.10	9.10	9.10	9.10	9.10	9.10
	横方向	—	—	—	—	—	—	—	8.64	9.03	9.22	9.22	9.22	9.24	9.24
	容 積	—	—	—	—	—	—	—	24.06	24.91	25.18	25.18	25.18	25.25	25.25

Fig. 1.
 収縮 →
 膨脹 (縦方向)

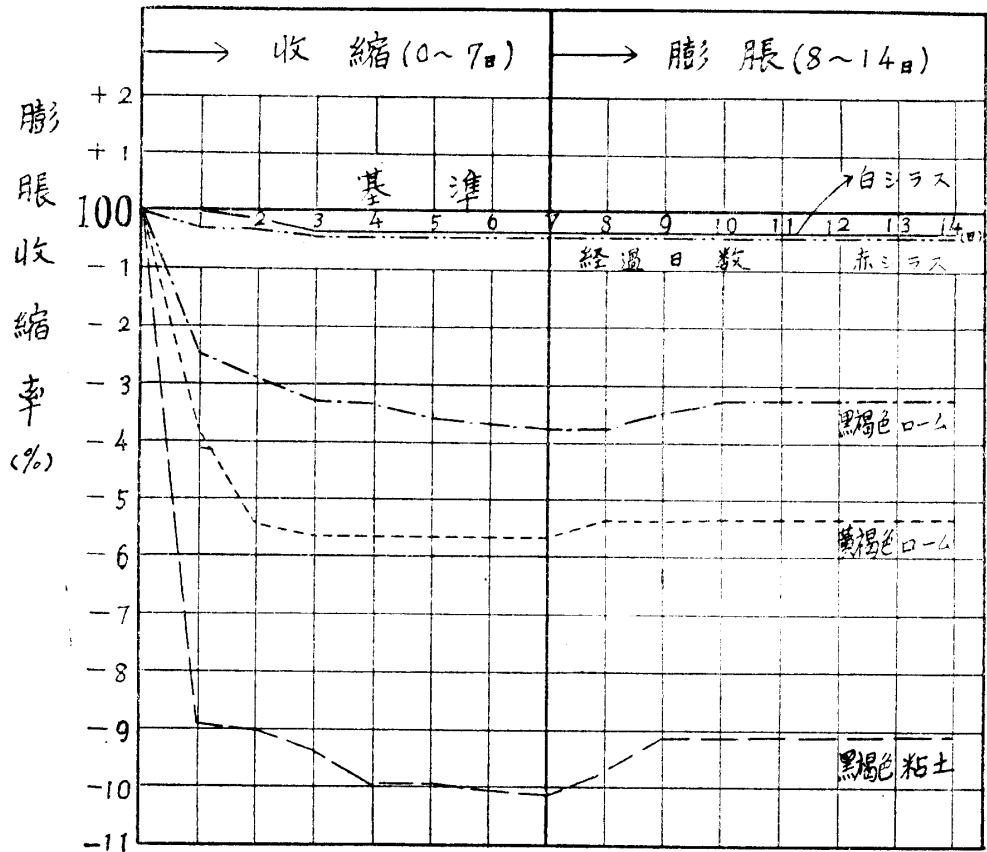


Fig. 1.
 収縮 →
 膨脹 (横方向)

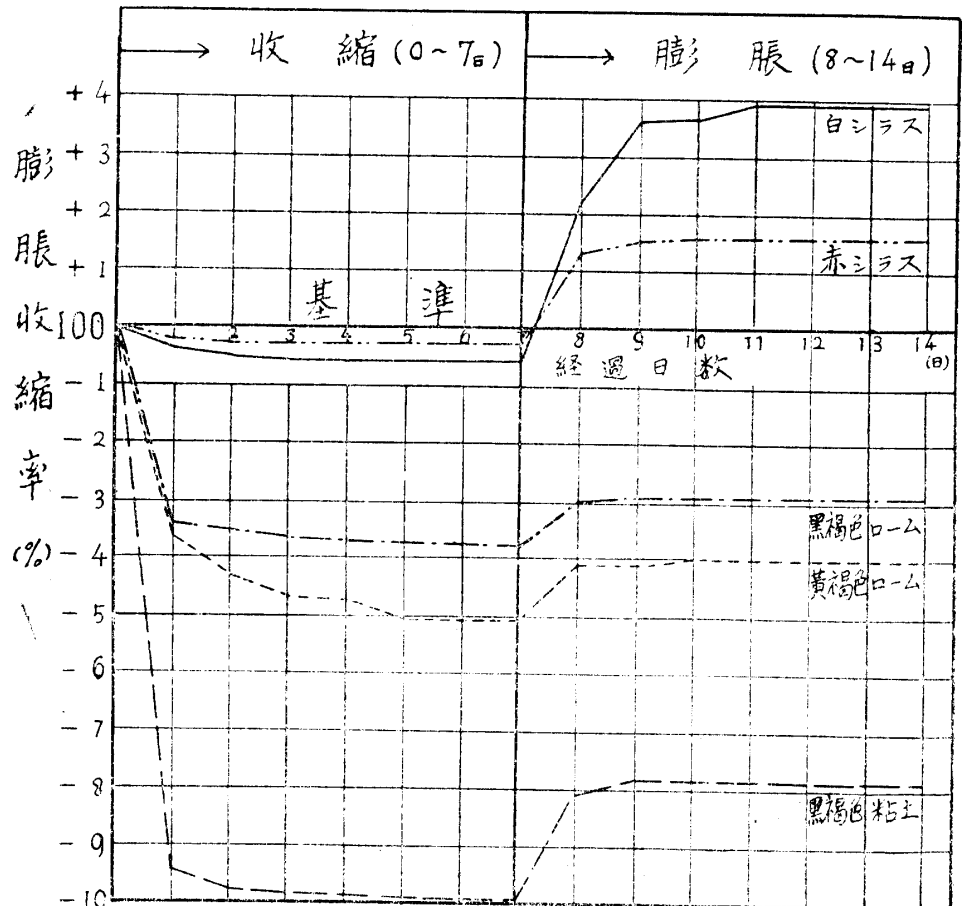


Fig. 3.
取 縮 → 膨 脹
(縦方向)

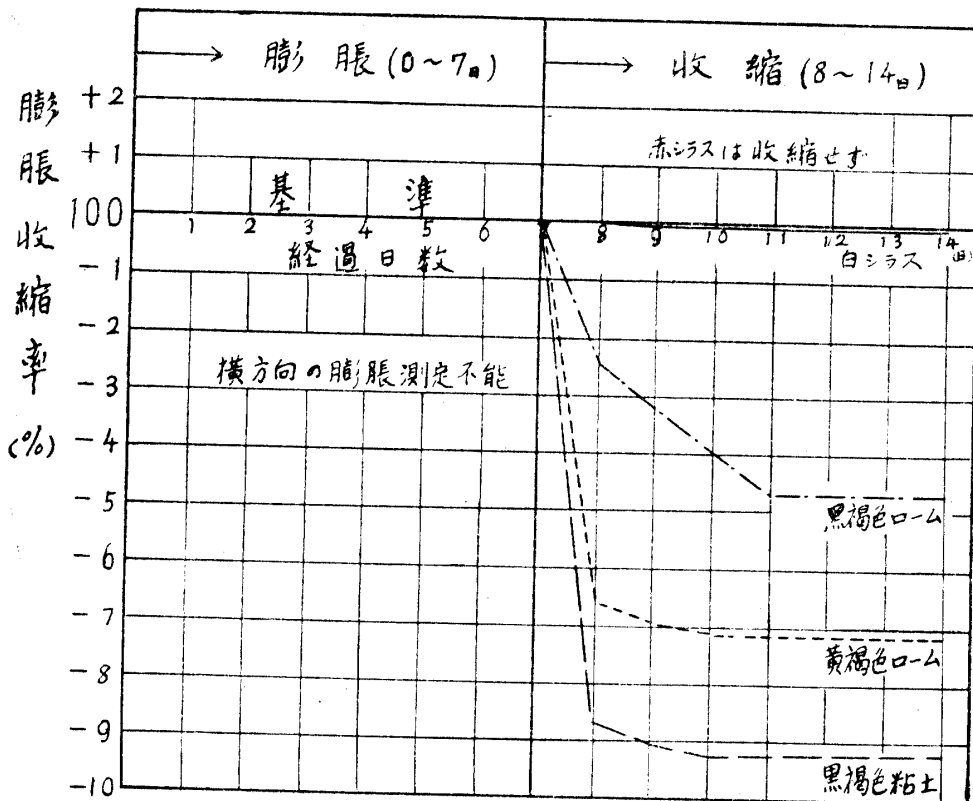
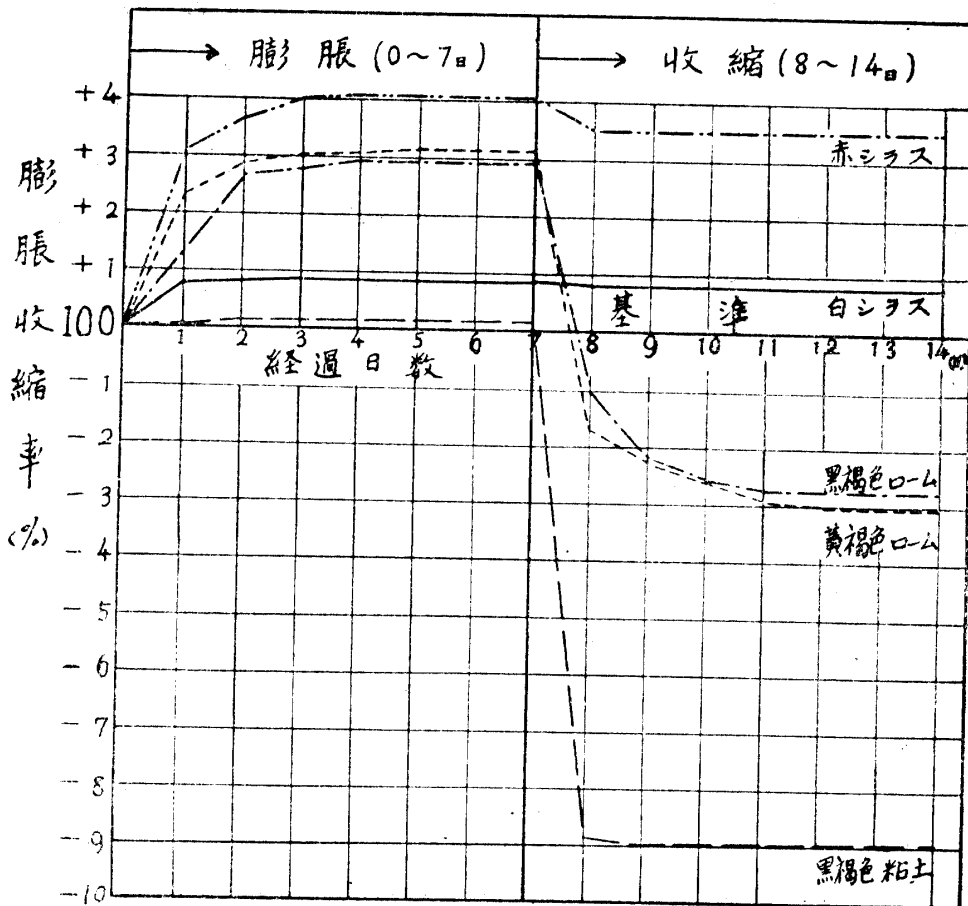


Fig. 4.
取 縮 → 膨 脹
(横方向)



更にこれを試料採取時の量を基準として、時間の経過を基にして原形より膨脹収縮する状況をグラフに示すと、Fig. 1~Fig. 4の如くである。

IV. 考 察

これらの実験の結果を通覧すると

(1) 膨脹収縮の時間的経過は、共に最初の 24 時間に急速に進行し、それ以後の変化は極めて微々たるもので、その継続期間は土によつて多少の相違があつて、1日乃至3日である。これは膨脹の場合は、大体 24 時間で水が侵潤し僅の空気を残し殆ど飽和状態となり、また収縮の場合も 24 時間の乾燥で僅少の非遊離水を残すのみで、他のすべての水分を蒸発せしめて乾燥完成の状態になると思われる。

(2) 膨脹収縮は土の種類により異り、又同一種類でも個体により、又その存在した地区及深度によつて多少の差異が認められる。ローム層、粘土は膨脹より寧ろ収縮が大で、殊に粘土はこの傾向が顕著である。一般に粘土質のものは膨脹より収縮が大きく、これに反し砂質のものは膨脹より収縮が小となる傾向がある。

(3) 最初より膨脹せしめたものが、一旦収縮せしめた後膨脹せしむるものより膨脹が大であり、又最初から収縮せしめたものも、膨脹後収縮せしめたものより収縮が大である。

(4) 線膨脹収縮共に方向によつて異なる。即ち縦方向と横方向とで、その膨脹収縮が異り、而も同一土質でもその傾向必ずしも一致しない。概ね粘土質のものは収縮は横方向が、膨脹は縦方向がやや大であるが、砂質のものは膨脹収縮共に縦方向が横方向に比し大、殊に縦方向の膨脹は横方向のそれに比し頗る大きい。但し前述の通り初め膨脹せしむる時は横方向は常に制約せられおり、縦方向而上方向のみ自由になつている関係がこれ等の結果に影響するを免れないであろう。

(5) シラス層は他の層の土に比べて著しい特徴を有している。即ち、(i) 表土のローム層に比べ甚だよく膨脹すること、(ii) 一旦膨脹したるものは、これを乾燥せしめても殆ど収縮現象を起さない。(iii) 初めから乾燥しても容易に収縮しない。

普通膨脹と収縮とは水分の増減に比例する。従つて同一材料において膨脹と収縮は大体相比例する如く説明せられるが、本実験の結果からすれば、膨脹と収縮とは相比例しないのみならず、寧ろ逆に膨脹の大なるものは収縮小で、収縮大なるものは膨脹小である。若しかくの如くならば、降雨と乾燥毎に一方は体積愈々大となり他方は愈々小となる結果を生じ、甚しく均衡を失する結果を生ずることとなるから長時間の間には漸次復元するものと考えられるけれども、時間的には不均衡を生ずるは疑いないものようである。これはこれらの土の組織並に構造如何に関係あることで、これらの膨脹収縮が、如何なる機構のもとに行わるるや容易に断定し難いが、シラスについていうと、間隙比は他の土に比較して大差がないのに通常の状態において、含水比は小で空気

の占むる間隙が大であり、従つて水分の侵入が容易でこれにより膨脹し易いのではないかと考えられる。然るにこの骨格をつくる土の粒子は相当硬いから、乾燥により収縮力が働いても、容易に収縮しないのではないかと考えられる。何れにしても、かように土層毎に膨脹収縮率を異にすることは明かで、殊にシラスと他の土層の間には相違が大であるから、これが侵蝕崩壊を大ならしむる一因と推察せられる。シラスの数十mの高さにある断崖ににおいて、他の三方は皆閉鎖制圧せられ、唯一方の露出面のみが開放せられている所では、内部から外方に相当な膨脹圧が働くものと思われる。かような膨脹収縮の現象は如何にして生ずるか、又如何なる大きさの圧力が起るか、関係する因子は相当複雑なるものと思われる。即ちかかる膨脹収縮を惹起する水は主として如何なる種類の水の作用によるか、木材の膨脹収縮が主として繊維飽和点と絶乾状態の間の水分の増減によつて現われるのに比較すると、土の場合吸着水 (hygroscopic water) 又は膨潤水 (Water of imbibition) も関係があるとも思われるけれども、土の場合は何れの場合にも、通常の温度にては増減なしと見るべきであるから、膨脹収縮には関係なしと認めて差支えなく、結局毛管水又は重力水の増減によるものと見るべきである。然らば如何なる程度までが毛管水により、如何なる程度までが重力水によるか、或は粒子の膨脹とは全く関係のない砂において、非常に大なる膨脹収縮をなす (Bulking) 作用のあることなどを考うると、この問題は組織又は構造において、粒子の形状、配列等を検鏡精査しなければ充分な説明が出来ないと思われる。今回は一応以上の結果の報告に止め、これらの精確なる理論的検討は他日改めて試みることにしたい。

(昭和 28 年 8 月 31 日)

RÉSUMÉ**On Expansion and Contraction of the Special Soil.**

Daizo KIMURA

1. "Special Soil", as they call it, in the south Kyūshū district has various new volcanic ejecta heaped up 1—10 m in thickness on the ground-surface of "Shirasu" layer, and each physical property is different. Especially the situation of expansion and contraction is different according to the increase and decrease of its amount of water content. The result of my experiment is as shown before in Fig. 1—Fig. 4.
2. The proportion of expansion and contraction is different not only with the kind of soil, but also with the district and the depth in which the soil lies, and also with the direction (vertical & horizontal).
3. Expansion and contraction is generally reversible as a rule. But in the present experiment the soil whose expansion is great is mean in its contraction and the soil whose contraction is great is mean in its expansion. The soil once expanded does not contract to the original size. The soil once contracted does not expand to the original size. We see this instance most remarkably in the case of "Shirasu": its expansion is great and its contraction mean.
4. The theoretical explanation of these phenomena is not complete yet and we expect it in future to be well explained.

But it is considered now one of the reasons that the extreme disaster in "Shirasu" zone lies in the different condition of expansion and contraction of heaped up layer by water, even in the same place, as was mentioned above.