

山地荒廢の土質的研究(第三報)*

長野県における山地荒廢の場合

辰野良秋・堀内照夫

Studies on the Soil Mechanics of Denuded Forest Lands.

Part III. On the Soils of Nagano Districts.

Yoshiaki TATSUNO, Teruo HORIUCHI

1. 緒言

山地荒廢—山地崩壊、地這り、土壤侵蝕、はげ山等が、国土保全の面からもまた生産事業の面からも重大な意義をもっていることは周知のところであるが、特に近年は相つゞ災害によつて、国民の輿論は治山、砂防に集中している。然るに、財政上の問題は別として、技術面においてなお不合理な面も少くない。これは荒廢の種類、發生の機構、荒廢並びに災害の規模が非常に複雑を極めてからである。筆者はこのような山地荒廢およびこれに由来するところの災害についてその特性を明らかにし、防止対策等について改めて検討を加え、より合理的な治山、砂防を推進しなければならないと考え、昭和 29 年以来長野県下における主要荒廢山地を調査地を選び、土壤試料を採取して土質試験を継続している。一般に土壤は産出母体である基岩の種類によつて、著しくその性状を異にし、その性質の差異が山地荒廢の發生と密接な関係を持ち、山地崩壊、地這り、土壤侵蝕の特質を説明づけた¹⁾。即ち、

(1) 荒廢山地の土壤を篩分けて、粘土量を調べることは、現場においてもさほど手数のかかることでないが、この粘土量を調べることは大切で、粘土量の多いものは塑性指数も大きく、塑性指数の大きいほど粘着力は強く、概略的ではあるが山地荒廢に対する安定性並びに防止復旧対策の指針を得ることができる。

(2) 安定度： $\frac{\text{流出限界}}{\text{自然土の含水比}}$ を知ればこの値の小さいほどその土壤は流動し易く、大きいほど滑動に対する安定性は強い。因みに第三紀層土壤では 1.4 他は 2.2~3.5 でその差は有意であつた。

(3) 分散度の小さいほど侵蝕に対する抵抗性は強く、大きいほど侵蝕を受け易い。

然しながら、大規模な山地荒廢を僅かの土壤試料による土質試験の結果だけで結論づけることはできないので直面する荒廢の状態、災害の様相を適確に理解し、土壤の性質および特性等を併せ考えなければならぬ。このような観点において長野県の山地荒廢を考察した。御批判を願いたい。なお本研究は文部省科学研究費の交付を受けて実施している研究であり、また試料採取並びに土質試験に協力を願つた森林工学専攻生梅沢仁治、内山明の両君に併せて感謝の意を表する。

2. 試料採取地の概況

長野県下における山地荒廢は次の通りである。

* 先に発表した山地荒廢の土質的研究¹⁾及び山地荒廢の土質的研究¹⁰⁾はそれぞれ第一報、第二報に相当するものである。

第1表 山地荒廃流域別面積(町歩)

流域名	総面積	崩壊地	地這り	はげ山	荒廃移行	計	割合
天竜川	373,019	8,096	104	193	863	9,256	2.5%
木曾川	162,102	658		11	2	698	0.4
信濃川	755,550	5,988	1,497	638	233	8,356	1.1
姫川	45,550	242	299	5		546	1.2
関川	7,890	199	60			259	3.3
富士川	12,479	502				502	4.0
矢作川	16,868	110				110	0.6
利根川	1,040	21				21	2.0
計	1,374,451	15,843	1,960	847	1,098	19,748	1.4

(長野県治山課)

そして次のように分類される。

- (1) 破碎帯の地這りおよび地這り性崩壊 下伊那郡遠山川流域主として上村, 大鹿村, 上伊那郡三峯川上流々域主として伊那里村。
- (2) 洪積層の崩壊 下伊那郡喬木村, 豊丘村, 竜江村, 上久堅村。
- (3) 第三紀層の地這り 上水内郡下裾花川流域, 更級郡信里村, 北安曇郡八坂村, 広津村, 陸郷村, 七貴村, 姫川流域主として南小谷村, 中土村, 東筑摩郡生坂村, 東川手村, 坂北村, 下伊那郡大下条村。
- (4) 古生層の山地荒廃。

(5) はげ山荒廃 諏訪湖周辺, 東筑摩郡四賀村, 坂北村, 本城村, 上伊那郡朝日村。

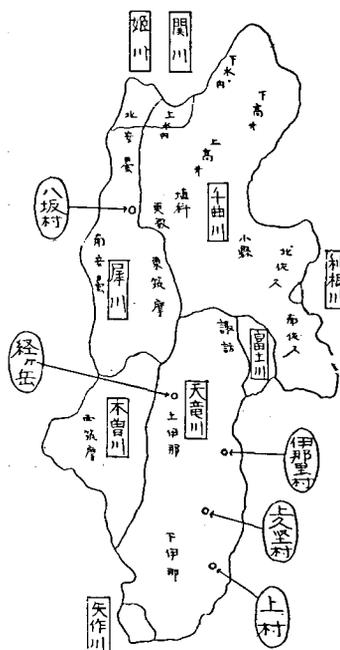
(6) 酸性火山岩地帯の土壤侵蝕 長野周辺。

この分類は勿論長野県下における山地荒廃のすべてではないが, 大規模に荒廃し, それに対し工事が行われているところである。前述の如く土質相互間の有意性については既に報告した¹⁾。本研究は主要荒廃地について試料を採取し基礎的な土質試験を実施しその特性を明かにし, 併せて視察の結果から個々の山地荒廃に考察を加えた。試料採取地は次の通りである。(第1図)

(1) 伊那里村(昭和32年10月10日採取)

天竜川の支流三峯川の上流赤石山脈と伊那山脈の谷間に位置している。即ち, 中央構造線(赤石構造線とも云う。)に沿って発達する赤石構造谷と称する衝上断層線²⁾に沿って三峯川が発達し上流に部落が開けたもので地質学的にも興味深い地である。従つて荒廃山地も多く, 三峯川下流に対し土砂流出の根源をなしている。岩石は結晶片岩の破碎帯で特に緑泥片岩が広く分布し, 石墨片岩, 紅簾片岩が散見される。

No. 1. 草生地で緑泥片岩の破砕片を含む一次荒廃の



第1図 試料採取地位置図

土石円錐の一部。地表下 20cm より採取した。

No. 2. 斜面中腹部。クリが自生しており、緑泥片岩が多く緑灰白色を呈している。

No. 3. 斜面中腹部。地表下 50cm より採取した。矢張り緑泥片岩の岩片多く、クリ、クヌギが自生している。

No. 4. ウラジロモミ、カラマツを主林木とし、小灌木および草類の良く生育している湿潤地で土壌は黒色を帯びた緑色で角張つた緑泥片岩を多く含んでいる。

以上 No. 1~No. 4 は一様に一次荒廢の堆積地である。立地的、地味的には好条件をもっていることが採取地附近の林相より推察できる。

No. 5. ローム層。この部分は衝上断層²⁾によつてできた伊那山脈地塊に属するもので上記結晶片岩地帯と全く趣を異にしている。

(2) 上村(昭和 32 年 11 月 5 日採取)

三峯川に沿つて南進する中央構造線は分杭峠で分水界する小渋川(上流は青木川)に沿い、更に地蔵峠で遠山川(上流は上村川)に分水界し、青崩峠(山伏峠)を経て豊川へ抜けている。上村川は伊那里村における三峯川と同様中央構造線に沿つて流下し、左右兩岸の地質構造を二分している。即ち、左岸は西南日本の外帯に属する赤石楔状地と呼ばれ、古生層に貫入した結晶片岩(石墨片岩、紅簾片岩、緑泥片岩、雲母片岩)よりなり、右岸は伊那山塊の主体である片麻岩からなつている。この右岸は山脚部の侵蝕と表土の滑落がある程度で大規模に山地荒廢は発生していない。試料は左岸より採取した。

No. 1. 第一次崩壊の堆積地で緑泥片岩の岩片が多く、立地的には良好な地域で杉、檜に見るべきものがある。上村川の溪岸より採取した。

No. 2. 破碎帯を明確に認め得る地山の一部で、特に層状に発達したいわゆる断層(破碎帯)粘土を採取した。この附近は昭和 28 年 7 月に大規模に崩壊(楔状崩壊、山抜け)³⁾したところで現在長野営林局直営(買上国有林)の治山工事が行われている。

No. 3, No. 4. 上村中郷部落上村川の左岸より採取した。殆んど No. 1 と同様第一次崩壊の堆積地で自生する雑木は生育良好であり、現在は安定している。

No. 5. 第一次崩壊の堆積地で河岸侵蝕を受けて崩壊した崩壊斜面より採取した。No. 1, No. 3, No. 4 より急斜面で乾燥して堅く固結している。従つて立地条件を悪くしているため植生の進入は見られない。

(3) 上久堅村(昭和 32 年 10 月 24 日採取)

伊那累層は以前は洪積層と考えられていたが、鮮新世とされるに至つた⁴⁾、飯田市附近の天竜川兩岸に分布し、一部は天竜川にけづられて段丘砂礫におおわれている。分布はひどく複雑で堆積後侵蝕が進んだことを示している。伊那累層は花崗岩基盤をおおっているものでゆるく西へ傾き尾根の上部では本累層が露出しており上久堅村にも見られる。然しながらこの地域の山地荒廢は上久堅村、喬木村、豊丘村、竜江村に見られる如く段丘砂礫の洪積層に起因するもので、花崗岩の深層風化土層が広く分布している。また下伊那郡大下条村に散見される地入りは以前は解釈に苦しんでいたが鮮新世に由来する第三紀層地入りであると認められる。

No. 1. 上久堅村大島大芝原地籍、本学部砂防試験地内の花崗岩の風化砂礫層で地表下 1.2m より採取した。

No. 2. 本地方の表土は流出を受け或は崩壊し去つて砂層、礫層或は砂礫層を露出して

るが、表土を残している山地は、アカマツ、ヒメコマツが自生している。浅いローム層を採取した。

No. 3. 砂層で地表下 1m より採取した。

No. 4. 砂層で地表下 3m より採取した。

No. 5. 砂層が露出しており、地表より採取した。

(4) 八坂村(昭和 32 年 10 月 22 日採取)

犀川流域は、第三紀層とその後の水成岩および雲母安山岩の噴出したものが見られる。第三紀層は別所層、青木層、小川層よりなり本地方を地質的に特色づけている。即ち黒色頁岩、砂岩層の互層でわれわれの対象にしている漸移層だけでも厚さ 200m と言われている⁵⁾。漸移層は矢張り砂岩、頁岩の互層をなしているが、砂岩層は薄く、頁岩層が発達している。八坂村は犀川の支流金熊川の上流に位置しており、この付近では青木層が最も標式的に発達し好露出が見られ、向斜構造を形成している。

No. 1. 八坂村小松尾地籍より採取した。本地点は昭和 27 年の梅雨期に大地を発生したため、下部移動によつて崖錐の一部が崩落堆積したところで平時は非常に乾燥しているため土壌はブロック化している。

No. 2, No. 1 の下方小松尾地り地帯の中腹で附近には移動家屋、移動の痕跡顕著な地表面の隆起、亀裂等が認められ、地下水の湧出も見られる。

No. 3. 金熊川溪岸で地り地帯の最下部より採取した。本地点は金熊川上流左岸で、金熊川を界にして向斜構造を形成しているものと思われる。即ち、前述の地りりは金熊川に向い、南北の走向傾斜 30~50° に沿つてつたものと考えられ、金熊川の対岸に衝上して止つたものと思われる。

No. 4. 小松尾より約 4.5km 離れた市の瀬地籍で、金熊川本流右岸で傾斜 20° 県道を横断してつたもので小松尾地りりと反対の方向につている。滑動は小松尾の如く急激ではなく、徐々に移動した様子がかがわれる。試料は金熊川右岸の水田より採取した。

No. 5. 市の瀬地りり地の中腹より湧出する地下水排水路を界にして陥没地形が見られ、その露出を認めた。

(5) 経ヶ岳山地：伊那市西箕輪(昭和 32 年 9 月 20 日採取)

古生層の嶺家変成帯で産出岩石は粘板岩、砂岩のフォルンヘルスが多い。

No. 1. 赤松林で腐植層が浅く、粘板岩の角礫にとみ、瘠悪林地化が進んでいる。松茸の産地として利用されている。地表下 20cm より採取した。

No. 2. 檜林で下木は雑木の点在、腐植層は稍多く地表は蘚苔類でおおわれている。砂質土壌で粘板岩、砂岩の角礫多く地表下 20cm より採取した。

No. 3. 植壤土で深く、伐採跡地(植物園)。地表は發育良好、緊密な芝でおおわれているが湿潤地で附近に地下水の湧出が認められた。

No. 4. 赤松の矮林で極度に乾燥しているため腐植はなく、砂岩が破碎されたままの岩盤地で所定の試料がでなかつたので、ブロックに区切つて採取した。

No. 5. 赤松林。粘板岩を含む植壤土。

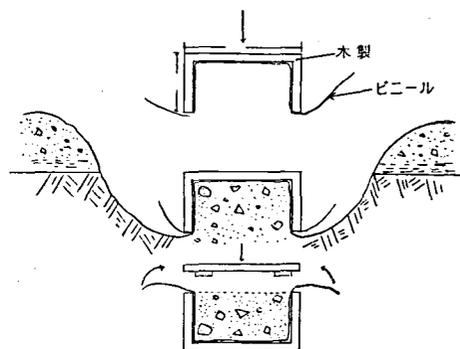
3. 試料の採取および実験の方法

自然土の試料を得るため、木製の採取箱(28×22×15cm)を用意し、同形のビニール袋を

作つて採取箱にあてがい、表土（落葉、腐植層を取除いて）を採取箱と同形に掘下げ箱にとつてビニールで包み、乾燥するのを防いで持ち帰つた。（第2図）

（1）自然土の容積重

(i) 採取時の容積重 単位体積の重量は土壌の基礎的性質として知りたいものの一つであるが、次に述べる容積重測定筒によつて求めるのが普通である。然しこれはその容積が余りに小さいので、(約 100cm^3) 自然土中の石礫をも同時に採取し、含めて測定することができない。従つて単に細土のみに対するものとなつてしまう。そこでできる限り広い部分について石礫をも同時に含んだ容積重を求めた。即ち第2図の要領にて採取し、内容土壌の重量を測定して容積重を計算した。



第2図 試料採取方法

(ii) 容積重測定円筒による容積重

(v) 飽水時の容積重 容積重測定筒にて土壌をとり水中に一昼夜静置し、飽水させた後重量を測定して容積重とした。

（2）自然土の含水量

現場土壌の含水量を知ることは最も基礎的なものとして重要である。乾湿の度合を知るばかりでなく、含水量との比較において保水能を推定することができる。また流出限界との比を求めて滑動に対する安定性を判断することができる。

（3）剪断抵抗

地どり、山崩れの発生する土質的原因が主として剪断抵抗の低下によるもので、山地荒廃を考える場合重要な因子であるが、実際面において実行できないのが実情である。然し剪断試験には色々な方法があつて如何なる方法によれば最も適切な剪断抵抗が求められるか未だ明確にされていない⁶⁾。本試験は携帯用箱型（剪断箱 $4\times 4\text{cm}$ ）一面剪断試験器（大沢製作所）によつて測定した。試料中に石礫が混じている場合、剪断箱が小さくて試料がとれないので故意に石礫の部分避けて実施した。また試料によつてはどうしても試料がとれず試験できない個所もあつた。

自然土についての測定は以上で、以下風乾土にして測定した。

（4）含水量

自然土の含水量は容積重測定筒にて測定し、土壌含水比で示したが、風乾土についてはオルフ氏法により風乾細土（径 2mm 以下） 100cm^3 中の水量で表わした。

（5）粒径組成

土壌は地質によつて粒径組成を異にするいわゆる岩石が不連続風化過程をたどつて生成されるもので土質を左右する基礎的性質である。然しながらこの組成は広い地域にわたつて一様に分布しているかは明らかでないが、同一母岩に由来する土壌については一般に一様であると認められている⁷⁾。

(i) 篩分析

JIS A 1204 による篩分析は篩通過分の重量百分率で示され、個々の篩について水洗篩分

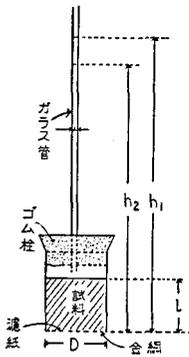
けが要求されるのが普通であるが、本分析は機械的な分析に止めた。この場合特に 0.2 mm 以下の篩分けは一樣にできにくいことおよび粉末となつて飛散する点に難があるので特に留意し、大きな誤差のないよう努めた。

(4) 淘汰分析

A. S. K. 法によつた。同一母岩の細土についての粒径組成は淘汰分析の結果からより明確な関係が判定できるし、また機械分析による両者の同一粒径に対する百分率比によつて受蝕性が考察できる。

(6) 透水試験

土壌の透水性を知ることは予防的にも、復旧対策の面からも極めて重要であるが、現地において透水性を測定することは困難である。本試験は第3図に示す装置によつて二通り（一つは表土を想定し 4.8 mm 目篩通過分の風乾土をポーラスにつめ、他は、下層土を考え湿潤土を密につめた。）について測定した。使用水は約 15°C である。



第3図 変水位透水試験装置

$$\text{透水係数 } k \text{ cm/sec} = \frac{al}{A(t_2 - t_1)} \cdot \log_e \frac{h_1}{h_2}$$

a : ガラス管の断面積 (cm^2)

l : 試料長 (cm)

A : 試料断面積 (cm^2)

h_1, h_2 : ガラス管の水位 (cm)

t_1, t_2 : h_1, h_2 を通過する時間 (sec)

(7) 耐水度

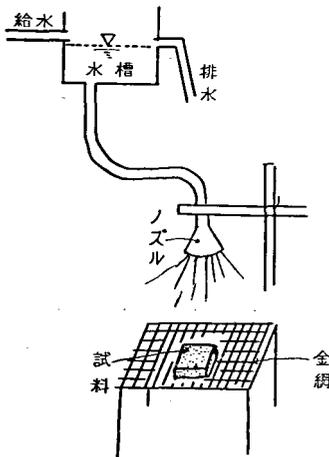
降雨による表土の流出は降雨量に左右される外土壌の性質によつて受蝕性を異にする。この受蝕性を直接に判定するため耐水度を測定した⁷⁾。即ち 4.8 mm 篩通過分について水を加えて握りしめて(形がのこり、くずれない程度……水分測定) $4 \times 4 \times 2 \text{ cm}$ の立方体を作り、第4図に示す如く金網上に置き、30 cm の高さよりノズルを通して散水し、試料にあて、くずれ去るまでの時間 (min) を測つて耐水度とした。なお散水量は 210 mm/min の降雨量に相当する。第三紀層の粘土の如きは僅かの降雨量では殆んど侵蝕量を測定することができないので自然降雨量に比較して桁違いの降雨量を散水し比較した。

(8) 分散度

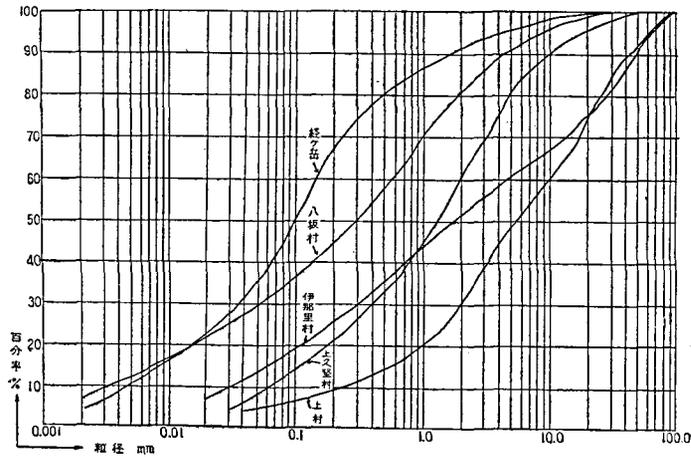
粒径組成の項で述べた如く、機械的に分析された量と、分散剤(アンモニヤ 3% 液使用)を使つて化学処理を加えて分析した量との比は耐水性を間接的に知る目安となる⁸⁾。一般には粒径 0.25 mm について実施するが、本試験では 0.25 mm について算出した。

4. 実験の結果および考察

山地荒廃発生の原因および荒廃の様相等について考えると、土壌の性質が密接に関係していることが推察され、その一部については既に述べた。本論では更に調査地を変え、その地点並びに類似する個所の土質試験を実



第4図 耐水度測定装置



第5圖 粒径加積曲線

第2表 粒径組成表(原土)百分率

試料		~80 mm	80~50	50~40	40~25	25~20	20~10	10~ 4.58	4.58 ~2.0	2.0~ 0.85	0.85 ~0.4	0.4~ 0.075	0.075 ~	
破 碎 帶 (伊那里村)	1	9.6	6.8	7.2	5.1	1.9	5.0	2.7	8.3	10.2	12.6	19.0	11.6	
	2	6.7	5.2	6.7	6.5	2.9	8.3	5.5	10.4	9.6	6.3	12.3	19.6	
	3			1.8	2.1	0.8	9.0	5.3	8.8	7.9	8.3	30.5	25.5	
	4	6.2	5.7	4.3	13.1	4.8	15.6	6.1	12.0	7.1	8.8	9.8	6.5	
	5					0.2	1.5	1.4	3.9	4.5	37.7	36.5	14.3	
破 碎 帶 (上 村)	1		0.9	0.5	3.2	2.3	14.6	12.6	25.1	18.4	9.2	6.2	7.0	
	2			0.7	2.4	1.9	10.3	9.4	21.7	18.4	11.6	13.3	10.3	
	3		5.1	2.2	6.0	4.0	17.5	10.1	19.4	13.9	7.4	8.2	6.2	
	4		1.7	4.0	11.7	6.2	24.1	9.5	16.1	10.7	5.6	5.4	5.0	
	5	12.2	14.3	3.2	10.0	4.8	13.7	7.6	14.3	7.5	3.4	5.3	3.7	
洪 積 層 (上久堅村)	1			0.4		0.6	6.4	10.1	23.3	16.3	10.8	20.3	11.8	
	2				0.3	0.1	0.4	2.2	8.5	22.6	6.3	22.0	37.5	
	3				3.2	1.4	9.1	7.4	25.4	13.8	13.3	16.5	9.9	
	4			1.1	1.4	1.1	3.8	5.6	17.6	16.3	17.7	21.8	13.6	
	5				1.0	1.0	5.8	7.9	19.9	18.2	17.1	22.2	6.9	
第 三 紀 層 (八坂村)	1		4.0	2.7	13.5	6.3	14.6	4.2	13.6	7.1	7.4	12.6	14.0	
	2					1.4	7.5	3.7	3.7	3.7	7.0	25.3	47.7	
	3						0.3	1.0	13.3	11.9	10.0	25.1	38.4	
	4						3.0	6.4	17.4	15.5	12.8	21.1	23.8	
	5						1.0	9.1	30.3	5.5	9.6	18.7	25.8	
古 伊 生 那 市 層	1					0.4	1.3	2.3	1.0	2.3	4.6	41.2	46.9	
	2				1.4	0.3	0.5	2.0	5.6	4.1	2.7	5.6	30.6	47.2
	3				1.5	0.5	2.4	2.0	4.0	4.0	5.9	37.9	41.8	
	4	19.2	19.0	6.2	11.3	4.4	12.3	6.1	5.2	3.1	1.2	4.3	7.7	
	5					0.3	2.6	3.8	10.1	7.6	5.6	34.1	35.9	

第 3 表 土 質 一 覽 表

試 料	容積重 (ton/m ³)			含水 (%)	含水量 (%)	剪 斷 抵 抗		容水 (cc)	耐水度 (mm)	透 水 係 數 (cm/sec)		分 散 度	粒 徑 組 成 (細土 %)				
	採取時	測定筒	飽和時			凝 集 力 (kg/cm ²)	內 部 摩 擦 角			風 乾 土	濕 潤 土		粗 砂	細 砂	微 砂	粘 土	
破 (伊那里村) 帶	1	1.39	1.30	1.52	39.6	25.2			66.9	1.69	3.26×10 ⁻⁴	3.44×10 ⁻⁵	0.54	15.0	14.0	15.0	56.0
	2	1.58	1.75	1.89	37.5	47.7			55.1	1.77	4.49×10 ⁻⁴	9.97×10 ⁻⁵	0.71	18.0	16.0	14.0	52.0
	3	1.50	1.52	1.66	37.1	54.5	0.2916	25° 39'	49.1	1.58	9.23×10 ⁻⁵	2.52×10 ⁻⁶	0.73	8.0	19.0	16.0	57.0
	4	1.50	1.63	1.83	33.9	59.4			48.4	0.52	5.22×10 ⁻⁴	1.29×10 ⁻⁴	0.48	24.0	14.0	14.0	48.0
	5	1.10	1.12	1.33	63.2	88.7	0.1093	28° 25'	56.0	1.91	2.73×10 ⁻³	4.41×10 ⁻⁴	0.41	9.0	12.0	16.0	63.0
破 (上村) 帶	1	2.25	1.84	2.00	8.3	15.9			22.9	0.40	4.02×10 ⁻³	1.36×10 ⁻³	0.89	68.0	15.0	6.0	11.0
	2	2.34	2.26	2.32	7.4	12.9			21.6	33.57	2.12×10 ⁻⁴	1.33×10 ⁻⁴	0.65	45.0	22.0	8.0	25.0
	3	1.89	1.87	2.04	6.0	14.0			23.0	6.00	1.67×10 ⁻³	1.83×10 ⁻⁴	0.68	55.0	18.0	10.0	17.0
	4	1.83	1.72	1.89	9.4	16.9			17.1	2.86	5.44×10 ⁻⁴	7.63×10 ⁻⁵	0.65	52.0	18.0	10.0	20.0
	5	1.77	1.61	1.78	9.8	16.9			16.9	0.38	9.91×10 ⁻⁴	9.91×10 ⁻⁵	0.63	43.0	24.0	13.0	20.0
洪 (上久堅村) 積層	1	1.67	1.61	1.70	18.9	31.8	0.0834	38° 46'	15.6	0.19	7.53×10 ⁻⁴	2.09×10 ⁻⁴	0.47	44.0	33.0	12.0	11.0
	2	1.40	1.37	1.58	31.0	48.9	0.2661	29° 4'	48.1	7.14	2.35×10 ⁻³	4.16×10 ⁻⁶	0.65	16.0	16.0	9.4	58.6
	3	1.75	1.49	1.70	9.7	24.6	0.0099	41° 13'	24.3	0.16	1.13×10 ⁻³	7.59×10 ⁻⁴	0.46	49.0	30.0	11.0	10.0
	4	1.70	1.58	1.84	32.8	27.3	0.0017	42° 23'	28.9	0.27	8.13×10 ⁻⁴	1.36×10 ⁻⁴	0.57	49.0	33.0	9.0	9.0
	5	1.66	1.59	1.85	3.0	18.7	0.0193	37° 32'	17.4	0.13	7.44×10 ⁻⁴	5.80×10 ⁻⁴	0.55	58.0	28.0	8.0	6.0
第 (八坂村) 三紀層	1	1.60	1.76	1.89	16.9	20.5	1.2518	41° 20'	29.5	1.99	2.94×10 ⁻⁴	1.67×10 ⁻⁷	0.40	3.0	22.0	31.0	44.0
	2	1.80	1.90	1.98	19.2	23.6	0.7698	26° 46'	29.2	2.30	1.32×10 ⁻⁵	3.35×10 ⁻⁵	0.76	4.0	18.0	25.0	53.0
	3	1.62	1.99	2.04	25.8	28.4	1.1244	2° 7'	33.3	4725.00	5.20×10 ⁻⁵	3.84×10 ⁻⁶	0.58	3.0	22.0	24.0	51.0
	4	1.83	1.99	2.01	28.1	23.1	0.7419	1° 6'	32.3	2.79	9.59×10 ⁻⁶	7.75×10 ⁻⁸	0.40	2.0	20.4	26.0	51.6
	5	1.91	1.89	1.90	31.9	26.5	0.2087	4° 24'	34.1	5786.00	8.48×10 ⁻⁶	7.14×10 ⁻⁸	0.39	1.4	16.0	24.0	68.6
古 (伊生那市) 層	1	1.06	1.01	1.38	28.4	107.0	0.2534	13° 53'	69.7	1.31	5.68×10 ⁻⁴	1.23×10 ⁻⁵	0.91	6.0	30.0	32.0	32.0
	2	1.04	1.12	1.29	29.1	72.0	0.0690	25° 3'	63.5	0.90	5.48×10 ⁻⁴	6.46×10 ⁻⁵	0.90	7.0	20.0	28.0	45.0
	3	1.25	1.30	1.39	60.6	80.5	0.1720	34° 57'	59.6	0.84	3.56×10 ⁻⁴	2.65×10 ⁻⁴	0.86	6.0	20.0	34.0	40.0
	4	1.58			46.3				49.9	4.57	4.10×10 ⁻⁴	9.88×10 ⁻⁵	0.81	16.0	28.0	32.0	24.0
	5	1.26	1.32	1.56	61.1	49.3	0.3075	32° 57'	47.4	2.06	2.23×10 ⁻⁴	2.07×10 ⁻⁵	0.79	3.0	16.0	38.0	43.0

施し併せて既往荒廃地の状況を詳細に観察し先に分類した山地荒廃別に先づ土質の特徴を示し、発生因子、荒廃の規模、今後予想される荒廃等について考察した。なお長野市周辺における酸性火山岩（主として石英粗面岩）地帯の土壤侵蝕及び諏訪湖周辺並びに東筑摩郡四賀村、坂北村、本城村における安山岩、第三紀層のはげ山荒廃について今回は未調査であるが既に発表した¹⁾外、前者が特に上久堅村における花崗岩土壤と類似の土質を示し、市街地に近く荒廃が発生しているところに問題点を残し、後者は矢張り上久堅村に見られる表土盤状体のそれと同様の土質を示し更にこのような土壤が厚く堆積しているために瘠悪化を招いていると考えられる。土質試験の結果は第二、三表および第5図に示し以下個々の荒廃地について考察する。

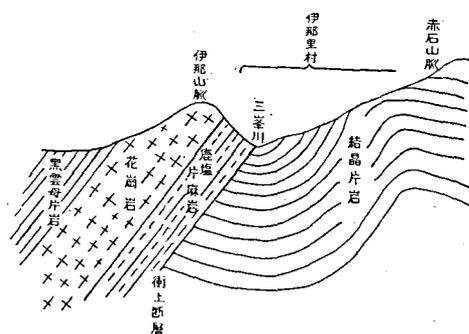
(1) 破碎帯の地盛りおよび地盛り性崩壊

わが国に地溝帯、地質構造線、或は断層の多いことは地質的特徴の一つであるが、これ等造陸運動の生成期にはその周辺の岩石、地層が圧縮破碎されたいわゆる破碎帯の存在するのが通例である。そしてこの破碎帯に原因する山地荒廃が長野県下にも非常に多い。もともと破碎帯という地質の専門語は治山、砂防の古くから使われた言語ではない。現在呼称されている破碎帯地盛りは断層地盛りと呼ばれ注目されたことは古い専門書に見られる如くであるが小出博氏の研究によつて専ら破碎帯地盛り或は破碎帯に発生する地盛り性崩壊と認識されるようになった。本論における伊那里村、上村はともにこの破碎帯に属する地域である。小出博氏は先に伊那里村の山地荒廃について次の如く述べている⁹⁾。三峯川に沿つて奥浦、前浦、岩入、宇津木の部落があり、地盛り性崩壊はわずかに認める外破碎帯地盛りを起している。と、更に地盛り性崩壊の免疫性を強調し、結局は地盛りの素因はすべて地質条件に帰結するものであつて、土質的素因は考えられないとしている。然しながら破碎帯の土壤と他の荒廃地の土壤の間には土質的に有意な差が認められ¹⁾これが破碎帯の地盛り或は地盛り性崩壊と密接な関係があるのではなからうかと思われるので、この辺の事情を明らかにするため伊那里村および上村を調査した。両地域は同じ御荷鉢破碎帯に属するが土質的にもなお荒廃状況にも少からず趣を異にしているので別々に考える。

(i) 伊那里村における場合（第6図²⁾）

伊那里村に産出される土壤は

(1) 岩石風化の過程が割合連続的である。このことは上村についても明らかであるが結晶片岩特に緑泥片岩の破碎帯に見られる特徴である。(2) 粘土量が多く(1)に示された特徴と相まつて森林立地的に良好である。(3) 更に保水能も良好で容積重、容水量、含水量はこの様子を説明している。(4) 透水性は一般に良好であり、剪断抵抗と共に一般土的な性質を示している。(5) 耐水度、分散度に見られる如く土粒子の結合力は小さく、受蝕性が強い。



第6図 伊那里村地質断面

以上の如くでこのような土質からは直ちに地盛りの素因的なものの方がわれず、山崩れ、土壤侵蝕に対する脆弱性が強調される。筆者は伊那里村における山地荒廃を次の二つに

分けて考える。その一つは本村に点々と発生している地這りであり、他は二次的災害である。前者は小出博氏によれば広範囲にわたっているようであるが本村における地這りは極く小面積であると同時に地形的因子（伊那里村は過去に大きな山地荒廃—主として地這り性崩壊であろう。—を受けて現在ではこれに対する免疫的地形を見せている。）が加つて規模も小さく横穴排水工或は杭打工が効果的に施工できる地這りである。そしてこれは破碎作用が強烈であることおよび粘土化され易い基岩であるという条件の地域がせまく、大部は破碎作用が細粒化の程度で止み、粘土化が進んでいないことに原因しているものと思われる。一方二次的災害は将来大きな問題を提起するであろう。本地域の踏査、土壌採取、土壌試験の結果からは、先づ受蝕性の強いことが考えられ、過去における大崩壊に由来した堆積地形がクローズアップされるのであつて、下流々域に流下する土砂石礫の根源対策を強調する所以である。幸いこのようなところは立地的に良好であるので緑化治山が効果を収めるものと考えられる。

(ii) 上村における場合

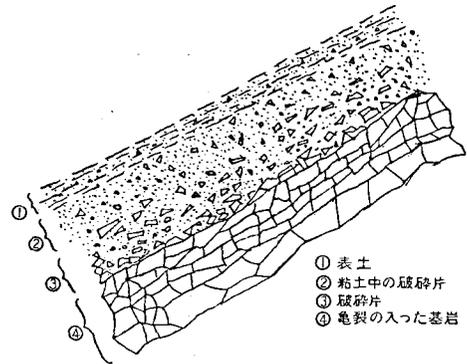
上村は前述の如く御荷鉾破碎帯の一連であるが伊那里村が地這り性崩壊に対し或る程度免疫性を獲得し、二次的災害へ焦点が移っているのに対し上村では現在なお地這り性崩壊が進行中であり、それだけに若い地形が多い。

土質的にもこの様子が説明される。即ち、

(イ) 緑泥片岩に対する破碎作用の程度は弱く、粒径組成は連続的で角ばつた岩片が多く、伊那里村の場合に比較して粘土量が遙かに少い。(ロ) この粘土量が少いことが他の土質に原因し、含水量、容水量は非常に小さく、容積重が大きくなつている。(ハ) 更に透水性が良好である。(ニ) 耐水度、分散度は受蝕性の大きいことを示している。(ホ) 試料 No. 2 は破碎帯に露出した破碎帯粘土であるが、矢張り徹底的な粘土化は受けていないで小岩片を含んでいる。

上村における破碎作用は基岩（主として緑泥片岩）の細粒化、ブロック化に止つているが深部まで作用を受けており地這り性の大崩壊が多い素因となつている。一見緻密塊状に見える基岩も細い亀裂が入つており、極端な片状構造を呈している。このため溪岸などに露出しているものは自然に落下するほどで河底が洗掘されれば止めどなく崩れ落ちる。表面は粘土質で細い破砕片を含んでいるため、乾燥すれば礫が多いとざらざらし、粘土が多い場合は表面硬化しかちかちに固結している。然しながら一たん水分を吸収すると極めて不安定な流動性を示すようになる。上村は昭和 28 年 7 月台風十三号によつて上村川左岸地帯全山に地這り性崩壊が発生し下流部落はこれによつて大災害を受けた。更に昭和 32 年には二次的災害を被り道路網が潰滅に瀕した。前記災害直後崩壊地を調査したが³⁾、今回の土質試験を通して上村破碎帯の崩壊についてその考え方を再確認した。上村破碎帯の崩壊は地形の影響もさることながら（谷幅が狭く、急傾斜である。）特徴的な地質構造、土質によつて深度の大きい楔型の崩壊を起し、崩落土砂量が他の崩壊に比較して遙かに大きい。地山は第 7 図に示す如く基岩深部まで片状に破碎作用を受けており、量は少いが強粘土質の粘土を含んでいるため、降雨によつて粘土が水分を吸収すると、流動性を帯びて不安定になるが、透水性が良好であるので直ぐには崩落することなく、不安定土砂層が深くにまでおよぶ、そして山脚を侵蝕されるとか、更に降雨量が増すと遂には平衡が破れて大きく崩壊する。溪岸侵蝕に伴つて発生する一般の山崩れが浅く、盤状体を形成している表土層を崩すのに比較して崩壊の深度

が大きく、また崩落土砂量が遙かに多く、更に平時の降雨量に対しては安定性があるが異常雨量にあうと他地域に比較して著く大きい崩壊を発生するというのが特徴である。試料 No. 2 に示す粘土層はいわゆる地じり粘土として地じりの原因にはならないで、適度に岩石の細片を含んでおり、透水性も比較的良好で却つて地山の安定化のための役割を果しているようである。試料採取地には見られなかつたが、紅簾片岩に由来する地帯では、徹底的な粘土化作用を受けたいわゆる地じりのな箇所もあるが、大面積に分布していないこと、谷幅の狭い地形に影響されて、反対側で支えられるという地じりのよりむしろ押し出し地形が見られる。更に上村においても二次的災害が将来大きな問題を起す可能性のあることは伊那里村と同様である。即ち一次崩壊による堆積跡地が広く分布しており、これが対水分的には非常に不安定であるという土質に影響されて溪岸侵蝕を受け易く、下流に対して土砂流出の根源をなしている。



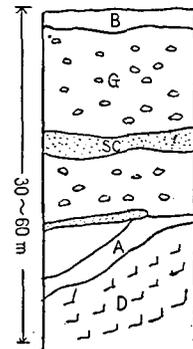
第7図 破砕帯（結晶片岩）地質構造

(2) 洪積層（天竜礫層）の崩壊および土壤侵蝕

下伊那郡下天竜川の左岸地帯は治山事業発祥の地として知られ、特に洪積層の崩壊地として代表的な所で、中でも喬木村九十九谷は県営事業の中心地とし、また上久堅村は国営事業の先進地として全国的に有名な所である。現在では事業完成の域に近く、事業量は縮小されてはいるが、侵蝕に原因する山地荒廢は依然跡を絶つていない。これは以下に述べる地質的土質的素因に起因するもので、今後の治山事業にとつても必要な条件であると考え。洪積層崩壊の代表地として上久堅村を選定した。土質試験の結果から土質の特徴を列挙すると、

- (イ) 基岩は深層風化を受けた花崗岩で、堆積砂礫と共に粒径組成は一樣である。即ち石礫、粘土が非常に少なく、2mm 前後の小礫および砂ばかりで成つている。
- (ロ) 従つて剪断抵抗は理論的砂と同様で、凝集力は殆んど零に近く、内部摩擦角は非常に大きい。
- (ハ) 耐水度、分散度に明かに示される如く、対水分性は極めて脆弱である。分散度を示される数字は過小値で受蝕性の少いことを意味する如くであるが、花崗岩の風化土砂が機械的だけでなく、化学処理によつて更に細粒化されることを示すもので、深層風化の程度の強烈さを説明している。
- (ニ) 透水性は非常に良好である。
- (ホ) 表土は浅いが比較的粘土質に富み、盤状体を形成している。そしてこの表土は前述の下層土と土質的に趣を異にしている。即ち表土は、

- (i) 砂礫層である下層土が粘土量僅かに 10% 前後含有するのに対し、表土では 50~60% 含む。
- (ii) 容積重が小さいのはロームに由来するものとする。
- (iii) 粘土量が多いので容水量、凝集力は大きい。
- (iv) 耐水度は大きく受蝕性の小さいことを示し



B: 表土で粘質の填質土壌 G: 天竜礫層(砂層, 砂礫層) SC: 粘土層 A: 花崗岩砂層又は砂土層 D: 深層風化の花崗岩(露出もある)

第8図 洪積層地質断面

ている。(v) 透水性は不良である。風乾土の透水性が良好であるのは、風乾過程において粘土が団粒的に結合して空隙を大きくしているためで、耕耘によつてこの種土壌の理化学性を好転させ得ることを示している。

以上土質について特徴を指摘したが、地質的には更に特色をもつており小出博氏は、「深い部分など風化(深層風化でこれをミサと呼んでいる。)され、丁度砂のようである。このように風化した花崗岩が基盤をなし、その上に第三紀層、洪積層(矢張りミサに由来している。)の段丘が発達したものである。花崗岩と第三紀層、洪積層との境である不整合面には、しばしば花崗岩に由来した粘土層や、花崗岩質の砂層が発達している。段丘の堆積層は、主として礫でできているが、その中には砂質または粘土質の地層を挟んでいる。」と、そしてこれを標式的に示すと第8図の如くである。しかしながらこれは、本地方全般にわたつて一様に広がっている訳ではなく、段丘堆積層は砂層が特に発達したり、また砂礫層、礫層であつたりする。また不整合面にあらわれる粘土は断層粘土であると認められるが、大規模には発達していない。このような地質、土質を中心にして本地方の山地荒廃を考えると、土質的素因の重要性が再確認され、その発生経路が明かに説明される。表土層が浅く直ぐ下に岩盤などがあつたり、中腹部に湧水などがある場合を除いて、一般に山地崩壊は、斜面とか山腹の一部がポツカリ崩れ落ちるといふことは非常に少い。大部分の場合は山脚が侵蝕を受けたり、溪岸がさらわれたりすることに起因し、拡大するものであるが、砂層、礫層を主体とする本地方の洪積層は上記とは少からず趣を異にしている。もつとも前述の原因によつて崩壊の規模を大きくしていることは勿論であるが、発生の初期が特徴的で結論的に云えばどこからでも崩壊し易いといふことである。即ちこの地方の地質、土質は前述の如く非常に侵蝕を受け易いことに起因している。表土盤状体は、比較的受蝕性は小さいが、透水性が悪く降雨は殆んど滲透せずに直ちに地表流となつて表土を侵蝕する。そしてこの盤状体は浅いので、はやく雨裂侵蝕まで発達し下層の砂層、礫層を侵蝕する。この場合更に下層の透水性が極めて良好であるという土質に災されて、流去水の集中をうながし、加速度的に侵蝕され、やがて峡谷侵蝕に発展するという経過をたどるのであつて、喬木村に九十九谷という地名が残つているほどである。一般にこの種の土壌は垂直的には安定であると云われるが、冬季の霜柱、凍上によつてぼろぼろになり、地山の露出は避けなければならない要件の一つである。このように土壌侵蝕に起因するところの溪流の発達はやがて山地の大規模荒廃にまで進展するもので、これが発生防止乃至は復旧対策についてはこのような考え方に立脚し対処しなければならない。

林道開設等に伴う切取斜面の取扱いが当地方における今後の治山問題として指摘される。

(3) 第三紀層の地回り

試料採取地の概況において述べた如く、八坂村は第三紀層地回りの代表的なところとして知られている。第三紀層地回りについては、近年漸くその発生の機構、原因について定説が明らかにされているが統一はされていない。即ち、(i)地回り粘土の存在によつて発生するが、この粘土の存在そのものが地質的に解明されなければならず、地回り現象の根本的な理解に役立たせるためには、地回り地特有の粘土がどんな過程でできるかを問題にすべきであるとする地質的素因説。(ii) 地下に不透水層とか、或は岩盤が存在し、これを境にして停滞する水分が滑剤となり、その境界面が回り面となつて回りという地回り滑剤説。(iii) 地回りが地回り粘土によつて起ることは異論ないが、その粘土の如何なる性質が地回り発生の根因になつているかということをも明らかにしようとする土質的素因説。

以上の三様の説が各々別々の角度から研究されている。この場合 (i) (iii) は全く同一のことを前者は粘土についてその先天性を解決することが地辻りを解明する根本であるとし、後者はそれを後天的に研究することに主眼を置いていただけである。ただ (ii) における滑剤説は前二者と相違している如くであるが矢張り結果的には同じところに帰着するのではなからうか。そして現在各地の第三紀層地辻り地で実施している横穴ポーリングによる排水工事が効果を挙げているという事例よりすると、滑剤説が最も判り易いものと考えられる。筆者はこれらのことを総合して、第三紀層土壌の土質試験の結果を参照し考察を加えた。その土質は、(i) 頁岩、砂岩の風化物を主体とする第三紀層土壌は、地域によつて粘土化の程度は異なるが、われわれの対象とする地域は総じて粘土化の最も進んでいるところであるが、試料 No. 1 の如く乾燥している場合は極端なブロック化を呈し、水分を吸収すると流動体となり、地辻りに対しては重要因子である剪断抵抗に大きな差を示している。(ii) 粒径組成は花崗岩の風化土が砂礫を主体とする極端な不連続風化過程を示すと対照的に粘土を主体とする変則的組成でこれらのことは第5図粒径加積曲線に示される。(iii) 透水性は極めて不良である。花崗岩の風化土が極めて良好であるのと矢張り対照的である。(iv) 剪断抵抗は含水量の変化に対して極めて鋭敏に変化する。このことは既に詳細に発表した¹⁰⁾。(v) 耐水度、分散度に知られる如く受蝕性は極めて小さい。

このように第三紀層の土壌は乾燥しているときは滑動、崩壊、侵蝕等あらゆる山地荒廢に対し危惧される土質的因子は何等見当らない。そして立地的にも良好であるとともに地力も良いので第三紀層には美林が多いと言われるほどである。然しながらこの土壌が一たん水分を吸収すると、とたんに性質を変え摩擦抵抗は殆んど零に近く低下し、滑動に対して非常に不安定な状態になる。このことは第三紀層粘土の最大容水量と最小容水量との差が大きいことに原因して、自然状態の湿潤地にしばしば見られる現象である。従つて第三紀層地辻り防止対策としては、前に述べた三説の何れを採るかは別として、いかにして排水を行うかということが根本問題である。この場合いわゆる辻り層の深さが明確に推定できないので合理的な工法を望むすべもなく今後は辻り層探知に研究を集中しなければならない。

(4) 古生層の山地荒廢

長野県における山地荒廢は前項までに述べた破碎帯、洪積層、第三紀層に由来するそれぞれの山地荒廢に大別され多くの問題を提起している。然しながら第一表に示される如く荒廢面積からすればこれら地帯に限られている訳でなくあらゆる山地に発生し古生層山地が最も多い面積を占めているようである。もつとも古生層は非常に広い分布をもっているから割合から見ると矢張り前三者にはおよばない。そして古生層に発生する山地荒廢は発生の原因、機構が非常に複雑で統一された考え方はできないようであるが堆積地と岩盤地に分けて考えればそれぞれについて説明することができる。そしてこのことは前三者以外のその他についても考えられることである。

(i) 堆積地とは厚い表土層をもつか或は崩落土砂が堆積したところであり、(ii) 岩盤地とは表土を殆んど欠くか、極く薄い層で岩盤を露出し易いところである。

本論では古生層山地（産出岩石は粘板岩、砂岩）の土質試験を行つた。調査地である経ヶ岳山塊は古生層中で花崗岩化作用が著しく堆積岩を侵したいわゆる領家コンプレックスで産出岩石である粘板岩、砂岩はともに動力、熱変成を受けたフォルンヘルスである¹¹⁾。そして試料 No. 1, No. 2, No. 5 は細土、砂、礫の連続性風化過程を経た粒径組成を示す堆積地

であり、No. 3 は緻密な粒子よりなるローム層である。また No. 4 は岩盤地で破碎作用を受けている。土質試験の結果は、

(イ) 容積重が非常に小さい。これはローム層或は表土の移動が少いことに原因しており森林土壌の特性を示すものである。(ロ) これに由来して容水量、含水量はともに大きく保水能のよいことを示し、更に、(ハ) 透水性も比較的良好である。(ニ) 耐水度、分散度は受蝕性が大きいことを示している。この場合の受蝕性は表土が大方落葉層、腐植層等で覆われているため土壌侵蝕に対するよりむしろ透水性、保水能に結びつけて考えられる。

結局は森林土壌として良好な理化学性を強調するばかりで、山地荒廃発生の原因になるような土質の因子は見出すことができないのであつて、多くの場合他の重大な誘因によつて山地荒廃が起つていと推察することができる。従つて概略的ではあるが堆積地、岩盤地について次のように考えられる。即ち一般に表土層のみの崩壊が多い。堆積地である場合も岩盤地であるときも同じように発生するが必ず溪岸が侵蝕を受けるとか、降雨、地震等気象的影響によつて地盤が弛むとか長い年月を経て崩壊する。そしてその形態も色々であるが、防災的には大きな問題になる場合は少く、崩壊後の復旧（自然復旧）の早いのが通例である。このように規模は小さいが、発生個所、回数の累計は多いので侵蝕溪に堆積する土砂量は多く、流出土砂の根源となるばかりでなく、往々にして大きな土石流を発生し易い。土石流、山津波がしばしば古生層山地に発生するのは、一つにはこのようなところに原因があると考えられる。また地下水の湧出が原因して最も安定的であると思われる No. 3 の如き堆積地が破碎帯における楔型崩壊と同様深度の大きい山崩れを突然起すことが古生層山地の堆積地における特徴である。伊吹氏は¹²⁾、「古生層の山地に屢々起る崩壊などは不安定な部分が落ちてしまつて、ある程度免疫性を持つような場合が多く、また自然復旧も早いからさして問題とするに当らない。」として古生層の崩壊を明らかに説明している。

5. 結 言

最初に長野県下における山地荒廃について分類し、その代表的な地域を調査地に選定し、試料を採取して土質試験を行つた。そしてこれは、荒廃の状況からもなお土質の面からも再確認され、特徴をとらえて説明することができた。然しながら複雑多岐にわたる大規模な山地荒廃を更に適確に把握し、対策を講ずるためには、素因的にもなお誘因からもその特異性を明かにしなければならぬのであつて、できる限り多くの山地荒廃を対象にし、調査研究することが必要であると考え。就中微細な粘土の存在による土質の差は想像以上で、特に破碎帯或は断層に現われる粘土、第三紀層の頁岩に由来する粘土、その他種々の岩石の風化粘土等それが単に粒径だけに原因するものであるか、或は他の物理的、化学的な因子によるものであるか、この辺の過程を究明することはこれからの山地荒廃を研究するに当つて緊急にしてしかも重大なる課題であると考え。また本論においては、土石流、山津波についてふれなかつたが、これらの発生原因が、異常降雨、融雪等による出水によることは異論の余地はないとして、更にその地における土質に由来する土粒子の比重、粘性に大いに影響を受けるであろうことが推察されるのであつて、山地荒廃に土石流、山津波を含めてその土質的素因を明かにすることも矢張り当面の問題として提起される所以であると考えるので今後は引続きその面に沿つて研究を進める。

参 考 文 献

1. 辰野・堀内：山地荒廢の土質的研究（主として粒径組成及び稠度相について），信州大学農学部学術報告 第4号，1955.
2. 長野県綜合開発局：三峯川流域の地形と地質，1950.
3. 辰野・堀内：昭和28年7月災害報告（長野県下伊那郡上村），長野県治山資料第11輯，1954.
4. 長野県地学会：長野県地質図（20万分の一）説明書，1957.
5. 長野県治水砂防協会：犀川砂防事務所管下地汜り調査，1949.
6. 福岡正己：地汜りとその対策，オーム社，
7. 川口・渡辺・滝口：赤城山々崩れに関する研究，林業試験場報告第49号，1951.
8. 溝鉄調査局訳：土壤侵蝕防止の研究
9. 小出 博：日本の地汜り，東洋経済新報社 1955.
10. 辰野・堀内：山地荒廢の土質的研究（第三紀層土壤の剪断抵抗について），日本林学会中部支部講演集，1957.
11. 榎山次郎：日本地方地質誌・中部地方，朝倉書店，1951.
12. 伊吹正紀：砂防特論，森北出版株式会社，1955.

Summary

Since the denuded lands are under influence of geology, soil mechanics, topography and climate, they must be investigated from various points of view.

This paper presents detailed discussion on the soil mechanics of the denuded lands, especially on the lands in Nagano districts. From the observations and experimental facts we obtained the forms of the denuded lands in Nagano districts may be summarised as follows:

1) The land-creeps and disintegrations are observed in the crushed-zones (Trümmerzon) of crystalline. It was found that the former is of small scale from the geological and soil mechanical point of view, compared with that of tertiary, and the later was similar with a land-creeps, on which more immense and unstable sands and soils are found than the other cases.

It has been reported that when a disintegration occurs once in a place, the landslide in the some place is seldom found afterward. This specific characters are known as immunity. However, the secondary disasters attracted keenly our attention.

2) Since the soil mechanics of diluvial originate in the weatherings of granite are apt to be eroded, the surface soils are eroded intensely. Then this erosion is found to grow into the gully erosion, and at last into the large disintegration.

3) When the soils of tertiary originate in the clay of the weatherings shale are dry, the resisting power against the land-creepings and land-slidings are found to be large. On the other hand when they absorb moisture, the shear-resists of the soils extremely lower. Namely the instability against the land-creepings in this case was considered to be get liquidity.

4) The denuded lands of palaeozoic are observed to be settled in many cases without the hillside works. And moreover greening after settlement was recongnized to be related to the soil mechanics.