



Title	苫小牧林地の斜面浸蝕に対する地形と地被の影響(第1報)
Author(s)	村井, 延雄; MURAI, NOBUO
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 16(2), 229-242
Issue Date	1953-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20697
Type	departmental bulletin paper
File Information	16(2)_P229-242.pdf



苫小牧林地の斜面浸蝕に對する 地形と地被の影響

(第 1 報)

村 井 延 雄

INFLUENCES OF TOPOGRAPHY AND GROUND COVER ON SLOPE SOIL EROSION IN TOMAKOMAI FOREST LAND

(Report I)

By

NOBUO MURAI

目 次

緒 言	229
1. これまでの研究	230
2. この研究の目的・場所と方法	232
3. 第一年目の観測結果	234
4. 總 括	235
文 献	236

緒 言

北海道では、春の融雪水や夏から秋にかけての豪雨で、毎年のように河川流域地方の土砂流出、浸水の被害が傳えられる。この被害防止の基本的問題の一つとして、河川上流地方の林地斜面土壤浸蝕作用の實態が明らかにされなければならない。

北海道の中央部にある十勝岳山麓では、森林地帯であつた火山灰傾斜地の開墾で、畑の表土の流亡がつづいていて、年々多くの侵蝕溝がえぐられ、農業經營が危くなつてきている²⁾。道・南東部の樽前火山々麓は、苫小牧海岸の近くでは南東の 32°~38° の斜面端で終つているが、この火山灰土斜面の大部分は笹と灌木林に覆われて安定している。この斜面の一部に、かつて、この附近の濕原地帯道路工事の土取場となつて荒廢した第 1, 2, 3 圖のような裸出斜面があるが、ここでは表土浸蝕と周囲の植生の争いが自然のままにつづけ

られていて、この地方の傾斜地利用に一つの警告を與えている。1950年夏のこの地方の洪水では、苫小牧北大演習林の4流域(2093 ha)の谷道路面(7443 m²)が集中的に洗掘され、4445 tonの土砂流出がおこつた¹¹⁾。この被害を4流域について解析してみると、流域の単位浸蝕量は、各流域の主谷線長・平均高度・高度差に有意な正相関を、森林被覆率とは負相関を示した¹²⁾。そこで、この火山灰林地の斜面浸蝕と地形・地被の関係を、なお詳しく、試験地を設けて研究してみることにした。

1. これまでの研究

森林とその環境の科學的研究は、歐州で1870年頃からすでに始められているが、土壤浸蝕に焦点が向けられてきたのは最近(1930年)のことであつて¹³⁾、それも農地・牧野を対象としたものが多いので、林地の斜面浸蝕については解明されていない點がすくなくない。

一般に地表の侵蝕は、緩急の差はあるが、永續的な浸蝕輪廻としてくり返えられて、自然のままに移行する自然(正則)浸蝕: Natural (Normal) Erosion は、たとえば米國のコロラド大峽谷のように、人工的防止は困難であるが、この自然浸蝕が人工的誘因で加速・増大されると、加速(變則)浸蝕 Accelerated (Abnormal) Erosion といわれて、その加速作用は人工的に防止できる。森林の伐採跡地の造林や林道工事法面の被覆工はこの例であろう。

水による斜面浸蝕の経過は、自然の素因と人工の誘因で異つていて、層狀浸蝕・細溝狀浸蝕・溝狀浸蝕 (Sheet, Rill, Gully Erosion) などといわれている。この3経過は時と場による差はあるが斜面の被覆がないと、粘質土には層狀や細溝狀浸蝕が進められ、砂質土では溝狀浸蝕が多くみられる。

地形と工事 地形については、斜面の傾斜度・長さ・方向・縦斷形狀などが浸蝕に關係するといわれているが⁶⁾、この中で斜面の傾斜度と縦斷形狀は、基岩の風化過程による表土層の粒度組成を異にすることから、基岩の性狀にもとづく受蝕性を天然の素因として含んでいるといわれる³⁾。RENNER, F. G. (1936), HORTON, R. E. (1945) は40%以上の斜面に最大の浸蝕がおこるといつているが¹³⁾、斜面の縦斷形の變移點附近に安定斜面の破壊が多い³⁾¹⁶⁾ともいわれる。

北海道の日高地方では蛇紋岩の基層を切取つた山腹の林道が、毎年のように融雪季の浸蝕被害をうけていて、塊や礫のない表土層の受蝕性の大きい例を静内川や鶴川流域にみる。米國の San Dimas 試験林山道は、建設後その60%が1937~8年の雨(總量1016 mm, 最大25.9 mm/hr)で流去されて、最大941 m³/haの土砂流出をみたが、その前年は91 m³/haの土砂流出にすぎなかつたといわれる¹³⁾。苫小牧演習林・幌内川支流の潤澤では、1950年夏の洪水(降水量478 mm/24hr, 126 mm/hr)で、上幌内林道(全長2413 m, 平均勾配19%)は、潤澤からその46%にあたる1102 m(平均勾配13%)が洗掘流去されて、2300 m³/haの最大

浸蝕をみせた¹¹⁾。米國の北部 Uta の Weber 川流域 (高度 2134 m) では、頁岩上の南西面傾斜地が 50% から 70% までに浸蝕被害が増大したが、1949 年 2 月の融雪季で凍結と融解の反復されるとき、植生のまばらな粘質土斜面に小土石流と浸蝕細溝が多く、砂質土斜面には崩壊もほとんどおこななかつたといわれ、この小土石流は草生斜面ではさえぎられなかつたが、カシワの矮林では止められてしまつたといわれている¹⁴⁾。

地被と植生 裸地斜面に比べて地被と植生で覆われた斜面、とくに低位植生を伴う森林の傾斜地では、雨滴の地表衝撃力を弱め¹³⁾、地表流をさえぎつて掃流力を弱めるが⁷⁾⁹⁾¹⁰⁾、急傾斜になるとその効果は小さくなるといわれる⁷⁾。この地被や植生の分布は斜面に平均に撒布されていて、縦断勾配方向に一行でない方が浸蝕防止の効果は大きいといわれる⁷⁾¹⁵⁾。

1950 年夏の豪雨による苫小牧演習林 4 流域の洪水が、谷道を洗掘して流去した土砂量は、伐採の進んだ H・S 澤 (21~50%) と伐採の進んでいない K・Y 澤 (1~2%) では、流域當單位浸蝕量に有意な差がみとめられ、森林被覆の効果を示すものとみてよいだろう¹⁴⁾。

積雪と凍結 降雨期の浸蝕量は総降水量と降水強度が最大の因子として作用するといわれているが⁶⁾、この降水は寒冷地方や高山では冬期間積雪として地表に貯えられるので、春の融雪季にとけて短期間に地表流としての浸蝕作用を集中することになる。冬期間北海道では積雪層の下で地表水の移動はほとんどみられないし、積雪が 50~80 cm 以下であると地表も凍結するので地表流はみられない。

裸地に比べて地被や植生に覆われている地表は凍結も融解もおくれ、又凍結深度も小さいことが、米國の Arizona その他で¹³⁾・北部 Uta¹⁴⁾で観測されており、林地の北側より南側で、開放地より樹冠下で、針葉樹林より廣葉樹林で凍結が浅いといわれている¹³⁾。苫小牧演習林でも、昭和 26 年 12 月と次年の 5 月の凍結・融解が針葉樹造林地では、裸地や伐採跡地よりおくれることが測定されたが、この凍土層の融解は地表と地中の兩方向から進行していることが、5 月 12 日の観測で、ドイツツヒ造林地 (最大凍結深度 54 cm) の地表下 13 cm に 36 cm の凍土層の存在で確かめられた。

この凍土層の融解が進むとき、苫小牧の火山灰土斜面では、不透水性の凍土盤から上の表土は、雪どけ水による層状浸蝕をうける。このとき融解が緩漫に進む北東斜面や樹林地では浸蝕溝はみられないが、南西面では 12% 以上の裸地斜面になると多くみられた。米國の北部 Uta の山岳林¹⁴⁾では融解季に砂質土地帯には浸蝕がみられなかつたが、粘質土斜面にはおこり易かつたといわれている。

したがつて、積雪層や凍結土層は冬期間は表土の被覆として浸蝕を防止するが、融解季には地表水を多量に供給し、不透水性の凍土層の上の解凍によつて増容した表土の浸蝕を加速・増大する傾向が大きいといえる。

2. この研究の目的・場所と方法

目的 林地の斜面浸蝕は、気象・地質と土壌・地形・地被などの自然環境因子の平衡が人工的作用によつて破壊されることに基いて加速され増大される。そこで人工作用を受けた林地の地形と地被が斜面浸蝕に及ぼす影響を、他の自然環境條件に差異の小さい一流域内の試験区について、降雪期(冬期)と降雨期(夏期)の浸蝕量を観測して調べてみた。この研究は有意な結果がえられるまで観測と研究をつづけたいが、北海道各地方の林地についても同じ研究を進めたい意向である。

場所 さきに、谷道の浸蝕について¹¹⁾¹²⁾しらべた北海道苫小牧市北方にある北大演習林の4流域の中で、最も浸蝕のはげしかつた幌内川流域に、第4圃のような試験区を設けた。昭和26年12月、本流沿いに2区、アッペナイ支澤沿いに4区の試験区を設けて、昭和27年9月までの斜面浸蝕量を測定した。

この幌内川流域は樽前火山々麓にあつて、面積1030ha・平均高度68m・高度差90m(100~10m)・平均傾斜度142%・全谷長28.3km・主谷長8.0km・主谷線勾配153%であり、主谷線の常流路5840mのほかは潤澤である。

この流域は灰白色凝灰岩の厚層上に7~8mの火山砂礫が樽前火山から風堆積した丘陵地帯で占められていて、表土の平均組成は礫57%・砂39%・粘土4%である。

この流域は大半が広葉樹天然生林と針葉樹造林地で覆われていて、皆伐作業と人工造林によつて更新がつづけられているが、昭和18・19年の戦時代採による皆伐跡地に未造林地を残している。

この流域の気象は、第4圃にある北大演習林苫小牧派出所(標高18.9m・N42°40'・E141°36')と筆者の観測を併せると、1951~1952年の概況は第1表にみられる。この研究の対象となる昭和26年12月~昭和27年4月(冬期)の総降水量325.8mm・最大日量45.9mm(1月25日)・最大積雪量72cm(2月5日)・表土の最大凍結深度54cm(3月24日)であつて、昭和27年5月~9月(夏期)の総降水量742.0mm・最大日量62.2mm(8月20日)であつた。

斜面浸蝕試験区(T.P.と略す)の位置は第4圃に、状態・環境條件は第2表にみられる。T.P. No. 1・No. 2は広葉樹天然生林内に南東に走る分水線からほぼ同高の位置の北東と南西斜面に、No. 3・No. 4はアッペナイ林道をはさんだ隣接の広葉樹天然生林皆伐跡地の北東と南西斜面に分水線からほぼ同高の位置に設けた。No. 5・No. 6は幌内川本流に沿う北東斜面に隣接する落葉松人工造林伐採跡地と、ドイツトウヒ人工造林地内にほぼ同高の位置に設けた。斜面の上からNo. 1を、下からNo. 5をみると第5・6圃のようである。

第1表 梶内川流域気象概要

年月	氣 温			降 水 量		積雪量	凍結深	温度	風向
	平均 °C	最高 °C	最低 °C	月 mm	最高/日 mm	最高~最低 cm	最高~最低 cm	平均 %	最多 Mag B.
1951 X	7.6	22.5	-6.5	103.4	36.0	-	-	85.2	SE
XI	6.2	13.4	-14.5	151.6	32.0	-	-	85.6	SW
XII	-2.1	9.5	-15.5	65.4	13.8	9~0	9~0	94.2	NE
1952 I	-7.7	2.9	-23.2	119.7	45.9	56~10	35~11	93.5	-
II	-10.9	2.1	-25.8	45.1	37.8	72~32	38~13	79.9	SW
III	-10.5	8.0	-22.8	40.6	16.0	66~18	54~14	90.4	NW
IV	4.4	16.7	-10.0	55.0	20.0	48~0	-	82.1	-
V	14.4	29.0	-6.8	56.5	19.0	-	32~0	75.0	S
VI	15.7	27.0	4.5	109.9	32.0	-	-	88.8	S
VII	18.8	33.5	10.3	163.2	59.0	-	-	90.9	S
VIII	20.1	32.0	11.0	136.7	62.2	-	-	92.7	SE
IX	14.7	29.0	0.0	275.7	45.0	-	-	90.8	S

第2表 裸地浸蝕試験區の状態と環境

試験區 No.	面積 m	斜 面		土 壤			植 生		冬期氣象(I~III月)		
		方向 Mag. B.	勾配 %	A層 cm	B層 cm	C層 t/m ²	周圍林況 m ² /ha(本)	侵入 本/m ²	地温 (平均) °C	凍結深 (最高) cm	積雪量 (最高) cm
1	9.57	NE30°	30	16	7	1.259	廣・林 255 (675)	55	-9.5	23	51
2	9.70	SW34°	25	23	6	1.029	廣・林 173 (300)	130	-9.5	14	41
3	9.66	NE46°	27	6	9	1.072	伐跡	9	-12.9	44	60
4	9.61	SW26°	29	7	5	1.132	伐跡	34	-9.1	26	47
5	8.22	NE38°	69	5	4	1.296	伐跡	57	-17.1	34	72
6	8.13	NE16°	72	9	16	1.147	針・林 189 (700)	190	-17.1	54	40
Mean	9.15	-	42	11	8	1.157	-	79	-12.3	33	52
Max.	9.70	-	72	23	16	1.296	-	190	-17.1	54	72
Min.	8.13	-	25	5	4	1.029	-	9	-9.1	23	40

方法 斜面浸蝕試験區は、斜面の最大傾斜方向に長10m・横斷方向に幅1mの斜面面積10m²を區畫して、地被と植生及びA・B層土を除いてC層土を裸出して均し、各T.P.表土の状態をほぼ等しくした。斜面の上から谷に向つて0・2・4・6・8・10m毎に、横幅1mとして2本の鐵ボルト標杭(φ25mm×530mm)を壓入して、地表に10cmを残して鉛直にたてた。

この各T.P.の積雪量・氣温・地表温(0.0m)・凍結層下地温を12月下旬~4月上旬の毎週1回、その他に、雪表面温度・凍結深度を毎月1回測定した。この結果の概要は第2表にのせてあるが、詳細な検討は次の機会にゆづる。

斜面浸蝕量(第3表)は、5月上旬と9月下旬に冬期と夏期の表土流去深度を各標杭から測定し、浸蝕土砂容積をもとめ、自然土重量によつて各 T.P. 毎の浸蝕土砂量とした。この浸蝕容積は各 T.P. の面積を5等分して、各等分面積の平均浸蝕深度を4本の標杭から算出し、この平均浸蝕深度と水平面積によつて算定した。

この標杭による浸蝕量の決定は、裸地急斜面のような浸蝕のはげしい場所では、相対的浸蝕量を浸蝕斜面直接に測定することに意義があつて、大面積の測定にも利用できるが、この精度についての保証はないので、次年度にこの標杭法と土砂受罫による浸蝕量測定と比較研究を進めている。

第3表 裸地斜面の土砂浸蝕量

試験区 T.P. No.	(1) (2) (3) (4) (5) (6)											
	平均浸蝕深度						總浸蝕量					
	冬期 d_w		夏期 d_s		計 $\sum d$		冬期 E_w		夏期 E_s		計 $\sum E$	
mm	%	mm	%	mm	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	
1	2.90	72	0.10	7	3.00	54	36.511	78	1.259	6	37.770	58
2	9.98	246	0.00	0	9.98	179	102.694	221	0.000	0	102.694	157
3	0.70	17	0.58	39	1.28	23	7.504	17	6.218	33	13.722	21
4	0.48	12	0.85	57	1.33	24	5.434	12	9.622	51	15.056	24
5	5.70	140	7.43	494	13.13	236	73.872	159	96.293	507	170.165	260
6	4.58	113	0.05	3	4.63	83	52.533	113	0.574	3	53.107	80
\sum_1^6	24.34		9.01		33.25		278.548		113.966		392.514	
Mean	4.06	100	1.50	100	5.56	100	46.425	100	18.994	100	65.419	100
Max.	9.98		7.43		13.13		102.694		96.293		170.165	
Min.	0.48		0.00		1.28		5.434		0.000		13.722	

3. 第一年目の観測結果

昭和26年12月～昭和27年4月と同年5月～9月の裸地斜面浸蝕試験区測定の結果から、つぎのような裸地斜面浸蝕に対する地形と地被の環境の影響を推定する。この推定の信頼度については第二年度の結果をえてから検定するが、まず第一年目の結果を報告しておこう。

降雪期(冬期)と降雨期(夏期) 第3表の第4・5行から冬期浸蝕量 E_w と夏期浸蝕量 E_s の總計を比べてみると

$$\sum_1^6 E_w / \sum_1^6 E_s = 278.548 / 113.966 \approx 245/100$$

冬期の浸蝕量は夏期より大きいようだが、夏期として5月～11月を測定できなかつたので、年間を2分した期間の比較とはならない。冬期の浸蝕はとけた積雪や凍土からの地表流と

地表下にある不透水性の凍土層の存在で増大されるらしい。

南西と北東斜面 第3表の第4・5・6行から隣接する2組のT.P., 南西面No.2・4と北東面No.1・3の斜面浸蝕量を比べてみると

$$\begin{aligned} \text{冬期} & E_{W2} + E_{W4} / E_{W1} + E_{W3} = 233/95 \approx 245/100 \\ \text{夏期} & E_{S2} + E_{S4} / E_{S1} + E_{S3} = 51/39 \approx 131/100 \\ \text{冬期+夏期} & \Sigma E_2 + \Sigma E_4 / \Sigma E_1 + \Sigma E_3 = 181/79 \approx 229/100 \end{aligned}$$

南西面に浸蝕が大きいのが、とくに冬期に大きいのは南西面の日温較差が北東面より大きいので、積雪と凍土の融解が急速に進むためだろう。

斜面の傾斜度 第3表第4・5・6行から南西面を除いて、北東斜面のNo.5・6を急斜地(69・72%)とし、No.1・3を中斜地(30・27%)として比べてみると

$$\begin{aligned} \text{冬期} & E_{W5} + E_{W6} / E_{W1} + E_{W3} = 272/95 \approx 286/100 \\ \text{夏期} & E_{S5} + E_{S6} / E_{S1} + E_{S3} = 510/39 \approx 1308/100 \\ \text{冬期+夏期} & \Sigma E_5 + \Sigma E_6 / \Sigma E_1 + \Sigma E_3 = 340/79 \approx 430/100 \end{aligned}$$

一般に急斜地は中斜地より浸蝕が大きいのが、夏期(降雨期)はとくにいちじるしい。冬期の浸蝕も南西面であれば、なお大きい差があると思われるが、次年の観測によつて明らかにされるだろう。

伐採跡地と造林地 第3表の第4・5・6行から北東斜面で隣接するT.P.No.5・6の伐採跡地とドイツトウヒ造林地の浸蝕量を比べてみると

$$\begin{aligned} \text{冬期} & E_{W5} / E_{W6} = 159/113 \approx 141/100 \\ \text{夏期} & E_{S5} / E_{S6} = 507/3 \approx 16900/100 \\ \text{冬期+夏期} & \Sigma E_5 / \Sigma E_6 = 260/80 \approx 325/100 \end{aligned}$$

一般に伐採跡地の浸蝕は大きいのが、とくに夏期(降雨期)はいちじるしく、森林の浸蝕防止効果は大きいようだ。冬期の浸蝕に差があるとは云えないが、北東斜面で針葉樹林であることから積雪量が少なく凍結も深い結果となつたと思われるので、次年の南西斜面に設けた伐採跡地と広葉樹林との比較で明らかにされるだろう。

4. 総 括

林地の浸蝕は自然のままでは、極めてゆるやかに進められているが、この自然浸蝕の平衡が人工によつて破壊されると、加速浸蝕となつて増大される。土地利用による林地の荒廢が斜面土壌浸蝕を加速し増大するのも、この例にもれない。

一流域内の林地の他の自然環境条件がほぼ等しいとみて、隣接した裸地試験區に表れた斜面浸蝕に対する地形と地被の環境の影響をしらべてみた。

この試験區は北海道苫小牧市外・北大演習林・幌内川流域に設けたが、その位置は第

4 圖に、氣象と状態・環境條件は第 1・2 表に、第一年目の降雪期(冬期)と降雨期(夏期)の斜面浸蝕量は第 3 表にみられる。斜面浸蝕土砂量の算出は、試験區の地表に鉛直に立てた標杭の洗掘深度と自然土重量から算定した。

第 3 表の裸地斜面浸蝕土砂量から、つぎのような地形と地被の影響を推論してみたが、信頼度については次年の観測をまつて検定する。

冬期と夏期の斜面浸蝕量を第 3 表の總計についてみると、冬期に大きい。

南西と北東斜面の斜面浸蝕量は、T.P. No. 2・4 と No. 1・3 について比べると、一般に南西面に大きく夏期より冬期にいちじるしい差がある。

斜面の傾斜度と斜面浸蝕量について T.P. No. 5・6 と No. 1・3 を比べてみると、一般に急斜地(69・72%)は中斜地(30・27%)より大きいが、とくに夏期の浸蝕はいちじるしく大きい。

伐採跡地と造林地の斜面浸蝕量について北東斜面の T.P. No. 5・6 を比べてみると、一般に伐採跡地に大きいが、夏期の浸蝕はいちじるしく大きい。

第一年目の観測結果から、南西面での傾斜度、伐採跡地と森林地の影響の比較が次年度の研究に期待された。

追記 この研究については今田敬一博士の御指導と演習林本部及び苫小牧派出所員の御支援をうけ、又研究費の一部は北海道科學研究補助金にによつたものであることを附記してここに深い謝意をあらわすものである。

(II, 20, 1953)

参 考 文 献

- 1) 松尾新一郎：侵蝕現象。新砂防，5 號，昭和 26。
- 2) 今田 敬一：森林と土壤侵蝕。林業解説シリーズ，40 號，昭和 26。
- 3) 小 出 博：山地の荒廢と地質。林業技術シリーズ，26 號，昭和 26。
- 4) 中尾 清藏：苫小牧演習林地質調査報告。北大演習林報告，11 卷，1 號，昭和 14。
- 5) 川口武雄・渡邊隆司・瀧口喜代志：赤城山山崩に關する研究。林業試験場研究報告，49 號，昭和 26。
- 6) 川口武雄：山地土壤侵蝕の研究(第 1 報)。林業試験場集報，61 號，昭和 26。
- 7) 川口武雄・片岡 順：斜面上の抵抗物が地表流速に及ぼす影響についての實驗(第 1 報)。日本林學會誌，34 卷，9 號，昭和 27。
- 8) 田 中 茂：急斜面土壤侵蝕の實驗的研究。土木學會誌，35 卷，8 號，昭和 25。
- 9) ————：地被植物の急斜面土壤侵蝕に及ぼす効果。土木學會誌，36 卷，7 號，昭和 26。
- 10) 昭和 26 年度山梨縣林業試験場事業報告：地被状態に依る表土流出量比較試驗。昭和 27。
- 11) 村井 延雄：谷道の加速侵蝕について。日本林學會北海道支部講演集，1 號，昭和 27。
- 12) ————：谷道の洗掘侵蝕について。日本林學會大會講演集，61 回，昭和 27。
- 13) KITREDGE, J.: Forest influences. 1948.
- 14) TIGERMAN, M. H. and ROSA, J. M.: Erosion from melting snow on frozen ground. J. Forestry,

V. 47, No. 10, 1949.

- 15) PACKER, P. E. : An approach to watershed protection criteria. J. Forestry, V. 49, No. 9, 1951.
- 16) KRYNINE, D. P. : Soil mechanics. 1941.

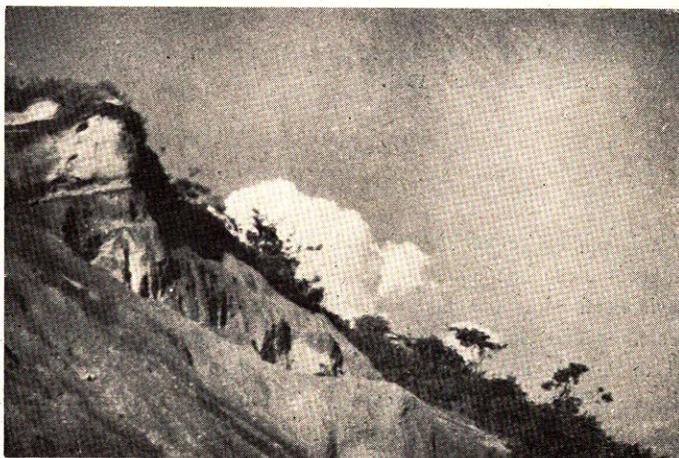
Résumé

In the volcanic ash region of Tomakomai, Hokkaido, slope soil-erosion in forest land has been under study since last winter.

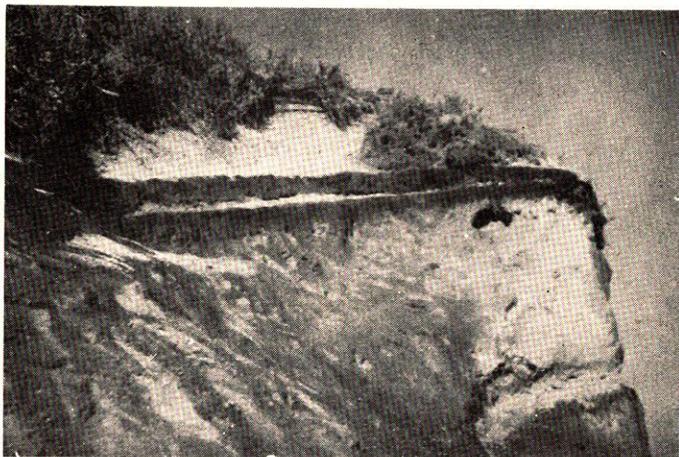
Field experimental plots are taken in the Horonai River watershed of the Hokkaido University Forest. The amounts of eroded soils from each plot are observed from December 1951 to August 1952 by staking method.

The results of the first year are shown in Table 3, and the presumed points to be derived from the data are as follows: surface erosion from bare slopes facing southwest, steep slopes (69, 72%) and cut-over area facing northeast are larger than that from northeast slopes, gentle slopes (27, 30%) and forest area.

The foregoing relationships of erosion factors may be solved statistically in the next paper when the data of a second year's observations will have been obtained.



第 1a 圖



第 1b 圖



第 1c 圖



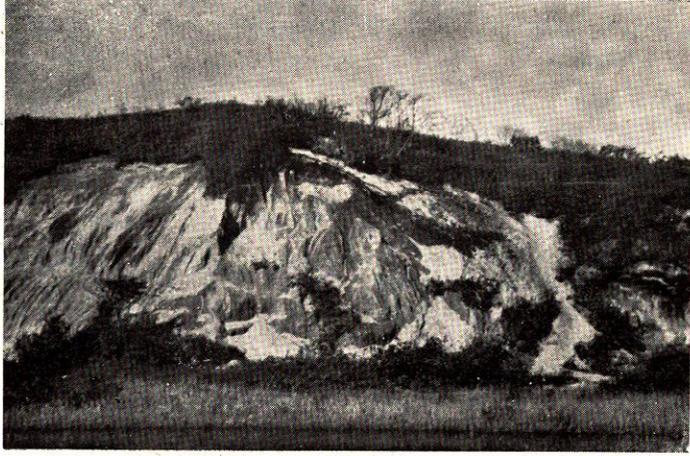
第 2a 圖



第 2b 圖



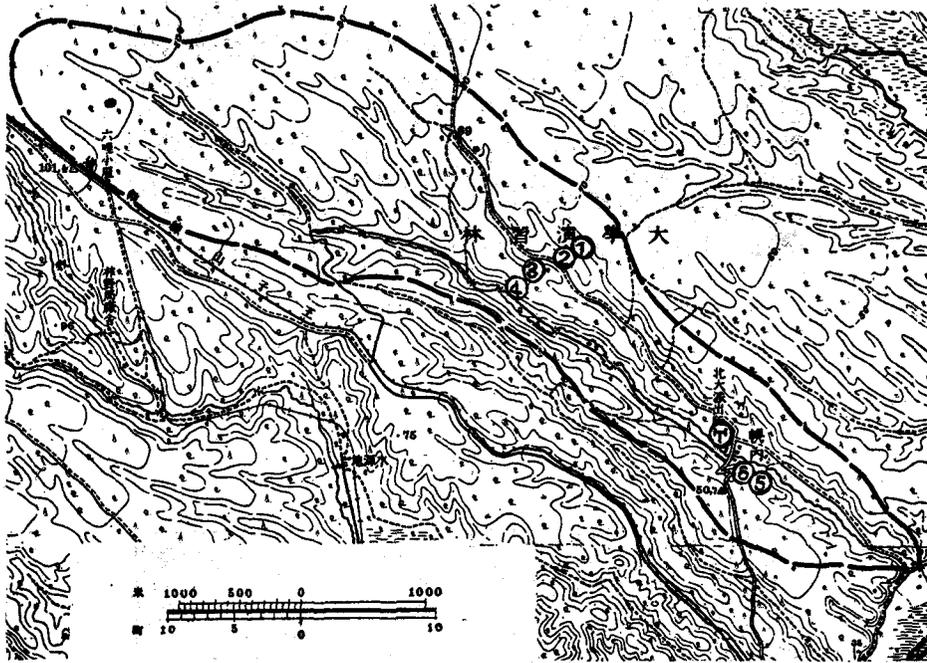
第 2c 圖



第 3a 圖



第 3b 圖



第4圖 梶内川流域斜面浸蝕試驗區位置圖



第5圖 1號試驗區



第6圖 2號試驗區