



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	斜面浸食防止に対する被覆工の効果：雨竜演習林・モシリウンナイ・1954～1960実験
Author(s)	村井, 延雄; MURAI, Nobuo
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 21(2), 487-507
Issue Date	1962-09
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20813
Type	departmental bulletin paper
File Information	21(2)_P487-507.pdf



斜面浸食防止に対する被覆工の効果

—雨竜演習林・モシリウンナイ・1954～1960 実験—

村 井 延 雄

Effects of Surface Cover Works on Slope Soil Erosion
Control—Field Studies at Moshiriunnai, Uryū
Experiment Forests, 1954～1960

By

Nobuo MURAI

目 次

まえがき	48
(1) 自然環境下の人工ハゲ地区の加速浸食	488
A 斜面浸食試験区の加速浸食	488
B 人工雨流下量区の加速浸食	490
(2) 人工雨流下量区の実験	493
A 人工ハゲ地区からの流出	493
B 人工ハゲ地区の被覆工	499
(3) 植生被覆工への導入	504
むすび	505
文 献 (References)	505
Summary	506

ま え が き

流域の総合開発にあたって、流域の総合的保全作業が開発作業と並行して進められていないと、開発事業に直接の関係をもたない流域内や周辺の人々に思わぬ災害を与えることになるだろう。上流地帯山地の土地利用の場合もこの例にもれないものであって、そこにある自然環境の変更とか破壊を伴う作業には、それに対応した再生産と防災のための手あてが行なわれなければならない。

流域の上流を占めている森林地帯でも開発と保全の不均衡によって、地被をもたない人工ハゲ地が多く見られるようになってきたが、その土地の気象や地質・土壌条件によっては、このような人工ハゲ地が崖くずれ・山くずれ、あるいは地すべりなどを促進す

る要因にもなりかねない。

そこで雨竜川上流山腹に試験地を設け、このような人工ハゲ地と自然生地被のままの二組の試験区をならべ、1浸食年について降雨期と積雪期の斜面の加速浸食の進行を3年間観測し、つぎにこのハゲ地に帯状の植生工を入れて、加速浸食の低減する経過をつぎの3年間に調べた。またこの自然環境下の斜面浸食試験に2年遅れて撒水による人工雨流下量区一組を設け、種々の人工雨強度によって自然植生地区を対照とした人工ハゲ地区からの流出土を観測した。

上のような自然降水による斜面の加速浸食試験と撒水による人工雨流下量区実験との人工ハゲ地区からの流出土について、それぞれ対照の自然植生地区との対比をこころみると、自然植生地被による表土被覆は山腹斜面から土石の流出をその発生源においておさえる最良の効果をあげている。すでに地表の植生をはがれたり失ったりして、自然植生の侵入も進まないようなハゲ地では、まず斜面表土を被覆工によって安定を保たせると同時に、周辺の前駆種のサシキ、播种植栽などによって周辺の自然植生が侵入しやすい土地的環境をまずそこに造成してやるのが、人工ハゲ地の復旧とそこに生ずるかも知れない表土剥落や、山くずれを予防するためにとるべき永久工法としてすぐれている。

謝辞——この研究については、北大演習林と砂防研究室の多くの方々にご援助をいただいたが、とくに雨竜演習林の田中勇・宮下進治の両氏による流下量区の設定と、砂防研究室の東三郎・藤原澁一郎の両氏による観測と資料のとりまとめに対する御協力について、深い謝意をあらわしたい。

(1) 自然環境下の人工ハゲ地区の加速浸食

A) 斜面浸食試験区の加速浸食

樽前火山ふもとのトマコマイ、ホロナイ、雨竜川上流のモシリウンナイ、天塩川中流の支流オトイネツ川山腹に3試験地を設け、1浸食年を夏秋季の雨期(6月~10月)と冬春季の雪期(11月~5月)にわけて、自然植生地区を対照とした人工ハゲ地区の斜面表土の浸食量を自然条件のもとで測定した。

各地の1954年6月~1957年5月間の3年間年平均表土浸食深は、植生区では0.004~0.027 mmであったのに対して、植被とA層をはぎとった人工ハゲ地区では0.030~1.664 mmと観測され、ホロナイ火山砂礫土地の10倍からモシリウンナイ粘土地の100倍までの加速浸食深が明らかにされた⁹⁾。

この3試験地の中でモシリウンナイは、針広混交林伐採跡地を開拓した丘陵性山腹の粘質土緩斜地(16~18°)にあるが、他の2試験地すなわち、オトイネツ針過混交林・礫まじり粘土質ローム土急斜地(39~41°)とホロナイ落葉性広葉樹林・火山砂礫土中斜地(25~

30°) に比べると、はるかにげしい表土の加速浸食をみせて、1955年雨期には 41~33 t/ha におよぶ3年間最大の浸食が測定された⁹⁾。

この3年間の観測を終えたのち1957年6月には各地の人工ハゲ地区に2mごとに牧草の緑地帯を設け、そこに植栽を行なって1960年5月までの3年間の経過を対照の自然植生地区と比べてみた。その結果トマコマイ火山砂礫土低林地の雨期の1例を除いては、この植生工によって表土の加速浸食が植生工前3年間に比べて低減した率は、雨期では77~95%、雪期では55~97%であった⁹⁾。モシリウンナイについて、この経過を対照の植生地区の表土浸食量を基準にとった加速浸食比数(R_e)によってしめすと図1のようであって、植生工による3年間の人工ハゲ地区の復旧経過が明らかにみられる。

この加速浸食比数⁹⁾の6年間の経過はオトイネツ粘土質ローム土とモシリウンナイ粘質土地について表1のようになるが、植生工前3年間のモシリウンナイでは

北東斜面	{	雨期: 936 (1965~29)	南東斜面	{	雨期: 638 (1650~6)
		雪期: 34 (90~4)			雪期: 705 (2108~2)

であった。人工ハゲ地区の加速浸食比数を対数の指数であらわして、 a, b のような局地条件を含む定数と考えると、モシリウンナイでは、植生地区浸食量: E_v に対して、ハゲ地区浸食量: E_b は、マクロには次のような関係となる。

雨期 $E_b \approx a + 10^{2.89} E_v$

雪期 $E_b \approx b + 10^{2.19} E_v$

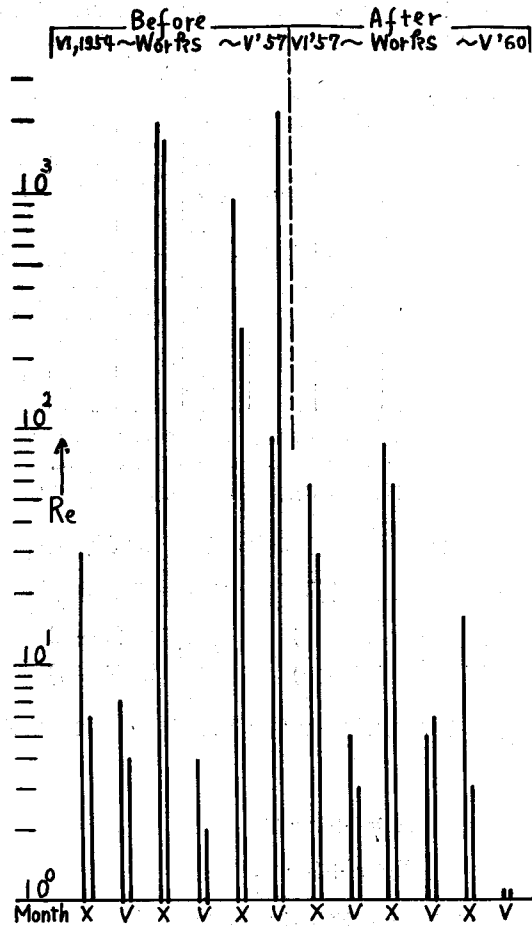


図1 モシリウンナイ浸食試験区 No.1~4の毎半年期の加速浸食比数 (1954年6月~1960年5月)

Fig. 1. Semianual Accelerated Erosion Ratio Number (R_e), Erosion Study Plot 1~4, Moshiriunnai, Uryu, Hokkaido, June 1954~May 1960.

表1 モシリウンナイの半年期の浸食量と加速浸食比数 (R_e)—試験区 No.1~4—Table 1. Semiannual Erosion-loss (gr/10 m²) and its Accelerated Erosion Ratio Number (R_e)*, Moshiriunnai, Uryū, Hokkaido.

Study plot	Surface cover	1954 VI~X	1955 ~V	1955 ~X	1956 ~V	1956 ~X	1957 ~V	1957 VI~X	1958 ~V	1958 ~X	1959 ~V	1959 ~X	1960 ~V
No. 2	Bare Vegetal	2365	40	41271	141	23636	2248	2061	83	1272	59	114	44
No. 1 (R_e)		82 (29)	6 (7)	21 (1965)	33 (4)	29 (815)	25 (90)	37 (56)	16 (5)	15 (84)	11 (5)	7 (16)	41 (1)
No. 4	Bare Vegetal	339	21	32993	166	12443	10542	1603	72	1214	51	154	88
No. 3 (R_e)		61 (6)	6 (4)	20 (1650)	75 (2)	48 (259)	5 (2108)	56 (29)	25 (3)	21 (58)	9 (6)	50 (3)	75 (1)

* (R_e): Non-dimensional number of the amount of erosion-loss from bare plot divided by the amount from vegetation-covered plot.

植生地区からの浸食量でハゲ地区の浸食量を除いた無次元数

このような浸食の行なわれる人工ハゲ地区に植生工を行なった後3年間では、加速浸食比数は北東と南東斜面について植生工前3年間のように斜面方向の差はみなれなくなっ

$$\text{雨期} \begin{cases} 52 (84 \sim 16) \\ 30 (58 \sim 3) \end{cases} \quad \text{雪期} \begin{cases} 4 (5 \sim 1) \\ 3 (6 \sim 1) \end{cases}$$

て、 c , d を局地条件の定数と考えて加速浸食比数を指数にとれば、ほぼつぎのようにあらわされた。

$$\text{雨期} \quad E_b \doteq c + 10^{1.59} E_v$$

$$\text{期雪} \quad E_b \doteq d + 10^{0.54} E_v$$

B) 人工雨流下量区の加速浸食

雨竜川上流モシリウンナイの流下量区は1956年5月に設けられ⁹⁾ 撒水人工雨によるハゲ地からの流出について一部はすでに発表されているが⁷⁾、1956年6月~1960年5月までの自然条件下の人工ハゲ地区からの流出土について、対照の自然植生地区を基準にとって加速浸食比数として表2aのようにあらわせば、各年の経過とその積算値曲線は、図2aのようであった。この期間の月平均の最高と最低気温、湿度および月降水量は、表2b、図

表2 モシリウンナイの半年期浸食量 (gr/5 m²) と加速浸食比数 (R_e)—試験区 No.5,6—Table 2a. Semiannual Erosion Loss (gr/5 m²) and its Accelerated Erosion Ratio Number (R_e), Moshiriunnai, Uryū, Hokkaido.

Run-off plot	Surface cover	1956 VI~X	1957 ~V	1957 ~X	1958 ~V	1958 ~X	1959 ~V	1959 ~X	1960 ~V	1960 ~X	1961 XI~V
No. 5	Vegetal	8	5	13	19	10	55	18	20	~	5
No. 6	Bare (R_e)	352	20	470	25	820	385	1140	300	~	134
		44	4	37	1	82	7	63	15	~	27

2b, 2c にあらわされた。このいくつかの気候要素と加速浸食比数との関係についてはここではふれないが、1 浸食年の雨期と雪期の加速浸食比数はつぎのような平均と範囲をしめた。

雨期: 57 (82~37)

雪期: 7 (15~ 1)

この加速浸食比数の関係はマクロな観点から f を定数と考へて 10 の指数 r を用いると、人工ハゲ地の加速浸食量: E_a は対照の植生地区の浸食量: E_o によつてはつぎのようにあらわされる。

$$E_a = f + 10^r E_o$$

$r = 1.91 \sim 1.57$: 雨期

$1.18 \sim 0.00$: 雪期

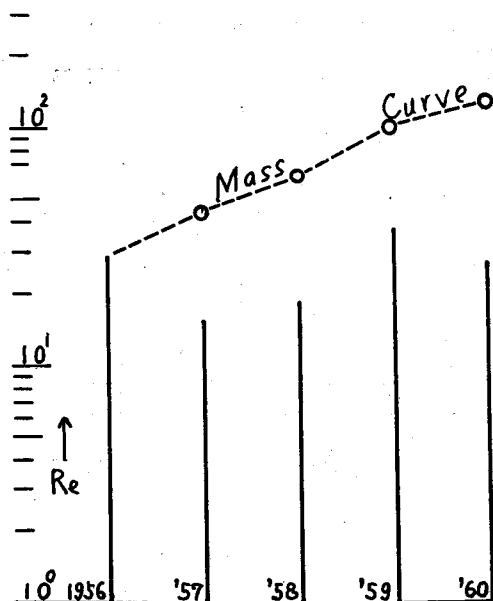


図 2a モシリウンナイ流下量区の毎年加速浸食比数 (1956年6月~1960年5月)

Fig. 2a. Annual Accelerated Erosion Ratio Number, Runoff Plot 5, 6, Moshiriunnai, June 1956~May 1960.

表 2b モシリの気候要素 (北海道大学雨竜演習林母子里観測所
北緯: 44°20', 東経: 142°15', 高度: 287.00 m)

Table 2b. Some Climatic Elements, Moshiriunnai,* Uryū, Hokkaido

Element	Month Year	Month											
		VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V
A. temp. mean max. (0.1°C)	56~57	185	217	203	201	141	28	-46	-31	-53	-21	66	155
	57~58	175	243	227	178	129	59	-14	-48	-32	-7	60	137
	58~59	195	245	232	198	123	44	-5	-65	-18	-26	95	166
	59~60	204	235	235	195	134	30	-3	-73	-41	-1	56	126
A. temp. mean min. (0.1°C)	56~57	67	133	126	83	8	-56	-167	-197	-208	-158	-32	8
	57~58	65	117	84	71	22	-31	-111	-142	-183	-115	-59	10
	58~59	74	118	135	87	8	-53	-118	-165	-187	-111	-39	24
	59~60	86	135	120	77	-1	-68	-123	-184	-187	-158	-55	1
Humidity (%)	56~57	80.5	85.5	87.4	84.9	83.9	85.8	87.2	86.1	84.5	80.7	76.8	73.9
	57~58	81.9	82.1	87.1	79.1	82.9	86.2	94.0	93.3	90.6	89.1	72.1	66.7
	58~59	73.6	85.0	85.5	84.4	84.9	83.1	82.4	70.5	74.6	78.8	74.7	76.0
	59~60	79.3	89.1	84.5	88.3	85.6	82.6	80.5	84.2	84.4	77.9	76.4	70.0
Precipitation (0.1mm)	56~57	2215	1762	775	877	1266	1725	310	1661	1488	1312	920	533
	57~58	971	620	2366	1781	1518	2368	1947	3364	981	1860	750	629
	58~59	1285	1934	1748	1160	1399	989	2361	2032	901	387	932	1201
	59~60	1158	1162	876	2056	1162	2231	2356	1544	1705	535	754	1382

* Moshiriunnai: Experiment forests, Hokkaido University, 44°20' N, 142°15' E, 287.00 m alt.

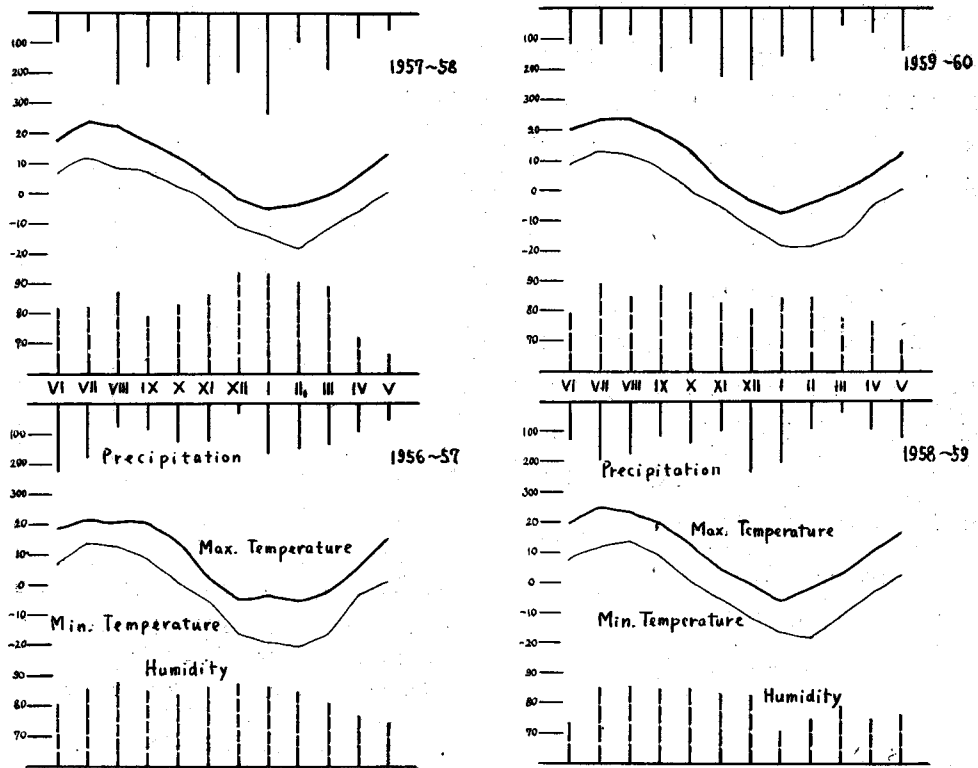


図2b モシリの気候要素 1956~58.
(44°N, 142°E, 287 m alt.)

Fig. 2b. Some Climatic Elements
at Moshiriunnai 1956~58.

図2c モシリ同上, 1958~60.

Fig. 2c. Ditto, 1958~60.

このように人工ハゲ地の加速浸食深は、対照の自然植生地の浸食深を基準にとるとき加速浸食比数として、あるいは10の指数としてあらわされ、森林地の荒廃による加速浸食の進行の程度、あるいは荒廃地が山腹工によって復旧へとたどる安定の度合いを知るのに有用な指標であろう。

すなわち、加速浸食比数： R_e が1.00に近くなるかあるいは加速浸食指数： r が0.00に近づくことは、斜面の表土が安定方向に落ちついて、周辺の森林地などのように植被で保護された地面と同等の自然浸食のみをうけるようになったことを意味する。

モシリウンナイの斜面浸食試験地 (No. 1~4) と流下量区 (No. 5, 6) について1954年~1957年~1960年の E_0 : E_b の対応を図示してみると図3のように、 E_b は E_0 の10~100倍となっていて、植生工を行なったあとの E_b の E_0 に近づく傾向も図からよみとることができる。

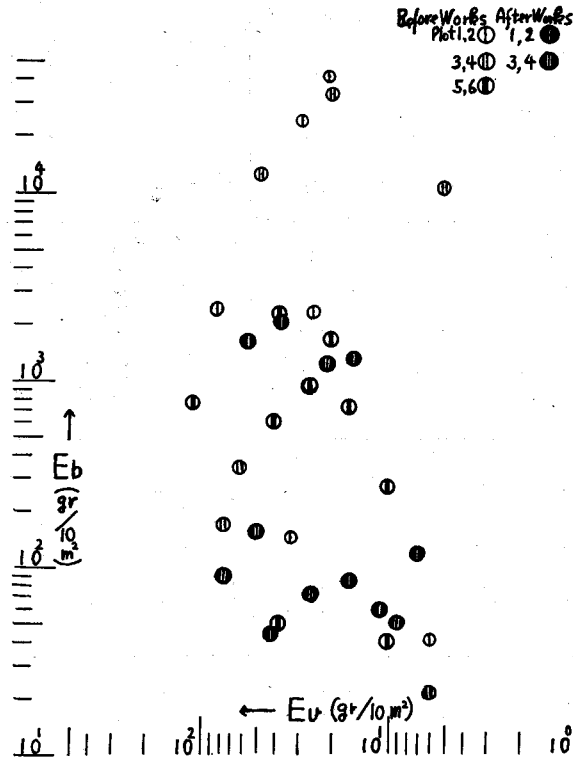


図3 モシリウンナイのハゲ試験区 (E_b) と植生試験区 (E_v) からの浸食量の関係 (1954年6月~1960年5月)

Fig. 3. Relation between Erosion-loss from Bare Plot (E_b) and Vegetal Plot (E_v), Moshiriunnai, June 1954~May 1960.

(2) 人工雨流下量区の実験

A) 人工ハゲ地区からの流出

モシリウンナイ人工雨流下量区の実験は、1956年から1960年までこの地方の雪どけ季を過ぎて乾燥季に入る初夏に行なわれ、その一部はすでに発表されているので、場所と設備については前報告^{6,7)}にゆづって観測結果をとりまとめた総括を表3~6にかかげ、これにもとづいてつぎに論究を進めたい。

表3によって1956-1~10の試行をみると、針広混交林内の低林状態にある自然植生区と並行して設けた人工ハゲ地区とに、交互に人工雨強度45~416 mm/hrを1~3時間つづけると、植生区の人工雨量 (P mm) に対する流下水深 (Q_a mm) の流下水率 ($Q_a/P\%$) は0.2~3.4%で流出土はみられないのに、ハゲ地区では流下水率は1.5~34.2%と測定され、流下水深 (Q_a mm) に対する流出土深 (E_a mm) の流出土率 ($E_a/Q_a\%$) は0.620~0.643%にわたっている。

表3 1956, 57年のモシリにおける人工雨による流下量区実験の総括

Table 3. Summary of Run-off Plot Experiments with Simulated Rainfall at Moshiriunai, 1956, 1957.

Test No.	Plot	Soil cover	Rain fall				Run-off		Erosion-loss		Date	Remarks
			Antecedent P_a (mm)	Intensity I (mm/hr)	Duration h (hr)	Total P (mm)	Depth Q_a (mm)	Q_a/P (%)	Depth E_d (mm)	E_d/Q_a (%)		
56~1	5	Vegetal	*① 24	45	1	45	1.4	3.4	—	—	V, 31	①~①
2	6	Bare	*① 24	45	1	45	4.0	8.9	—	—	"	"
3	5	Vegetal	45	101	1	101	2.8	2.7	—	—	VI, 1	①~①
4	6	Bare	45	101	1	101	11.7	11.6	—	—	"	"
5	5	Vegetal	*② 14	105	2	210	0.2	0.2	—	—	VI, 1	◎~◎
6	6	Bare	*② 14	106	2	212	5.9	5.6	—	—	"	"
7	5	Vegetal	210	355	2	710	1.6	0.5	—	—	VI, 2	◎~◎
8	6	Bare	212	320	3	960	17.1	5.4	0.106	0.620	"	"
9	5	Vegetal	921	416	1	416	12.0	2.9	—	—	VII, 3	◎~◎
10	6	Bare	1172	416	1	416	143.9	34.2	0.924	0.643	"	"
57~1	6	Bare	*③ 11	104	1	104	4.4	4.3	—	—	VI, 18	①~①
2	6	"	104	99	1	99	1.5	1.5	—	—	VI, 19	①~①
3	6	"	203	204	1	204	9.9	4.9	0.051	0.515	"	"
4	6	"	407	225	1	225	50.1	22.4	0.428	0.853	"	"
5	6	"	632	103	1	103	5.8	5.6	0.001	0.017	"	"
6	6	"	735	200	1	200	58.4	29.5	0.565	0.768	VI, 20	◎◎◎
7	6	Covered*⑤	935	189	1	189	41.9	22.5	0.005	0.119	"	"
8	5	Vegetal	*④ 27	198	1	198	0.3	0.11	—	—	VI, 21	◎◎◎
9	5	"	198	255	1	255	0.6	0.24	—	—	"	"
10	5	"	453	288	1	288	0.3	0.12	—	—	"	"

*①~④ Antecedent natural rainfall before test. テスト前の先行雨量

*⑤ Covered with Timothy grass straw (1.5 kg/m²) チモシー牧草屑による被覆

1957-1~10の試行では、人工雨強度 99~225 mm/hr を1時間つづけたとき、ハゲ地区からは1.5~29.5%の流下水率をみせて流出土率は0.017~0.853%におよんでいるが、植生区には198~288 mm/hr を1時間づつ撒水したが、流下水率はわずかに0.11~0.24%であって、流出土はみられなかった。

これらの試行をみると、人工雨強度にかかわらずハゲ地ではとくに地面が先行雨で十分湿っていないとき流下水率は大きく、表土が湿ってくると滲透度は高められ地表流の流下水率は減少する傾向がみられるが、連続雨量の増加によって表土層の滲透度をこえるところに、この傾向の限界があるとおもわれる。この試行例ではハゲ地では約200 mm/hr がこの限界であろうし、植生地区では453 mm/hr でもこの限界に達していないことがみとめられる。

表4について1960-1~40の試行をみると、人工雨強度80 mm/hr と120 mm/hr との0.1時間撒水、0.4時間休止による10試行の総量80 mm と120 mmの結果は、流下水率は0.55~2.22% と1.00~3.40% にすぎなくて、10例の平均では80 mm は1.22%、120 mm では2.11%の流下水率であった。

つぎに1960-21~30の160 mm/hr の0.1時間撒水では、流下水率は6.41~16.14%となり、流出土率も0.07~0.84%となって、10試行の160 mmの平均流下水率10.25%、平均流出土率0.37%と測定され、1960-31~40の200 mm/hr の0.1時間撒水になると、流下水率27.00(18.81~36.27)%、流出土率1.26(0.51~2.35)%が観測された。

この1960-1~40の人工雨量： P mm(8, 12, 16, 20 mm/0.1 hr)と流下水深： Q_a mmの関係を図4aに、流下水深と流出土深： E_a mmの関係を図4bに両対数紙に画いてみると、 P mmの人工雨量のとき、 Q_a mmの流下水深をたどり E_a mmの流出土深をほぼ推定することができる。また流下水率： $Q_a/P\%$ と、流出土率： $E_a/Q_a\%$ との関係を図5のように画がくと、流下水率によって流出土率を推定することもできる。このような単位降雨量による流出率の観測資料の集積とその適用は、各地方において地被区分の単純な小面積より始めて、そのようなものをまとめた大面積の集水区域にまでおよぼしていくとき、その信頼度は小さくなるが、実用性を高めてくるものとおもわれる。

表 4 1960年のモシリにおける人工雨による流下量区実験の総括

Table 4. Summary of Run-off Plot Experiments with Simulated Rainfall at Moshiriunai, 1960.

Test No.	Plot	Soil Cover	Rain-fall				Run-off		Erosion-loss		Date	Remarks
			Antecedent P_a (mm)	Intensity I (mm/hr)	Duration h (hr)	Total P (mm)	Depth Q_a (mm)	Q_a/P (%)	Depth E_a (mm)	E_a/Q_a (%)		
60~1	6	Bare	0.0	80	0.1	8.0	$10^{-2} \times 11.54$	1.442			VI, 14	◎~◎
2	6	"	8.0	80	0.1	8.0	17.74	2.218			"	at. 22~18°C
3	6	"	16.0	80	0.1	8.0	10.61	1.326			"	evapn. 1.8 mm
4	6	"	24.0	80	0.1	8.0	4.38	0.548			"	
5	6	"	32.0	80	0.1	8.0	9.46	1.182			"	
6	6	"	40.0	80	0.1	8.0	5.76	0.720			"	
7	6	"	48.0	80	0.1	8.0	14.04	1.756			"	
8	6	"	56.0	80	0.1	8.0	10.61	1.326			"	
9	6	"	64.0	80	0.1	8.0	6.68	0.836			"	
10	6	"	72.0	80	0.1	8.0	6.92	0.866			"	
60~11	6	Bare	80.0	120	0.1	12.0	$10^{-2} \times 0.00$	—			VI, 15	◎~◎
12	6	"	92.0	120	0.1	12.0	25.54	2.128			"	at. 18~20°C
13	6	"	104.0	120	0.1	12.0	20.04	1.670			"	evapn. 1.8 mm
14	6	"	116.0	120	0.1	12.0	33.23	2.769			"	
15	6	"	128.0	120	0.1	12.0	25.07	2.088			"	
16	6	"	140.0	120	0.1	12.0	40.66	3.795			"	
17	6	"	152.0	120	0.1	12.0	31.35	2.611			"	
18	6	"	164.0	120	0.1	12.0	21.42	1.786			"	
19	6	"	176.0	120	0.1	12.0	44.44	3.704			"	
20	6	"	188.0	120	0.1	12.0	11.99	0.996			"	

60~21	6	Bare	200	160	0.1	16.0	$10^{-2} \times 102.6$	6.41	$10^{-4} \times 7.28$	0.0710	VI, 16	◎~①
22	6	"	216	160	0.1	16.0	144.2	9.01	25.86	0.1793	"	at. 14~27°C
23	6	"	232	160	0.1	16.0	258.3	16.14	44.19	0.1711	"	evapn. 5 mm
24	6	"	248	160	0.1	16.0	149.1	9.32	92.79	0.6223	"	
25	6	"	264	160	0.1	16.0	193.9	12.11	163.36	0.8425	"	
26	6	"	280	160	0.1	16.0	181.8	11.36	92.82	0.5106	"	
27	6	"	296	160	0.1	16.0	207.2	12.95	150.87	0.7281	"	
28	6	"	312	160	0.1	16.0	114.2	7.14	9.75	0.0854	"	
29	6	"	328	160	0.1	16.0	109.5	6.84	16.17	0.1477	"	
30	6	"	344	160	0.1	16.0	178.7	11.17	59.57	0.3334	"	
60~31	6	Bare	360	200	0.1	20.0	$10^{-2} \times 518.6$	25.93	$10^{-4} \times 945.9$	1.824	VI, 17	①~①
32	6	"	380	200	0.1	20.0	463.0	23.15	690.9	1.492	"	at. 20~24°C
33	6	"	400	200	0.1	20.0	376.1	18.81	296.1	0.787	"	evapn. 3.8 mm
34	6	"	420	200	0.1	20.0	648.2	32.41	1149.9	1.774	"	
35	6	"	440	200	0.1	20.0	581.4	29.07	1365.9	2.349	"	
36	6	"	460	200	0.1	20.0	725.4	36.27	968.5	1.335	"	
37	6	"	480	200	0.1	20.0	559.1	27.96	505.5	0.904	"	
38	6	"	500	200	0.1	20.0	525.5	26.28	361.0	0.687	"	
39	6	"	520	200	0.1	20.0	511.5	25.58	258.5	0.505	"	
40	6	"	540	200	0.1	20.0	490.9	24.55	438.5	0.893	"	
60~41	5	Vegetal	0.0	154	1.0	154.0	$10^{-2} \times 89.0$	0.57	—	—	VI, 18	①~◎
42	5	"	154	150	1.0	150.0	37.0	0.25	—	—	"	at. 20~20°C
43	5	"	150	125	1.0	125.0	35.0	0.28	—	—	"	

斜面浸食防止に対する被覆工の効果 (村井)

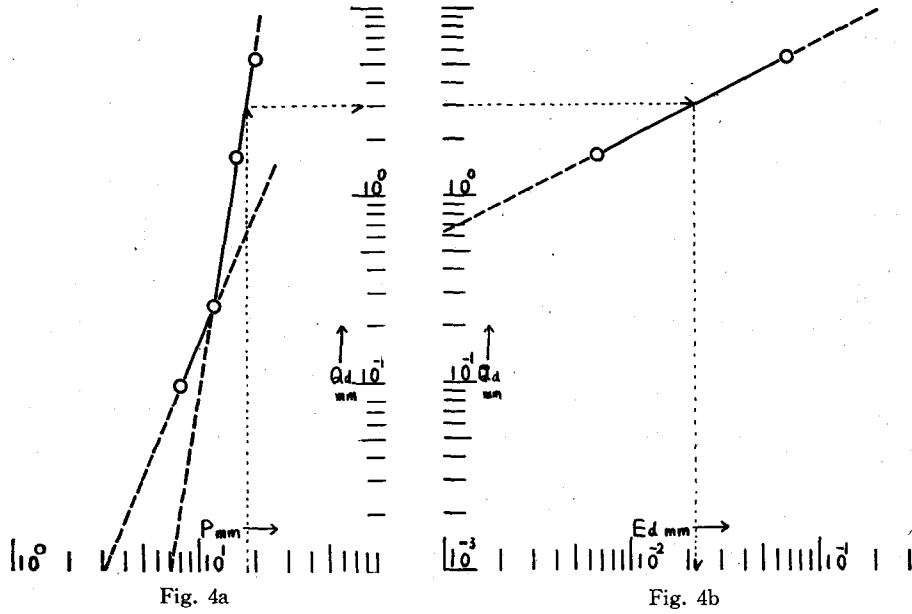


表4 モシリウンナイ流下量区における人工雨と流下水, 流下水と流出土との関係
 Fig. 4. Relation between Simulated Rainfall and Runoff Water, Runoff Water and Sediment Load at Moshiriunnai Runoff Plot, June 14~17, 1960.

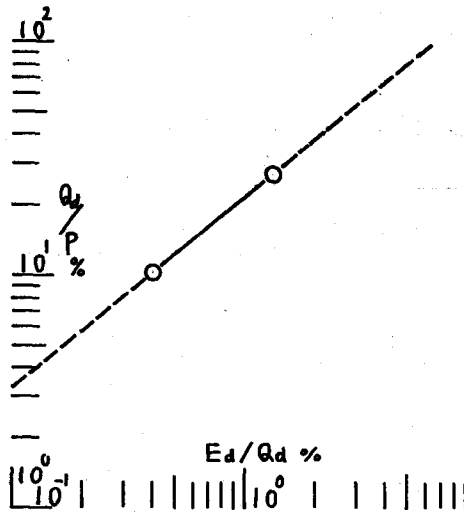


図5 モシリウンナイ流下量区における人工雨による流下水率 (Qd/P) と流出土率 (Ed/Qd) との関係 (VI, 16, 17, 1960)
 Fig. 5. Relation between (Qd/P) and (Ed/Qd) for Simulated Rainfall (160~200 mm/hr×0.1 hr) at Moshiriunnai Runoff Plot, June 16, 17, 1960.

B 人工ハゲ地区の被覆工

モシリウンナイ人工雨流下量区実験 1958-1~23(表5)についてみると、人工ハゲ地区では人工雨強度 107~238 mm/hr の撒水によって流出土をみるまでの時間は 0.1~0.5 hr を要しているが、流下水率は 1.6~41.8%、流出土率は 0.001~10.020% と測定された。この中で 217 mm/hr の強雨級では 58-6, 7, 11 についてみると流下水率は 9.4~17.1%、流出土率は 0.81~6.60% と測定されたが、この 217 mm/hr の 0.1 時間撒水によって、58-12~18 試行のように山腹被覆工実験をこころみた。

被覆工の実験は図6のように 58-12, 18 を対照とした 217 mm/hr の 0.1 hr 撒水によって流下量区斜面長 5 m の上端から 4 m のところに、No. 13 としてクローバー牧草芝緑地

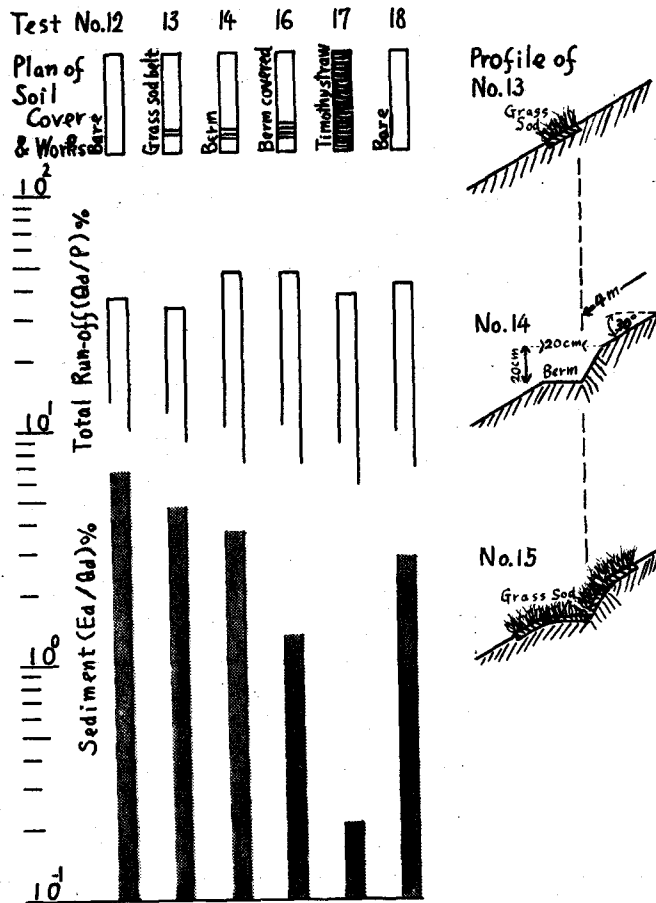


図6 モシリウンナイ流下量区における人工強雨による流出と流出土率 (1958年6月10)

Fig. 6. Schematic Diagram Illustrating the Runoff and Sediment Load Caused by Simulated Storm Rainfall, at Moshiriunnai Runoff Plot, June 10, 1958.

表 5 1958 年のモシリにおける人工雨による流下量区実験の総括
 Table 5. Summary of Run-off Plot Experiments with Simulated Rain-fall at Moshiriunnai, 1958.

Test No.	Plot	Soil		Rain-fall			Run-off			Erosion-loss		Date	Remarks
		Surface Cover	Works	Antecedent P_a (mm)	Intensity I (mm/hr)	Duration h (hr)	Total P (mm)	Depth Q_d (mm)	Q_d/P (%)	Depth E_d (mm)	E_d/Q_d (%)		
58~1	6	Bare		0.0	238	0.1	23.8	5.040	21.2	0.505	10.020	VI, 7	①~①
2	6	"		23.8	185	0.1	18.5	3.151	17.0	0.046	1.460	"	at. 23~25°C
3	6	"		42.3	119	0.2	23.8	0.443	1.9	0.003	0.677	"	evapn. 8.3 mm
4	6	"		66.1	107	0.2	21.4	1.008	4.7	0.009	0.893	"	
5	6	"		87.5	150	0.1	15.0	1.470	9.8	0.033	2.245	"	
6	6	"		102.5	217	0.1	21.7	3.687	17.0	0.030	0.814	"	
58~7	6	Bare		124.2	217	0.1	21.7	2.031	9.4	0.184	6.598	VI, 8	①~◎
8	6	"		145.9	174	0.1	17.4	1.913	11.0	0.051	2.666	"	at. 26~26°C
9	6	"		163.3	107	0.5	53.5	0.863	1.6	0.001	0.116	"	evapn. 4.8 mm
10	6	"		216.8	177	0.1	17.7	2.567	14.5	0.089	3.467	"	
11	6	"		234.5	217	0.1	21.7	3.710	17.1	0.227	6.119	"	
12	6	Bare		293.7	217	0.1	21.7	8.049	37.1	0.539	6.696	VI, 10	①◎①
13	6	Grass	Belt*	315.4	217	0.1	21.7	7.303	33.7	0.342	4.683	"	at. 22~25°C
14	6	Bare	Berm*	337.1	217	0.1	21.7	10.313	47.5	0.373	3.617	"	evapn. 3.6 mm
15	6	Grass	"	358.8	217	(0.1)	(21.7)					"	Failure
16	6	"	"	380.5	217	0.1	21.7	10.267	47.3	0.135	1.315	"	
17	6	T. straw	Covering◎	402.2	217	0.1	21.7	8.213	37.8	0.017	0.207	"	
18	6	Bare		423.9	217	0.1	21.7	9.076	41.8	0.257	2.832	"	
58~19	5	Vegetal		37.5	277	0.2	55.4	0.023	0.04	—	—	VI, 11	◎~◎
20	5	"		92.9	184	0.2	36.8	0.030	0.08	—	—	"	at. 18~21°C
21	5	"		129.7	110	0.2	22.0	0.017	0.08	—	—	"	evapn. 3.6 mm
22	5	"		151.7	196	0.2	39.2	0.044	1.12	—	—	"	
23	5	"		190.9	303	0.2	60.6	0.069	1.14	—	—	"	

* Cf. Figure 6 図6参照

◎ Covered with Timothy grass チモシー牧草稈による被覆

表 6 1959年のモシリにおける人工雨による流下量区実験の総括

Table 6. Summary of Run-off Plot Experiments with Simulated Rainfall at Moshiriunai, 1959.

Test No.	Soil Cover	Rain-fall				Run-off		Erosion-loss		Date	Remarks
		Antecedent P_a (mm)	Intensity I (mm/hr)	Duration h (hr)	Total P (mm)	Depth Q_a (mm)	Q_a/P (%)	Depth E_a (mm)	E_a/Q_a (%)		
59~1	Bare	0.0	191	0.1	19.1	1.936	10.1	0.033	1.7045	VIII, 29	◎~◎
2	"	19.1	156	0.1	15.6	4.619	29.6	0.102	2.2082	"	at. 18~13°C
3	"	34.7	101	0.1	10.1	0.793	7.8	0.003	0.3783	"	evapn. 2.7 mm
4	"	44.8	87	0.1	8.7	0.489	5.6	0.001	0.0224	"	
5	"	53.8	147	0.1	14.7	4.549	30.9	0.123	2.7038	"	
6	"	68.2	202	0.1	20.2	7.162	34.5	0.258	3.6023	"	
59~7	Bare	88.4	94	0.1	9.4	1.096	11.6	0.044	4.0145	VIII, 30	◎~◎
8	"	97.8	140	0.1	14.0	5.039	35.9	0.445	8.8311	"	at. 19~7°C
9	"	111.8	200	0.1	20.0	7.698	38.4	0.411	5.3390	"	evapn. 2.1 mm
10	"	131.8	207	0.1	20.7	6.509	31.4	0.139	2.1159	"	
11	"	152.5	141	0.1	14.1	3.989	28.2	0.029	0.7271	"	
12	"	166.6	101	0.1	10.1	1.259	12.4	0.002	0.1985	"	
59~13	Bare	176.7	192	0.1	19.2	9.496	49.3	0.642	6.7607	VIII, 31	◎~◎
14	Cover* 0.2	195.9	192	0.1	19.2	10.779	56.1	0.061	0.5659	"	at. 21~7°C
15	Bare	215.1	192	0.1	19.2	11.595	60.3	1.013	8.7365	"	evapn. 2.7 mm
16	Cover 0.4	243.3	192	0.1	19.2	9.962	51.8	0.049	0.4918	"	
17	Bare	253.5	192	0.1	19.2	11.689	61.4	0.489	4.1663	"	
18	Cover 0.6	272.7	192	0.1	19.2	7.349	38.2	0.004	0.0462	"	
19	Bare	291.9	192	0.1	19.2	9.426	49.0	0.246	2.6093	"	
20	Cover 0.8	311.1	192	2.1	19.2	8.656	45.0	0.003	0.0346	"	
21	Bare	330.3	192	0.1	19.2	11.152	58.0	0.222	1.9906	"	
22	Cover 1.0	349.5	192	0.1	19.2	8.679	45.2	0.002	0.0253	"	
23	Bare	368.7	192	0.1	19.2	10.965	55.7	0.218	1.9880	"	

* Covered with Timothy grass straw on bare surface, from lower part to upper (cf. Fig. 7).

ハゲ地面に下方より上方部分へとチモシー牧草稈被覆 (図7参照)

斜面侵食防止に対する被覆工の効果 (村井)

帯(幅 20 cm) No. 14 として段切工(水平段 20 cm, 直高 20 cm) No. 15 は失敗したので, 再度 No. 16 として牧草芝付段切工による試行の流出を観測した。

この試行 58-12~18 の流出は, 表 5 と図 6 にみるように, 芝が流去して失敗した No. 15 を除くと, 58-13, 14, 16 の流下水率は 33.7, 47.5, 47.3% であって, 流出土率は 4.68, 3.62, 1.32% と経過して, ハゲ地の対照として試行した 58-12, 18 の平均流下水率 39.5% を基準(100%)にとると 85, 120, 120% の流下水率, 対照試行の平均流出土率 4.764% を基準にとれば, 流出土率は 98, 76, 28% と経過した。したがってモデル山腹工の結果は, 流下水率の低減に大きな影響を見せたとはいえないが, 流出土率については 58-17 の牧草芝付段切工においては, 対照のハゲ地の 28% となり, 約 72% の流出土率低減効果をみせた。

つぎに 58-17 によって, 牧草稈(チモシー 1.5 kg/m^2)を斜面に横断状に約 6 cm 厚さに敷きならべ全面被覆を行なうと, 流下水率は 37.8% 流出土率は 0.207% のように低減したが, 58-12, 18 の対照試行に比べると, 流出土率はハゲ地からの流出土率の 99% がおさえられて減少した。この 58-12~18 の試行は, 図 6 によって対数目盛で画かれていて, 流下水率と流出土率の減少経過があきらかに見られる。

なお表 5 によって, 植生地区の試行 58-19~23 をみると, 人工雨強度 110~303 mm を 0.2 時間あてつづけたときも流下水率は 0.04~1.14% にすぎないで流出土をみないことから, この針広混交林帯の低林地にしても, 地面上の多層空間被覆と表土層内の根系の網状立体的地下構造から, ハゲ地の全面被覆工に比べて 10~100 倍以上も地表流を抑制する効果をもっていることを知ることができる。

つぎの年の 59-1~12 の人工ハゲ地区の試行では, 表 6 にみるように 87~207 mm/hr の人工撒水を 0.1 時間つづけると, 流下水率は 5.6~38.4%, 流出土率は 0.02~8.83% と測定されたが, つぎの 59-13~23 試行による 192 mm/hr の 0.1 時間撒水によると, ハゲ地のままでは 49.0~61.4% の流下水率で, 1.99~8.74% の流出土率をみせている。

この人工ハゲ地区で, 図 7 にみるように流下量区斜面長 5 m の下端より 1 m 幅あて上方へ, すなわち全面積について 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 5/5 のように全面被覆まで, チモシー牧草稈の被覆 (1.2 kg/m^2 , 約 6 cm 厚さ)を行なって, 前後のハゲ地のままの試行と比べてみた。

59-13~23 について, 部分被覆より全面被覆までを 13~15, 15~17, 17~19, 19~21, 21~23 の各試行群について前後の対照試行平均を 100% として比べてみると, 流下水率は 1/5~5/5 被覆によって 102, 85, 69, 84, 79% のように減少はしているが, 高い低減率とはいえない。しかし流出土率は 1/5~5/5 被覆によって, 前後のハゲ地の対照試行平均の 7.3, 7.6, 1.4, 1.5, 1.3% となっていて 1/5, 2/5 被覆ではハゲ地の流出土率の約 92%, 3/5, 4/5

被覆では約99%の流出土率の低減をみせた。

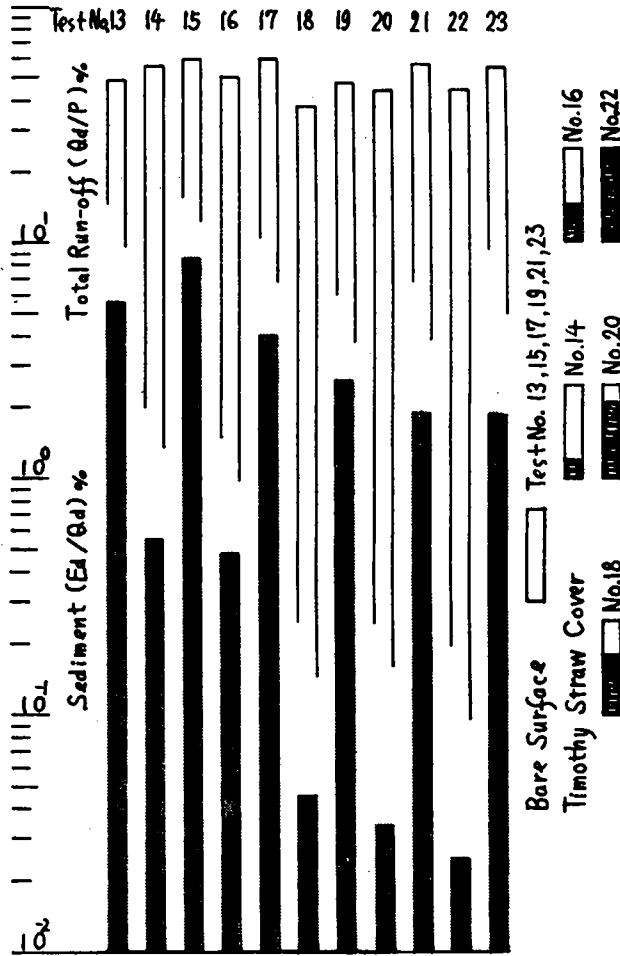


図7 モシリウンナイ流下量区における人工強雨に対する流出と流出土の関係 (1959年8月31日)

Fig. 7. Runoff-Sediment Relation for the Simulated Storm Rainfall at Moshiriunnai Runoff Plot, Aug. 31, 1959.

したがって全面被覆による流出土率の低減効果はこのように高いのであるが、3/5被覆によってもなお99%近くの流出土率の低減を期待できるから、ハゲ地面の1/5被覆による約92%の流出土率の低減効果も、山腹工の計画段階(経費や工程)によっては十分に採用される価値がある。

上のようなハゲ地斜面の表土の斜面浸食に対する被覆効果は、このような人工雨撒水によっても高いことがわかるが、被覆によって雨滴衝撃を防止し、地面に雨食穴ができない、リルのような水みちができない、被覆物の保水によって流出のおくれとなるので表土が

らの滲透時間をのばすことにもなつて、自然降雨のようにこの人工雨(落下高3~3.5 m)より落下衝撃がはるかに大きいときは、さらに被覆による流出土率への低減効果は大きいと考へてよいだろう。また表土の浸食と流送を行のう地表流下量 $=$ (地面有効雨量) $-$ (滲透量)と考へると、表土からの滲透度(mm/hr)も斜面地表流下量とその浸食、運搬作用に大きい影響をもつ。表4の1960-1~40の試行の各日において試行前後の人工ハゲ地区 No. 6bと植生地区 No. 5vの滲透度を両区内に埋設してあるマスグレーブ滲透計で測定したので、自然植生地からの地表流下率の小さいことを説明する実証としてつぎにしめた。

Date	14日		15日		16日		17日		18日	
	am	pm	am	pm	am	pm	am	pm	am	pm
Plot 5v	1630	1306 mm/hr	1280	930	1170	850	1000	770	900	650
Plot 6b	107	29 mm/nr	99	26	14	14	12	12	~	
撒水人工雨量 先行雨総量	6b) 80 mm 0.0 ~ 80 mm		6b) 120 80 ~ 200		6b) 160 200 ~ 360		6b) 200 360 ~ 540		5v) 600 0.0 ~ 600	

なおこのことは、表4にしめす1960-41~43試行の植生地区について154, 150, 125 mm/hrを1時間あて撒水したが、流下率は0.57, 0.25, 0.28%にすぎなかったことに対比してみても、この自然生低林地のような植生被覆地の表土からの滲透度の大きいことが地表流下率にあらわれていることにみられる。

(3) 植生被覆工への導入

これまでののべてきた自然植生区を対照とした自然環境下の斜面浸食試験地と流下量区の人工ハゲ地区の加速浸食比数は、土地の気候要素などの年間変動とからみあつて、かなり大きい幅のバラツキをみせているが、斜面浸食試験地の人工ハゲ地区に山腹植生工を行なつたあとでは、3年目ころから自然植生地区の浸食に近くなる傾向が確かめられた。しかしながら、この試験の人工ハゲ地区は地上植生と表土層のA₀層をはぎとつたのみであるから、長い間自然環境下に構成されてきた林床構造の地面に近いほんの一部を失つたにすぎないことに注目すると、各地にみる山腹の剝落地、山くずれ地あるいは地すべり地のような表土層の構造をある程度の深さまで乱された場合は、この試験例のようにわずかの年月ではば自然状態に近いまでに復旧できるとは考へられない。この試験例に比べてはるかに多くの年数を要するだろう。

山腹にみられる人工あるいは自然の要因またはその組合せによつて生じたハゲ地や崩壊斜面の安定工法には、生材料工法と死物材料工法が治山工の立地条件と人的条件によつて、各国の各地方ごとに特有な組合せによる発達をみせているが、近年はとくに死物材料による工法があまりにも安易に用いられすぎているきらいがある。このような死物材料に

よる斜面の封鎖工法は一時的な斜面の安定は保たれても、不滲透性死物材料による工法で排水処理が適切でないときは、斜面地表流の増大によって斜面の安定は間もなく破られることになる。この場合に、山腹斜面を一時的に安定させるおさえとしてムシロ、粗目布、金アミなどを地面に張りつけ、それを土地に固定するために、周辺の山くずれ地などに前駆的に侵入している萌芽生の強い広葉樹のサシホや枝条の留め木を用い、斜面に牧草や野草播種などもとり入れて、表土面に自然植生侵入のための土地的環境条件を整えてやることは、植生を失った山腹安定の永久工法としてすぐれているだろう。

上のように死物材料によって斜面の一時的安定をはかり、同時に生材料を用いて自然植生侵入の環境条件をととのえ、ながく斜面安定をはかることは、森林限界以下の上流地帯に行なう山腹工法として、植生の推移を利用した経済的工法である。この1例として天北地方に多くみる頁岩地帯の剝落崩壊斜面の堆積地安定工法として、柳ソダによる金網張り植生工法⁹⁾の研究が進められ、注目すべき成果をあげている。

む す び

この研究の意図した自然生植生被覆に近い効果を被覆によって促進する斜面浸食の抑制工法は、古くから経験的に中歐高地や本州各地方で行なわれてきている。しかしながら近年とくに山地総合開発に伴う山腹と溪岸の加速浸食は異常な速度で拡大していることから、コンクリート工や石工などの死物工法の効果を過信しないで、この種の加速浸食作用を土地の環境条件との関連において定量的につかみ、それに対応する植生工法を確立し再認識することは、広くは河川の流域管理にせまくは上流の山地保全のために、剛工法と柔軟工法を適地に適時にとり入れることが基本的に重要なことを示唆している。

この地方では急斜面安定工法として、段切工法あるいは緑地帯工法のみでは斜面流による浸食発達をおさえるのに十分とはいえない。とくに強調したいことは、山腹斜面の緑化は森林あるいは牧野生産に直結するという従来の考え方は、必ずしも何れの地方にも通用しないから、まず土地生産の場の復旧をねらい、次段階において生産の場としての計画をめぐらすべきである。

文 献 (References)

- 1) HORTON, R. E. (1939) 平田徳太郎訳 (1952): 各種滲透能の流下量区実験の分析, 林試集報, 62, 102~103.
- 2) KITPREDGE, J. (1948): Forest Influences, 312~354.
- 3) BAVER, L. D. (1948): Soil Physics, Ed. 2, 352~384.
- 4) THOMAS, W. L., et al. (1956): Man's Role in Changing the Face of the Earth, 621~647.
- 5) LINSELEY, R. K., et al. (1958): Hydrology for Engineers, 162~190, 277~280.
- 6) 村井延雄 (1958): 北海道の水源流域における斜面浸食に関する基礎的研究, 北大演林報, XIX-3, 1~98.

- 7) ———・新明俊彦 (1960): 流出土に及ぼす先行雨の影響 (I). モシリウンナイ 1959 実験, 70 回日林大会集, 366~68.
- 8) 村井延雄 (1961): 林地の斜面浸食 (第4報), 日林北支講集 (9)-41~44.
- 9) 東 三郎・村井延雄 (1961): 積雪地帯の山腹植生工—ヤナギそだを用いた金網張植生工試験一, 日林北支講集 (10)-168~171.

Summary

Field studies were made to find out some characteristics and interrelations of surface runoff, slope soil erosion and vegetative cover at Moshiriunnai, upper Uryu River Basin, Northern Hokkaido, for the period June 1954 to May 1960.

Studies on semiannual amount of erosion-loss from bare plot to vegetation-covered were made on a slope erosion study area during six years. The results were shown in Table 1 and Figure 1.

Field experiments on surface runoff from a small plot (1 m × 5 m) subjected to simulated storm rainfall of calibrated intensity on clayey slopes of Plots No. 4 and 5 are summarized in Tables 3, 4, 5 and Figures 4, 5, 6, 7. Semiannual amounts of erosion losses from Plots No. 4 and 5 following natural precipitation are given in Table 2a and Figure 3; some climatic elements observed at Moshiriunnai are shown in Table 2b and Figures 2b, 2c.

From the above studies and experiments on the study plots (No. 1~6) in Moshiriunnai Experiment Forests, summary of results are derived as follows:

1) The effects of some hillside repair work with vegetative cover for accelerated soil erosion control:— For the former period from June 1954 to May 1957, semiannual amounts of erosion-loss from bare plot to vegetation-covered were indicated as “Accelerated erosion ratio number”, 936~638 in rainy season (June~October), 705~034 in snowy season (November~May). For the latter period from June 1957 to May 1960, the same values of the above were 052~004 in rainy season, 030~003 in snowy season. It seems to be clear that semiannual changes in “Accelerated erosion ratio number” indicate large differences between the former three years and the latter three years as shown in Table 1 and Figure 1. Therefore, the effects of repair work with vegetative cover, installed on bare plot surface in June 1957, were shown by percent number in the reduction of “Accelerated erosion ratio number” as 77~95 in rainy season and 55~99 in snowy season for the latter three years.

2) The effects of vegetative cover in reducing the slope soil erosion:— Field experiments, 1960-1~43, indicate that the relations of rainfall (P) to surface runoff water (Q_a) and runoff water to sediment load (E_a) are as illustrated in Figures 4a and 4b, and that the relations of runoff water to rainfall (Q_a/P) vs. erosion depth to surface runoff water depth (E_a/Q_a) is given in Table 4 and Figure 5. Nevertheless, there was no sediment load with little surface runoff water from vegetation-covered plot as shown in Table 4.

3) The effects of grass sod belt, berm (horizontal terracing), berm with grass sodding and covering of Timothy grass straw in reducing the transporation of eroded soil:— Field experiments, 1958-1~18, indicate clearly the effects in reducing the rate of

soil erosion-loss, after repair work on bare soil surface, such as installation of grass sod belt, berm, berm with Clover grass sodding and allover covering across the slope by means of Timothy grass straw; results are listed in Table 5 and illustrated Figure 6.

4) The effects of covering bare soil surface with Timothy grass straw in reducing the surface erosion-loss :- Field experiments, 1959-1~23, indicate that the covering Timothy grass straw on the bare plot surface across the slope, on the portions 1/5, 2/5, 3/5, 4/5, 5/5. of the total plot surface area from the lower end of plot, reduced the amount of surface erosion-loss by the extent of 92% (for 1/5, 2/5 cover) to 99% (for 3/5-5/5 cover) as compared with erosion-loss from bare soil surface; this is shown in Table 6 and Figure 7.

From the above results, it seems to be important to note that natural vegetation is the best and that repair work with vegetative cover is better than the other repair work with any dead materials for surface soil erosion control on clayey slope such as at Moshiriunnai. The use of vegetative cover for slope soil erosion control may be either as a self sufficient procedure or supplementary to some construction methods in suitable sites. Species for vegetative cover works for slope soil erosion control should be pioneers in succession in that vicinity.