

山腹斜面の侵食に関する研究

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	大味新, 学 綱本, 皓二
巻/号	56巻11号
掲載ページ	p. 379-385
発行年月	1974年11月

論 文

山腹斜面の侵食に関する研究

—林種および土壌の相異における降雨加速指数と侵食量の関係について*—

大味新学**・綱本皓二**

Studies of the Soil-Erosion on the Slope at the Mountainside
—About the “Accelerated Precipitation Index” for the Soil-Erosion
at the Variation of Forest Species and Soil Structures*—

Shingaku OOMI** and Kooji TSUNAMOTO**

Summary: The writers had already proposed the fundamental formula of soil-erosion given by “ $E=a(PIi)^b$ ” on the clayey soil land at Tajimi district in Gifu prefecture. Based on the study of erosion on a mountainside slope of Nagiso district in Nagano prefecture from 1969 to 1971, it was confirmed that the formula would also be applicable to the sandy soil land. Furthermore, the correlation ratio of “Accelerated Precipitation Index” PIi to “Amount of Soil-erosion” E provides the means to determine the amount of the spontaneous soil-slide without rainfall. Moreover, it has been found useful for detecting the characteristics of a stand and the difference in the amount of the soil-erosion. The prime-forest with careful trimming was most strongly affected by the precipitation and the intensity of rainfall, and under those conditions the amount of soil-erosion reached a maximum. Next highest was the young forest that was affected nearly as much as the clear cut forest zone. On the other hand, highest erosion-resistant zones were natural old forest and junior forest.

要 旨: 筆者らは 1967 年に岐阜県多治見市近郊の粘土質土壌地帯での試験の結果から、土砂流出基本式 “ $E=a(PIi)^b$ ” を発表した。それとは対照的な砂質土壌地帯の長野県南木曾地方で 1969 年から 1971 年にわたり山腹斜面の侵食試験を実施した結果、この基本式は同様に適用されることが確かめられた。基本式中の降雨加速指数 PIi は、これに対する侵食土砂流出量 E との相関度の強弱によって、降雨によらない土砂の自然崩落の現象の有無とその多寡の判定に役立つこと、および林種の特長と土砂流出量の相異の推定に役立つことが分かった。すなわち手入れのよく行きとどいた人工壮齢林が最も降雨の性質に左右され、侵食土砂量も多く、降雨加速指数との相関も最高となること、皆伐跡地に似た幼齢林がこれに次いだことである。一方、最も侵食に対して抵抗の強かったのは天然生老齢林で、これと同等だったのは造林後まだ手入れを加えていない初齢林(仮称)であることなどが認められた。

1. ま え が き

山腹斜面の侵食に関し、筆者らは先に岐阜県多治見市近郊の礫混じり粘土質土壌の斜面に設定した試験地における自然降雨による流出土砂測定の結果から、 $E=a(PIi)^b$ なる土砂流出基本式を発表したが、これは侵食による山腹斜面からの流出土砂量 E が筆者らの提唱する降雨加速指数 PIi すなわち降雨量 P と降雨強度 I (1時間最大降雨量) と瞬間降雨強度 i (今回は 10 分間最大降雨量による) との相乗積にきわめて高い相関関係があることを示したものである。

本論文では、上記とは土質の全く異なる山崩れ多発地帯である長野県南木曾地方の砂質土壌斜面に試験地を設けて同様の測定を行ったが、その結果は前回と同様に上記の基本式が適用できることが確かめられ、さらに降雨加速指数は林種および土壌の性質の相異を反映し、森林環境と侵食との関係を追求するための手がかりとなることが認められたのでここに報告する。また降雨加速指数を逆用することによって、既報²⁾の冬期における霜柱の影響による崩落土砂の究明に役立ったのと同様に、今回も降雨によらず重力の影響だけで崩落する土砂についての究明に役立ったことを付記する。

* 昭和 44 年度~46 年度 文部省科学研究費による

** 岐阜大学農学部 Fac. of Agr., Gifu Univ., Gifu

2. 試験の方法

山腹斜面侵食試験地を南木曾町の三殿宮林署管内の与川地区に設定した。この地区は、木曾川支流の与川の水源地で、上流で上山沢と下山沢のふたまたに分かれていて、上山沢には前の製品事業所跡が残っており、そこには1か月巻自記雨量計（ロール反転式）が設置してあり観測が続けられていた。下山沢には現在の製品事業所があって1週間巻自記雨量計の観測が行われていた。この二つの沢を標高1,100mの等高線に沿うようにして横断して結ぶ赤沢林道があり、試験地は上山沢の中ほどからさかのぼって赤沢林道に1/3ほどかかる2kmばかりの林道沿線に設定した。

試験地内には10か所の試験区（プロット）を設置したが、その位置は上山沢の下流から順次、天然生針広混交の老齢林に2か所、人工造林の壮齢林に3か所、初齢林（仮称説明後記）に2か所、幼齢林に2か所と、幼齢林と同じ所で伐り残した雑木林の中に1か所設置したが、その概況は表-1に記載のとおりである。

表-1. 試験地概況表

林種	プロット	林小班	傾斜度	方位	備考
天然生・老齢林	No. 1	与川 305い	33°	N35°E	針・広混交林
“	No. 2	311い	36°30'	N77°E	“
“	No. 10	360い	40°	S38°E	道路側方・伐り残り
ヒノキ造林地・壮齢林	No. 3	314い	23°	N51°E	昭10植林
“	No. 4	“	37°30'	S83°E	“
“	No. 6	344い	35°	N78°W	昭11”（広葉樹侵入30%）
スギ造林地・初齢林	No. 5	345い	38°	S 2°W	昭30植林
ヒノキ	No. 7	343ろ	39°	S21°E	昭31”
ヒノキ造林地・幼齢林	No. 8	343は	38°	N50°E	昭39植林
“	No. 9	360い	24°30'	S73°E	昭42”（筆通り）

仮称した初齢林（Junior-age forest）というのは、幼齢林と壮齢林の中間の18年生内外の人工造林地を称したのであるが、これは造林後まだ間伐などの大きな手入れを加えない状態で、密植のままおう盛な生長を続けており、十分なうっ閉を保つ林冠を形成して、造林直後の幼齢林とも、また手入れの行きとどいた壮齢林とも全く異なる森林環境を現出しており、砂防の見地からは区別すべきものと考えたからである。

プロットの設置は山腹の適度の傾斜角を35°内外とみて急斜緩斜を避け、まず横幅1m縦斜面長3mほどの地被植物を地表で削り取って裸地としたが、可能な限り

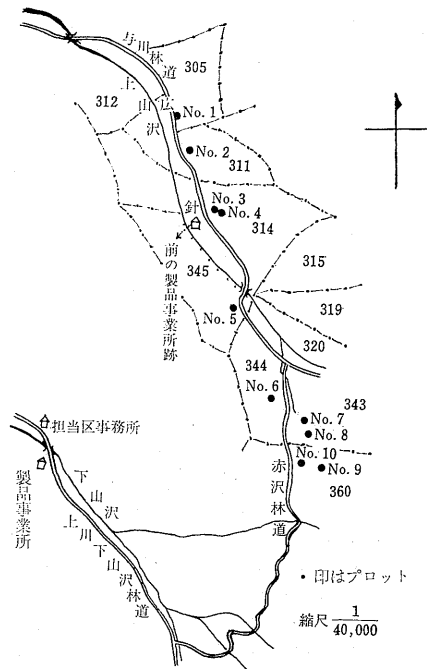


図-1. 試験地位置図

この斜面下の土壌は元のままに維持するようにし、避けられない部分的攪乱は平手でおさえて、平坦面を得るように努めた。次にその下端を掘って、長さ50cm、幅30cm、深さ30cmのブリキ受箱を横長に埋め込み、50cmの辺からエプロン板10cm幅を延ばして、これを裸斜面の土中にそう入し、受箱を埋戻し土で固定してから、エプロン板と土との境目の線から斜面上方に2mの距離を測って、長さ1m幅30cmの土留板を斜面上方に横に立て止柱で固定した。結局は幅50cm、長さ2mの区域内からの侵食土砂が、もれなくブリキ受箱に収容できるようにした。ただしこの区域の側方を板で区切ることをしなかったのは、斜面の土壌を攪乱しないためと、受箱を水平に設置することにより、偏流による誤差をかえって軽減できると見積ったためである。なお受箱の内側には特製の内接ビニール袋をテープではりつけておいて、その中に流入した土砂は水と共に袋のまま持ち帰れるようにした。

土砂の採集は毎週きまった曜日の特定時間とし、天候に左右されることなく降雨中でも採集作業をすることにし、これを現地在住の協力者に委託した。採集した土砂はビニール袋入りのままいったん小屋の中に保存し、これを数週間ごとに車で収容して実験室に持ち帰り、絶乾にしてから重量その他の測定をした。重量はg以下2位

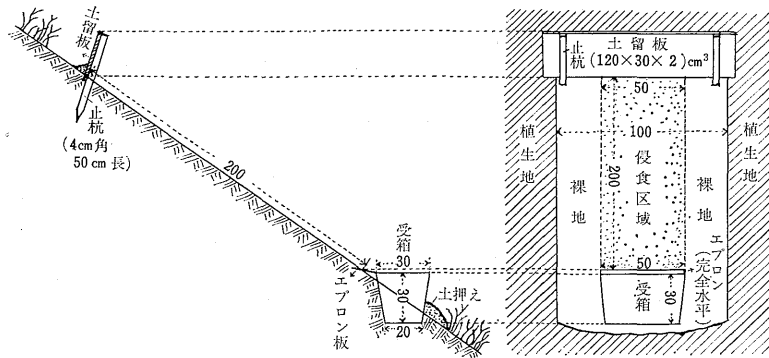


図-2. プロット設置図 (単位は cm)

にとどめて原表とし、それをプロットごとに水平 1m² 当りに換算してから g 単位にとどめて表示した。

試験期日は初年度は 1969 年 9 月 29 日より開始し 12 月 1 日で打切った。次いで第 2 年目は同じプロットを雑草その他の障害物を除去、初年度と同じ状態を再現し、地表および土壌にも変化を与えないよう配慮し、観測は 1970 年 5 月 25 日に開始して 11 月 9 日をもって打切ったが、これは気温が零度以下に下がると霜柱の影響を受けることを考慮しての切上げである。

第 3 年目は前年まで実施してきた裸地プロットによる侵食試験に、自然のままの植生地での侵食状態を比較するための試験で、植生地プロットは最初に土砂受箱を取付けてから、そのエプロン板と地盤との接線の上方 2m の位置に土留板を固定してプロットを確定し、これと 1m の間隔を置いて裸地プロットを併設した。これを広葉樹林内と針葉樹林内と無立木地の 3 か所に設置して 1971 年 6 月 28 日に観測を開始し 11 月 15 日で打ち切りとした。

しかし、無立木地の試験地は、現地作業当局の手違いのため 8 月上旬にブルドーザーで破壊されてしまったので本報告では除外した。

広葉樹林は前年までの天然生老齢林の中でプロット No. 2 付近が針葉樹が欠けていて局地的に広葉樹林とみなして差しつかえないと考え、裸地プロットは No. 2 をそのまま使用した。次に針葉樹林は前年までのプロット No. 3 と No. 4 から西に約 50m 離れた同一林小班のヒノキ壮齢林の中に設置したが、地表の植物生育状況は広葉樹林の植生地に比し著しく薄かった。

3. 結果と考察

試験地における降雨量は試験地中央の位置にある上山沢の雨量計の観測結果を用いたが、その雨量計の故障期間は下山沢製品事業所の雨量計の観測結果を代替使用し

た。この雨量計は前者の南西 2 km の地点にあり、両者の観測結果に第 1 年目、第 2 年目とも大差ないものと認められたためである。ただし第 3 年目は前者の資料が得られなかったため後者の観測値によった。

雨量計の自記記録グラフからは、1 日ごとの降雨量とその日の 1 時間最大降雨量と 10 分間最大降雨量を読み取ったが、侵食土砂の採集日にはその採集時間に合わせて 2 つに分けてそれぞれ読み取り、まず降雨原表を作成した。これより土砂採集時間で区切った 1 週間ごとの降雨量の合計と、その週の中での 1 時間最大降雨量の最大を降雨強度、10 分間最大降雨量の最大を瞬間降雨強度とし、これらを掛け合わせて降雨加速指数を求めて雨量表を作ったが、初年度を表-2 に、第 2 年度を表-3 に、第 3 年度を表-4 に示す。

表-2. 雨量表 (初年度・1969年)

週	観測期間 (月・日)	降雨量	降雨強度	瞬間強度	降雨加速 指 PH	土砂採集量 (絶対重量)
		P	I	i		
		mm	mm/hr	mm/10min	g	
1	9.29~10.6	36	10	3	1,080	1,506
2	10.6~.13	1	1	1	1	321
3	.13~.20	4	3	2	24	310
4	.20~.27	50	9	3	1,350	1,511
5	.27~11.3	0	0	0	0	0
6	11.3~.10	2	1	1	2	255
7	.10~.17	*15.5	*7.5	*2.0	773	1,412
8	.17~.24	*15.0	*6.0	*2.5	225	467
9	.24~12.1	*9.0	*3.0	*1.5	41	360
計	(註.*印は 下山沢代替)	168.5			3,496	6,142

次にプロットごとの侵食土砂流出量を、初年度は表-5 に、第 2 年度を表-6 に、第 3 年度を表-7 に示す。また試験地の土質調査結果の中から、プロットごとの粒度分析結果と、現地での土壌観察の印象を最もよく表現すると認められた砂礫率、すなわち粗砂と礫とを合わせて百分率で示したものを欄に加えて表-8 に示す。

山腹斜面の侵食を考える場合に、そこに森林が成立し

表-3. 雨量表 (2年度・1970年)

週	観測期間 (月・日)	降雨量	降雨強度	瞬間強度	降雨加速 指	土砂採集量 (絶対重量)
		P	I	i	PIi	g
		mm	mm/hr	mm/ 10min		
1	5.25~6.1	57	14	4	3,192	1,358
2	6.1~.8	23	8	3	552	370
3	.8~.15	163	15	6	14,670	10,483
4	.15~.22	56	8	3	1,344	744
5	.22~.29	56	9	3	1,512	1,057
6	.29~7.6	33	9	4	1,188	910
7	7.6~.13	49	21	11	11,319	1,951
8	.13~.20	59	8	3	1,416	1,045
9	.20~.27	6	6	4	144	148
10	.27~8.3	100	27	10	27,000	3,096
11	8.3~.10	39	14	9	4,914	1,993
12	.10~.17	71	22	5	7,810	2,353
13	.17~.24	63	19	7	8,379	1,410
14	.24~.31	18	13	9	2,106	1,091
15	.31~9.7	64	21	8	10,752	1,751
16	9.7~.14	*20.5	*4.0	*1.5	123	619
17	.14~.21	*131.5	*14.5	*4.0	7,623	2,953
18	.21~.28	*138.5	*14.5	*4.0	8,033	1,542
19	.28~10.5	*39.0	*11.0	*4.5	1,931	191
20	10.5~.12	*30.5	*3.0	*1.5	137	167
21	.12~.19	*81.5	*7.5	*2.5	1,528	1,429
22	.19~.26	*84.5	*17.0	*5.0	7,183	246
23	.26~11.2	*2.5	*1.0	*0.5	1	0
24	11.2~.9	*14.5	*3.5	*1.0	51	95
計	*下山沢	1,400.0			122,908	37,052

表-4. 雨量表 (1971年)

週	観測期間 (月・日)	降雨量	降雨強度	瞬間強度	降雨加速 指数
		P	I	i	PIi
		mm	mm/hr	mm/10min	
1	6.28~7.5	77	15	5	5,775
2	7.5~.12	119	10.5	8	9,996
3	.12~.19	94.5	30	7	19,845
4	.19~.26	205	19	9	35,055
5	.26~8.2	48.5	13.5	5	3,274
6	8.2~.9	56	14	4.5	3,528
7	.9~.16	4	4	2	32
8	.16~.23	55	24	10	13,200
9	.23~.30	62	12	6	4,464
10	.30~9.6	134.5	11	4	5,918
11	9.6~.13	155.5	15	7	16,328
12	.13~.20	4.5	1	0.5	2
13	.20~.27	147	12	7	12,348
14	.27~10.4	11	2.5	1	28
15	10.4~.11	41	3	1	123
16	.11~.18	55	9	2.5	1,238
17	.18~.25	13.5	5.5	1	74
18	.25~11.1	39.5	4.5	1.5	267
19	11.1~.8	19	3	1.5	86
20	.8~.15	0	0	0	0
計		1,341.5			131,581

ており、しかもそれが草類から低木・高木に至る多様な森林環境を現出しているときは、山腹斜面はそれによって強力に侵食から保護されていて、そのままの状態では侵食現象の機構を究明しようとするのは不可能に近いと考える。そしてそのような森林植生をさらに細部にわたって観察してみると、樹木環境のほうは広い区域に同一林種が成立していて、その状況把握は比較的容易であるのに対して、植物地被による環境に関しては、殆んどの場合に局部的に複雑に変化していて、これの侵食に対

する抵抗力も多様に変化し、その侵食の実態を適確に把握することは困難である。したがって筆者らは侵食の究明の第一段階として植物地被の因子を除去してから始めるべきであると考えた。

表-7 は森林の自然のままの植生地と、筆者らの裸地による方法とを比較対照して試験した結果であり、上記の事実がよく表現されている。まず広葉樹林-裸地の第1週は季節的に前年度の第6週に相当し、これをプロットNo.2の侵食状況と対照させて比較すると両者類似の傾向がうかがえるが、これを降雨加速指数との関連で見ると第3年目は侵食がやや弱まってきていることが分る。そして降雨加速指数に対する侵食土砂流出量の相関

表-5. 侵食土砂流出量 (1969年, 水平 1m² 当り g)

林種	天然林			人工・壮齡林			人工・初齡林		人工・幼齡林		侵食土砂 流出量	降雨 加速指数
	老齡林	雑木林		ヒノキ・38年生	同・左 広・侵入		スギ 18年生	ヒノキ 17年生	ヒノキ 山腹	ヒノキ 縁通り		
プロット	No. 1	No. 2	No. 10	No. 3	No. 4	No. 6	No. 5	No. 7	No. 8	No. 9	合計	
1	36	79	76	330	278	223	91	99	625	7	1,844	1,080
2	0	0	9	0	0	0	0	70	329	0	408	1
3	4	4	11	21	20	46	9	67	204	2	388	24
4	20	57	32	365	464	189	94	137	459	26	1,843	1,350
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	6	9	35	5	1	5	2	2	256	1	322	2
7	19	28	48	263	208	221	90	53	794	12	1,736	773
8	4	11	8	18	33	62	21	16	412	1	586	225
9	5	4	4	16	46	25	23	7	321	1	452	41
計	94	192	223	1,018	1,050	771	330	451	3,400	50	7,579	3,496

表-6. 侵食土砂流出量

(1970年, 水平 1m² 当り g)

林種	天然林			人工・壮齡林			人工・初齡林		人工・幼齡林		侵食土砂流出量	簡易予測加速指数
	老齡林		雑木林	ヒノキ・38年生		同左・侵入	スギ18年生	ヒノキ17年生	ヒノキ山腹	峯通り		
プロット	No. 1	No. 2	No. 10	No. 3	No. 4	No. 6	No. 5	No. 7	No. 8	No. 9	合計	0.6Pi
週												
1	29	70	100	377	348	128	123	110	232	118	1,635	1,915
2	9	35	49	73	77	51	43	25	54	34	450	331
3	363	1,331	572	3,728	2,631	1,012	306	501	1,134	879	12,457	8,802
4	28	68	32	207	188	222	65	21	27	34	892	806
5	41	86	40	253	365	268	95	31	50	46	1,275	907
6	25	48	8	188	143	183	48	92	211	146	1,092	713
7	178	173	100	610	303	250	143	58	283	218	2,316	6,791
8	43	53	83	355	179	237	66	55	109	65	1,245	850
9	0	0	12	34	22	13	13	14	59	13	180	86
10	159	163	186	1,274	533	444	219	149	293	231	3,651	16,200
11	53	67	95	984	257	236	174	64	188	202	2,320	2,947
12	113	85	166	822	493	360	147	144	306	167	2,803	4,686
13	37	35	115	563	92	288	160	79	136	155	1,660	5,027
14	36	64	54	459	297	168	93	36	46	37	1,290	1,264
15	125	79	109	731	431	163	74	65	120	161	2,058	6,451
16	20	22	107	222	115	135	33	37	29	22	742	74
17	124	154	191	1,251	724	518	177	91	107	148	3,485	4,574
18	43	77	169	659	192	408	110	48	54	59	1,819	4,820
19	3	125	16	38	18	14	4	6	3	4	231	1,159
20	5	9	24	62	31	47	8	5	5	3	199	82
21	71	58	211	561	366	207	83	85	34	29	1,705	917
22	4	7	7	119	53	65	15	5	4	9	288	4,310
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
24	1	1	13	47	11	23	7	6	3	1	113	31
計	1,510	2,810	2,459	13,617	7,869	5,440	2,206	1,727	3,487	2,781	43,906	73,745

は $r=0.8951$ と高い値を示している。ところがこれに對比する植生地プロットにおける侵食土砂量は極めて微

量であり、毎週受箱にはトレース程度の量しか得られなかったし、降雨加速指数に対する相関も $r=0.6579$ と著しく低かった。

表-7. 侵食土砂流出量 (1971年)

週	侵食土砂採集期間(月・日)	針葉樹林		広葉樹林		降雨加速指数
		植生地	裸地	植生地	裸地	
1	6. 28~ 7. 5	4g	28g	3g	6g	5,775
2	7. 5~ . 12	65	253	10	62	9,996
3	. 12~ . 19	45	522	6	136	19,845
4	. 19~ . 26	48	425	7	193	35,055
5	. 26~ 8. 2	7	69	1	26	3,274
6	8. 2~ . 9	8	127	3	33	3,528
7	. 9~ . 16	0	7	1	5	32
8	. 16~ . 23	5	105	1	27	13,200
9	. 23~ . 30	7	225	2	106	4,464
10	. 30~ 9. 6	9	87	3	72	5,918
11	9. 6~ . 13	16	170	2	119	16,328
12	. 13~ . 20	0	3	0	2	2
13	. 20~ . 27	12	169	2	93	12,348
14	. 27~10. 4	1	10	0	4	28
15	10. 4~ . 11	3	32	2	15	123
16	. 11~ . 18	3	31	1	12	1,238
17	. 18~ . 25	0	7	0	6	74
18	. 25~11. 1	3	34	1	7	267
19	11. 1~ . 8	1	9	0	1	86
20	. 8~ . 15	0	0	0	0	0
計		237	2,313	45	925	131,581

次に針葉樹林-裸地の侵食土砂量は広葉樹林内のものより多量であり、後述する壮齡林の侵食傾向と同じで、降雨加速指数との相関も $r=0.8473$ と高かった。これに對比する植生地プロットでは侵食土砂量は裸地に比べてやはり著しく少なかったが、地表の植生が薄かったため広葉樹林内のものより多く、降雨加速指数に対する相関も

表-8. 試験地土質調査表

プロット	粒度分析表				礫率(β)	砂礫率 $\alpha \times (100 - \beta)$ 100	土質分類
	粘土	シルト	細砂	粗砂(α)			
No. 1	16%	17%	28%	39%	15%	48%	砂質粘土
No. 2	9	11	29	51	9	55	砂
No. 3	4	7	25	64	24	73	砂
No. 4	7	18	34	41	6	45	砂質ローム
No. 5	7	9	24	60	24	70	砂
No. 6	7	8	24	61	25	71	砂
No. 7	5	11	5	79	24	84	砂
No. 8	7	16	14	63	27	73	砂質ローム
No. 9	9	11	16	64	25	73	砂
No. 10	9	14	26	51	26	64	砂質ローム

$r=0.7255$ とやや高く、このことは降雨に対する植生の相異をよく反映しているものと考えられ、以上のことから植物地被の除去による試験方法の妥当性が示されたと考えるので本論に入る。

山腹における侵食土砂の流出の仕方を、表-5 と表-6 でみると、初年度と第2年度とでは流出状況にそれぞれ特徴が認められる。すなわち初年度では供試プロットが、今まで地被植物によって保護されていたのに、急に裸地の状態にされたため、それが砂質土壌あるいは砂に近い軟らかな土質のせいもあって多量の土砂流出となって現われる。ことに第2週のごときは無降雨の週であったのに、3か所のプロットでは土砂の降雨によらない自然崩落の現象が見られたということである。

これに比べて第2年目は、冬季を経て土壌が安定し侵食の程度は目立って減少する。このことは降雨加速指数と侵食土砂流出量とを単純に数字の上だけで各週ごとに比べても分る。すなわち初年度では降雨加速指数よりも土砂流出量の数値のほうがいずれの週も大きな数値を示しているのに、第2年度ではこの関係が全く逆になり、またすでに試みた簡易予測の $0.6 \times PI_i$ との比較でみても、その年の後半から土砂流出量の数値のほうが小さくなって行く傾向が見られる。

さてここで侵食土砂流出量と降雨加速指数との相関度を、初年度内と第2年度と、さらに両年を通して算出したものごとを表-9 に示してみると、前記の傾向にさらに各プロットごとの特徴が現われてくる。

表-9. E 対 PI_i 相関係数 (r) 表

林種	プロット	初年度 (1969)	第2年度 (1970)	両年通算 (1969~70)
天然生・老齢林	No. 1	0.9507	0.7775	0.8077
	No. 2	0.8917	0.7936	0.8375
	No. 10	0.6089	0.7309	0.7478
ヒノキ造林地・壮齢林	No. 3	0.9600	0.8827	0.9560
	No. 4	0.9794	0.8310	0.9021
	No. 6	0.9700	0.8357	0.8979
(L. 侵入)				
スギ造林地・初齢林	No. 5	0.9861	0.8232	0.8919
	No. 7	0.6355	0.7509	0.6696
ヒノキ造林地・幼齢林	No. 8	0.5970	0.7056	0.3485
	No. 9	0.7894	0.8055	0.8497
(峯通り)				

この表でみると両年度ともごく一部の例外を除き、殆どどのプロットで高い相関を示しているが、初年度と第2年度ではその中間に冬期を含む半年ほどの間隔があり、また観測期間も著しく異なるので、両年度の相関係数の間の相関度を調べてみた。その結果は係数 $r=0.9429$ ときわめて高い相関があることが確かめられたが、このことは第2年度の相関係数はそれぞれのプロッ

トの特徴を示すものとみられるが、この特徴はすでに初年度から現われていることを示していると考えていいようである。すると前述のように初年度と第2年度では土壌条件の変化による土砂流出の状況に変化が見られることから、この両年を通算した相関係数が最もよく各プロットの土壌条件を反映したものとなるはずである。

そのことは特に初年度の第2週の無降雨の週に土砂の自然崩落をみたプロット、すなわち前記一部例外と称したプロット No. 8, 7, 10 に特徴的に現われたので表-10 に示す。

表-10. 降雨によらない崩落土砂量

プロット	崩落土砂量	両年通算相関係数 (r)	全プロット中 での低い順位
No. 8	329 g	0.3485	最低位
No. 7	70	0.6696	第2低位
No. 10	9	0.7478	第3低位

この表が示すように降雨によらず重力の影響だけで崩落する土砂量の多いものほど、両年度通算の相関度はそれに反比例して低くなることは、既報の冬期における土砂流出の霜柱による影響の場合²⁾と同様で、降雨によらない流出土砂の混入は降雨加速指数と土砂流出量との相関係数を小さくし、このことは降雨加速指数の逆用による効果を示すことになる。

以上の自然崩落を見た例外を除くと、降雨加速指数に対する土砂流出量の相関度は両年通算で $r=0.8077$ が最低で最高 $r=0.9560$ に至るまでの高い相関を示していることは、既報¹⁾の粘土質土壌地帯で $r=0.9011$ から $r=0.9369$ という高い相関を示したのに続いて、本報告の試験地のような砂質土壌地帯においても、筆者らの提唱する土砂流出基本式は同様に成立することを示していると考えられる。

次に林種による土砂流出量の相異をみると、人工壮齢林の土砂流出量が最も多く全プロット中で1~3位を独占している。しかも降雨加速指数との相関度も最高でこれまた1~3位を独占した。それはこの壮齢林が造林後35年を経過し、それまでに間伐が施され、枝打ちその他の手入れも十分に行きとどいているため、林木はおう盛な生長を遂げていっせいに美林の形態を見せているが樹冠はかなり開かれており、下草も薄いため降雨の量および強度の影響を大きく受けるものと推測され、降雨加速指数との相関も高く侵食量も大きくなったものと推定される。なお壮齢林で最も土砂流出量の多かったプロット No. 3 は、傾斜が最も緩であること、初年度にはこれと数mで近接するプロット No. 4 と土砂流出量は殆んど変わらない数値を示していたのであるが、第2年目から

次第に侵食量を増加して行ったということである。この原因について現地で検討してみると、No. 3 は川筋の堆積土層の上にあるのに対し、No. 4 は山腹斜面に位置していたためと考えられ、また砂礫率でも No. 3 が 73% に対し No. 4 は 44% と大きな差を示している、素質的にプロット No. 3 のほうが侵食に対して弱かったものが、初年度から第 2 年目の始めの頃までプロット No. 4 と差が無かったのは、緩斜だったことと斜面土層の構成の性質の差に起因していると推定される。このように侵食に対し同程度の抵抗を示していたものが、侵食が継続すると一方は抵抗力を次第に弱めて行くことについては、山地での位置の相異と土壌構成の変化であり今後の究明が必要である。壮齢林の中で 3 位のプロット No. 6 は、前述の 1 位、2 位と比べ大きな差で侵食に対し抵抗が強かったのは広葉樹の侵入のためと推定される。

壮齢林の次に侵食土砂の流出量の多かったのは幼齢林であるが、そのうち峯通りに設置したプロット No. 9 は、前述の山地での位置という点では No. 3 とは対照的であって、初年度は試験地中で最も侵食に対して抵抗力が強かったが、山頂にあるため造林木の上生長が最悪で、全くの裸地状態に置かれているため第 2 年目に入り、次第に抵抗力を弱め、山腹の幼齢林プロット No. 8 と侵食量に大差はなくなるのである。さてこの No. 8 は前述のように土砂の自然崩落の最多のプロットであるが、第 2 年目に入り土壌は次第に安定して、降雨加速指数との相関も最低値ではあるが $r=0.7056$ と有意性を保っており、土砂流出量も第 4 位だったが、このプロットは隣接する初齢林のプロット No. 7 と比較しながら見たほうがよいようである。この両者は一つの山ひだの右と左で、ただ造林後の年数が異なるだけであるのに、No. 7 の土砂流出量は No. 8 の半分にも満たないものであり、試験地中でも最も土砂流出量の少ないほうである。そして砂礫率では No. 8 が 73% に対し No. 7 は 84% と肉眼で見ても海岸の砂に近いもので、当然 No. 7 のほうが土砂流出量も自然崩落土砂も多いことが予想されたのに、そのいずれもが全く反対の結果になっている。このことは森林環境の相異によるものと推定され、それ以外の原因は認められなかった。すなわち幼齢林の No. 8 は、プロットの上空は造林木が側方に立っているだけで林冠を形成しておらず、開放された皆伐跡地そのままの状態に近いのに対し、初齢林の No. 7 は周囲の林木が十分に生長して密な林冠を形成しており、全体が間伐その他の手入れの入らない密林状態にあって斜面に及ぼす降雨条件の異なること、地下には周囲の造林木の根系が網状に伸長してきていると推測されることなど、このよう

な森林環境が土壌侵食を大きく抑制しているものであって、これは森林のあり方の砂防効果に関する顕著な具体例となったものと考えられる。

最後に土砂流出量の最も少なかった順に見てみると、天然生の老齢林のプロット No. 1 が第 1 位で、初齢林の前記 No. 7 が第 2 位、同じく初齢林の No. 5 が第 3 位、天然生の広葉樹林 No. 10 が第 4 位、天然生老齢林 No. 2 が第 6 位となるが、これらは土砂の量的には大きな差は無いと見てよい。したがって老齢林と初齢林との間には大差はなく、侵食に対して同じような抵抗力を持っていると考えてよいが、老齢林は上空に厚い林冠を形成しており、地表には雑草が繁茂し、地下に広葉樹の根系が深く伸長して、この森林環境は一見して初齢林のそれとは異なるようであるが、実は初齢林の森林環境のスケールだけを大きくしたものを見ることができる。すなわちこのことから、自然に放置された森林は老幼にかかわらず侵食に対して強い抵抗を示すものであって、人間の手入れの加わった壮齢の美林も、皆伐直後の幼齢林ともに侵食の危険にさらされていると推察される。

さて以上のように考察してきたが、これを要するに山腹斜面の侵食は土壌の相異と林種・森林環境の相異によって特徴づけられるが、このことは降雨の性質を示す降雨加速指数との関連においてつかまえることによって適確に究明することができることを示していると考えられる。

4. あとがき

本研究は、山腹斜面の侵食土砂量は降雨の性質との関連を示す土砂流出基本式の確認と、さらに進んで侵食土砂流出実験式を誘導するための何らかの手がかりを得んとしたものであるが、そのためには、さらに土質の相異や林種の相異なる多種広範な地域での実験の積み重ねが必要であり、本試験で除外した因子である植物地被の影響に関する研究も加えなければならない。また筆者らの試験方法は、その規模も小さく営林の現場での実施が容易であり、降雨記録は 1 か月巻自記雨量計（ロール反転式）が最適であること、しかもかなりの精密さが期待できることから、全国的な組織を持つ営林当局による広域にわたる本方法による実験を希求するものである。

最後に、本研究にあたって現場で協力を頂いた岡田賢一氏ならびに田尻節雄氏に対し、また三殿営林署の関係各位に対し深甚なる謝意を表する次第である。

引用文献

- 1) 大味新学・綱本皓二：日林誌 49：286～292, 1967
- 2) —————：79 回日林講 350～352, 1968
(1973 年 7 月 6 日受理)