

路面浸食と横断排水溝に溜まる土砂について

北川新太郎・藤原守正・田中壮一
石川秀夫・林英夫・古谷士郎
酒井徹朗

はじめに

芦生演習林の林道開設は、昭和27年に始まり以後毎年林道網の拡充が図られている。融雪期から降雪期迄の約8カ月は、路面轍跡に湧水や雨水の流下による路面浸食が見られ、開設長が増えるにつれて、省力的な路面の維持管理が望まれる。路面流出土砂量の増大は、時として路体崩壊につながる。林道路面の荒廃は、路盤の状態、車両の通行量等が考えられるが一番の起因は降水量とその降り方と思われる。そのために芦生演習林では路面浸食を防ぐ手段とし横断排水溝の布設を行っている。

今回横断排水溝の適正配置による路面維持の方策を究明するため、横断排水溝ロングUを使用して、横断排水溝に溜まる土砂量を採取し、降水量との関係を調査したので報告する。

調査地の概要及び調査方法

この調査を行うために、林内5林班及び15林班の林道上に4カ所の調査地を設けた。各調査地

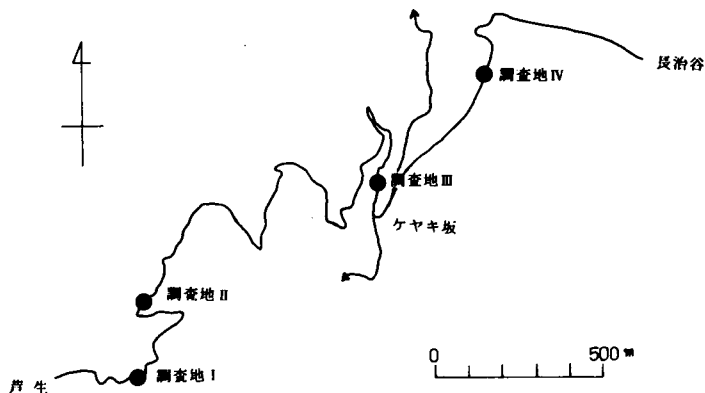


図-1 調査位置図

の概要を示すと、表1、図1の通りである。本調査地の林道は、12月初、中旬から春先（4月初旬）に除雪が行われるまでの期間は雪に閉ざされる。しかしそれ以外の通行可能な期間中は、車両の通行量が比較的多い所である。調査地 I、II は、路面長が20m前後と比較的短く、路面勾配も7%と比較的ゆるやかである。調査地 III は、調査地 I、II にくらべて路面長が長く、路面勾配も11%と急勾配である。また側溝は、調査地 I に設けられているが、調査地 II、III、IV には設けられていない。各調査地上部には、横断排水溝によって調査区域外からの路面流下水が入らないようにしてある。各調査地の平面図は図2-1、2-2の通りである。

調査地設定時の路面状態についてみると、調査地 I、II、III は、大きな浸食溝も見られず比較的

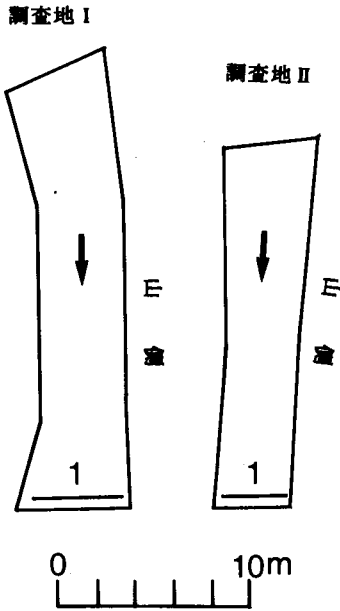


図 2-1 調査区 (数字は測点番号)

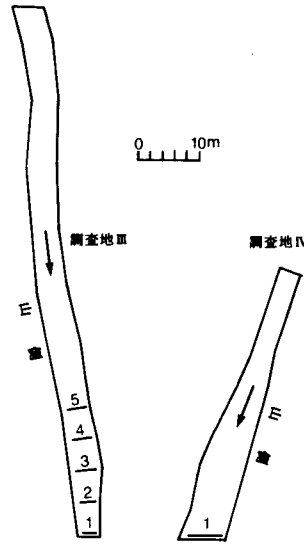


図 2-2 調査区 (数字は測点番号)

安定した状態であった。調査地Ⅲは、基岩まで路面浸食の進んでいる場所が見られた。法面についてみると、調査地Ⅰ、Ⅱ、Ⅲは、植生が密で比較的安定しているが、調査地Ⅳは、植生も少なく、降雨の多い時および春先には湧水が見られた。調査地Ⅳについては、昭和60年の調査中に、法面に積まれていた岩砕の運び出しに伴い路面が攪乱されたが、その他の調査地は、除雪作業以外の路面の補修は行われていなかった。

表-1 調査地の概要

調査地	林道開設年度	林道巾員	路面状態				粒度構成					浸食溝発生原因	調査路面長	林道平均勾配	備考				
			路敷砂盤	側溝	轍跡	岩の露出	草	m/m 5.0 以上	5.0 2.0	2.0 1.0	1.0 0.5					0.5 0.25	0.25 以下		
I	32	4.0	切土	無	有	有	無	無	74	10	5	3	4	4	雨	22.7	7.36	565	溝に湧水有り
II	33	4.0	盛切土	無	無	有	有	無	29	15	12	10	13	21	雨	18.8	6.86	600	
III	33	4.0	切土	無	無	有	無	無	55	12	7	6	6	14	雨	86.3	11.45	755	
IV	33	4.0	切土	無	無	有	有	無	32	17	10	11	9	21	雨 湧水	45.4	8.39	750	

土砂の採取および測定

土砂の採取をするための方法として、調査地下流にグレーチングをかぶせたロングU 1型 (D u-3-30) を横断排水溝として布設し、そのロングUの排水口にアンカーボルトでL型鋼を取り付け、排水口をふさぐように木板あるいは鉄板をはめこんだ。このように加工することで土砂はグレーチングを通して横断排水溝に沈殿し、水はこのようにしてはめこまれた板の上部より排出されるので、この横断排水溝に沈殿した土砂を採取し、土砂量を測定した。調査地Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ

は昭和59年に、調査地Ⅲは昭和60年に設定した。土砂量の測定は、昭和59年においては9月21日と11月13日の2回、昭和60年には4月20日～12月6日の間に計16回、昭和61年は4月23日～10月14日の間に10回行い、同時に一連続降雨による土砂量の測定も行った。横断排水溝に溜まった土砂量には、走行車の車輪による路面攪乱によって生じたと考えられる土砂も若干含まれる。各調査地より採取した土砂は、3週間程度の自然乾燥を行った後、フルイを使って5.0mm以上、2.0mm、1.0mm、0.5mm、0.25mm、0.25mm以下の粒度構成に分けて調べた。

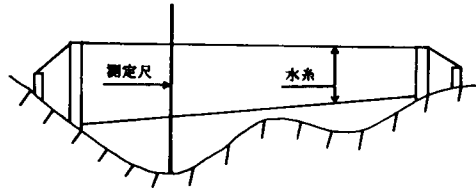


図-3 路面浸食溝測定方法

路面浸食溝の測定

路面浸食溝の変化を計測するために、調査地Ⅰ、Ⅱ、Ⅳでは横断排水溝から上流側0.5mの位置に、調査Ⅲについては、同様に0.5m、5.5m、10.5m、15.5m、20.5mと5カ所の（図2参照）位置で測定した。測定は、昭和60年に6回、昭和61年に4回行った。測定方法は、図3に示すように道路の両側路肩部にレベルの杭を設け、路面の上下方向の測定誤差を少なくするように杭上と地表面近くに水糸を張った。杭上には、水糸に平行して測定位置を示す巻尺を取り付け、路面杭から5cm毎に折尺を使って杭上に張られた水糸から路面までの距離を測定した。雨量は雨量計を標高765mの調査地Ⅲ、Ⅳ近くに設置して計測した。欠測値のある場合は、構内及び標高480mに設置されていた雨量計のデータを使用した。

結果及び考察

結果は昭和59年については7月14日～11月13日、昭和60年について4月19日～12月6日、昭和61年は4月23日～10月14日までの、各調査期間の降水量と流出土砂量等を示したのが表2～10である。なお、表7～10の土砂量のうち4月23日集計の土砂は昭和60年12月6日～昭和61年4月23日迄の、冬期間の土砂量である。

表-2 路面浸食土砂集計

(土砂量単位：kg)

採取年月日		1984 9 / 21	11 / 13	計
土 砂 量	調査地 Ⅰ	4.50	14.00	18.50
	〃 Ⅱ	9.00	10.00	19.00
	〃 Ⅳ	8.50	12.00	20.50
雨 量		260.0 ^{mm}	121.5 ^{mm}	

* 7月14日調査地設定

表-3 路面浸食土砂集計

調査地 I

(土砂量単位: kg)

採取年月日	1985 4/20	5/21	5/27	6/10	6/12	6/20	7/2	7/17	7/25	8/19	9/14	9/21	10/11	11/5	11/10	12/6	計	
粒	5.0 以上	0.54	4.10	0.22	3.69	0.26	0.53	2.09	25.09	2.66	6.90	7.50	1.13	3.85	4.61	2.90	4.16	70.23
	2.0	0.68	0.43	0.08	0.32	0.16	0.09	9.44	16.06	1.05	1.06	4.09	0.42	1.91	6.65	4.44	0.50	47.38
	1.0	0.69	0.35	0.10	0.12	0.17	0.11	10.53	9.38	0.72	0.50	2.82	0.33	1.50	7.19	4.68	0.32	39.51
	0.5	0.54	0.35	0.08	0.08	0.16	0.10	9.62	6.48	0.52	0.36	2.06	0.30	1.17	6.10	3.59	0.24	31.75
度	0.25	0.43	0.31	0.06	0.05	0.11	0.07	7.89	3.98	0.37	0.25	1.55	0.24	0.88	4.21	2.54	0.14	23.08
	0.25以下	0.30	0.99	0.06	0.05	0.09	0.09	7.53	2.77	0.33	0.25	2.86	0.32	1.15	4.89	1.94	0.13	23.75
土砂計	3.18	6.53	0.60	4.31	0.95	0.99	47.10	63.76	5.65	9.32	20.88	2.74	10.46	33.65	20.09	5.49	235.70	
雨量	15.0	158.0	32.5	30.5	5.5	62.5	352.0	166.5	46.0	19.0	105.5	28.5	195.5	145.5	92.0	58.5		

※ 4月19日調査地設定

表-4 路面浸食土砂集計

調査地 II

(土砂量単位: kg)

採取年月日	1985 4/20	5/21	5/27	6/10	6/12	6/20	7/2	7/17	7/25	8/19	9/15	9/21	10/11	11/5	11/10	12/6	計	
粒	5.0 以上	0.12	0.05	0.62	0.14	0.04	0.05	0.25	1.14	0.29	0.41	0.84	0.08	0.25	0.35	0.28	0.40	5.31
	2.0	0.16	0.12	0.50	0.16	0.03	0.09	5.18	7.10	1.29	0.36	5.08	0.20	1.34	1.20	1.33	0.15	24.29
	1.0	0.23	0.32	0.64	0.25	0.07	0.19	7.15	5.56	0.91	0.19	3.62	0.36	2.11	1.86	1.56	0.24	25.26
	0.5	0.19	0.45	0.64	0.37	0.09	0.17	6.17	4.35	0.70	0.17	2.74	0.30	1.96	1.63	1.13	0.27	21.33
度	0.25	0.17	0.28	0.59	0.26	0.08	0.16	4.60	3.55	0.56	0.15	2.08	0.25	1.39	1.01	0.71	0.26	16.10
	0.25以下	0.37	0.79	1.93	0.60	0.25	0.74	14.46	18.62	3.52	0.77	5.70	1.36	5.46	3.00	2.70	0.78	61.05
土砂計	1.24	2.01	4.92	1.78	0.56	1.40	37.81	40.32	7.27	2.05	20.06	2.55	12.51	9.05	7.71	2.10	153.34	
雨量	15.0	158.0	32.5	30.5	5.5	62.5	352.0	166.5	46.0	19.0	105.5	28.5	195.5	145.5	92.0	58.5		

※ 4月19日調査地設定

表-5 路面浸食土砂集計

調査地 III

(土砂量単位: kg)

採取年月日	1985 4/20	5/21	5/27	6/10	6/12	6/20	7/2	7/17	7/25	8/19	9/14	9/21	10/11	11/5	11/10	12/6	計	
粒	5.0 以上	10.32	5.07	0.67	1.45	3.82	0.89	84.31	143.28	37.27	3.53	28.73	7.80	4.85	1.87	8.49	2.89	345.24
	2.0	6.13	3.99	1.68	2.13	3.41	2.85	96.38	107.99	35.39	0.80	30.93	7.90	6.16	1.51	5.31	0.58	313.14
	1.0	6.01	5.50	2.69	3.14	3.00	3.86	87.78	73.43	27.26	0.69	25.20	7.14	8.31	2.29	3.24	0.85	260.39
	0.5	4.67	5.61	2.66	3.25	2.34	3.86	75.71	63.50	20.05	0.61	23.43	6.68	8.40	3.20	2.42	0.66	227.05
度	0.25	3.79	4.31	1.91	2.17	1.88	2.74	60.23	59.30	17.85	0.61	22.10	4.98	6.35	4.22	2.28	0.63	195.35
	0.25以下	5.23	12.83	4.45	3.32	5.39	6.82	70.58	119.96	28.19	2.87	83.54	12.41	12.42	13.76	9.94	1.56	393.27
土砂計	36.15	37.31	14.06	15.46	19.84	21.02	474.99	567.46	166.01	9.11	213.93	46.91	46.49	26.85	31.68	7.17	1,734.44	
雨量	15.0	158.0	32.5	30.5	5.5	62.5	352.0	166.5	46.0	19.0	105.5	28.5	195.5	145.5	92.0	58.5		

※ 4月19日調査地設定

表-6 路面浸食土砂集計

調査地 IV

(土砂量単位: kg)

採取年月日	1985 4/20	5/21	5/27	6/10	6/12	6/20	7/2	7/17	7/25	8/19	9/14	9/21	10/11	11/5	11/10	12/6	計	
粒 度	5.0以上	2.96	1.72	0.23	0.39	1.19	0.28	17.57	91.30	5.05	1.08	1.08	0.77	0.35	1.24	2.67	0.54	128.42
	2.0	3.74	5.27	1.78	0.48	3.91	1.60	48.89	115.95	12.90	0.50	2.54	1.61	1.83	4.69	5.70	0.42	211.81
	1.0	2.33	8.06	3.33	0.72	3.49	2.57	50.15	95.40	12.55	0.42	3.22	1.28	2.27	3.68	4.31	0.38	194.16
	0.5	1.55	8.06	3.25	0.93	2.42	2.26	47.66	79.00	10.98	0.40	2.83	0.97	2.03	3.54	2.67	0.31	168.86
	0.25	1.31	5.59	2.17	0.72	1.84	1.42	42.01	62.60	9.76	0.40	2.59	0.85	1.75	2.21	1.93	0.27	137.42
0.25以下	4.29	10.54	4.57	3.40	6.94	4.27	94.02	109.74	30.51	0.88	13.24	3.69	5.68	5.89	2.58	0.65	300.89	
土砂計	16.18	39.24	15.33	6.64	19.79	12.40	300.30	553.99	81.75	3.68	25.50	9.17	13.91	21.25	19.86	2.57	1,141.56	
雨量	15.0	158.0	32.5	30.5	5.5	62.5	352.0	166.5	46.0	19.0	105.5	28.5	195.5	145.5	92.0	58.5		
備考							岩砕 搬出始	左記 作業中	左記 作業後									

* 4月19日調査地設定

表-7 路面浸食土砂集計

調査地 I

(土砂量単位: kg)

採取年月日	1986 4/23	5/19	5/22	6/27	7/15	7/16	8/2	9/4	9/26	10/14	計	
粒 度	5.0以上	7.04	1.82	0.13	1.65	32.41	0.26	37.28	1.01	2.81	1.00	85.41
	2.0	1.69	0.48	0.54	6.87	20.34	1.11	31.16	0.36	1.28	0.73	64.56
	1.0	1.20	0.79	0.79	8.79	20.02	1.51	22.37	0.23	1.58	0.95	58.23
	0.5	0.87	0.69	0.71	8.79	20.97	1.64	14.37	0.43	1.17	0.78	50.42
	0.25	0.68	0.42	0.48	7.70	19.70	1.19	9.05	0.21	0.85	0.61	40.89
0.25以下	0.79	0.67	0.45	10.99	7.63	0.75	5.06	0.31	1.14	0.90	28.69	
土砂計	12.27	4.87	3.10	44.79	121.07	6.46	119.29	2.55	8.83	4.97	328.20	
雨量		161.0	49.5	194.5	228.0	47.5	193.0	46.0	53.0	103.5		

* 4月23日調査地設定

表-8 路面浸食土砂集計

調査地 II

(土砂量単位: kg)

採取年月日	1986 4/23	5/19	5/22	6/27	7/15	7/16	8/2	9/4	9/26	10/14	計	
粒 度	5.0以上	1.03	0.22	0.03	0.56	4.14	0.12	2.22	0.21	0.14	0.11	8.78
	2.0	0.42	0.28	0.29	3.24	13.72	1.09	4.16	1.06	1.14	1.20	26.60
	1.0	0.48	0.80	0.59	3.89	11.81	1.32	8.73	1.49	1.62	0.91	31.64
	0.5	0.52	0.90	0.55	3.14	8.86	1.17	10.12	1.30	1.31	1.09	28.96
	0.25	0.65	0.88	0.40	2.96	7.97	0.78	12.20	1.23	1.55	0.69	29.31
0.25以下	1.32	2.77	1.14	17.95	12.84	1.87	16.08	3.62	4.73	3.65	65.97	
土砂計	4.42	5.85	3.00	31.74	59.34	6.35	53.51	8.91	10.49	7.65	191.26	
雨量		161.0	49.5	194.5	228.0	47.5	193.0	46.0	53.0	103.5		

* 4月23日調査地設定

表-9 路面浸食土砂集計

調査地 III

(土砂量単位: kg)

採取年月日	1986 4/23	5/19	5/22	6/27	7/15	7/16	8/2	9/4	9/26	10/14	計	
粒 度	5.0以上 ^{mm}	2.48	1.81	1.41	36.09	27.55	18.10	114.21	12.47	2.71	3.05	219.88
	2.0	1.19	4.69	3.88	44.21	52.64	22.33	88.20	13.21	7.67	4.42	242.44
	1.0	1.34	7.22	6.00	46.92	45.31	25.04	53.75	13.21	8.12	5.26	212.17
	0.5	1.09	7.57	5.53	57.72	38.58	13.57	45.36	11.37	13.08	5.89	199.76
	0.25	1.48	5.41	3.41	53.21	35.51	9.05	52.07	9.73	10.83	5.68	186.38
	0.25以下	5.35	19.12	13.88	109.16	56.95	12.68	68.00	14.30	28.88	13.37	341.69
土砂計	12.93	45.82	34.11	347.31	256.54	100.77	421.59	74.29	71.29	37.67	1,402.32	
雨量	—	161.0 ^{mm}	49.5 ^{mm}	194.5 ^{mm}	228.0 ^{mm}	47.5 ^{mm}	193.0 ^{mm}	46.0 ^{mm}	53.0 ^{mm}	103.5 ^{mm}		

* 4月23日調査地設定

表-10 路面浸食土砂集計

調査地 IV

(土砂量単位: kg)

採取年月日	1986 4/23	5/19	5/22	6/27	7/15	7/16	8/2	9/4	9/26	10/14	計	
粒 度	5.0以上 ^{mm}	4.46	0.72	0.06	5.11	151.18	2.67	73.81	3.12	0.91	0.78	242.82
	2.0	4.75	1.01	0.64	13.72	91.20	6.47	50.98	3.05	1.23	1.82	174.87
	1.0	3.96	1.41	0.77	19.10	57.60	6.36	29.31	2.41	1.21	1.71	123.84
	0.5	3.40	1.73	0.64	19.10	39.59	5.34	19.91	2.34	1.04	1.00	94.09
	0.25	3.19	1.66	0.42	11.84	42.01	3.80	18.17	3.69	0.93	1.00	86.71
	0.25以下	8.14	5.49	1.96	23.40	58.79	8.01	45.70	12.63	4.11	2.34	170.57
土砂計	27.90	12.02	4.49	92.27	440.37	32.65	237.88	27.24	9.43	8.65	892.90	
雨量		161.0 ^{mm}	49.5 ^{mm}	194.5 ^{mm}	228.0 ^{mm}	47.5 ^{mm}	193.0 ^{mm}	46.0 ^{mm}	53.0 ^{mm}	103.5 ^{mm}		

* 4月23日調査地設定

林道路面からの土砂の流出が多かった期間は、昭和60年では6月20日～7月5日、昭和61年では6月27日～8月2日の約1カ月の梅雨の期間であった。林道路面からの年間流出土砂量の約50%～90%の土砂が、この期間に流出している事が分かった。これらの期間中の降水量は、その年の全調査期間中の降水量の約40%～60%を占めている。また1時間当たりの降水量が10mm以上の強度となった回数は、昭和60年においては25回あり、そのうち18回が6月20日～7月25日の期間に、昭和61年には、19回のうち15回が6月27日～8月2日の期間に記録されている。各期間の時間当りの雨量強度の分布を示したのが図4～図13である。

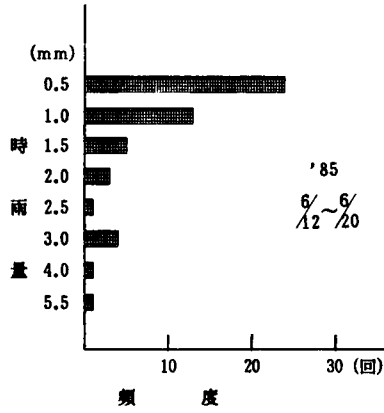


図-4 降水量の強度

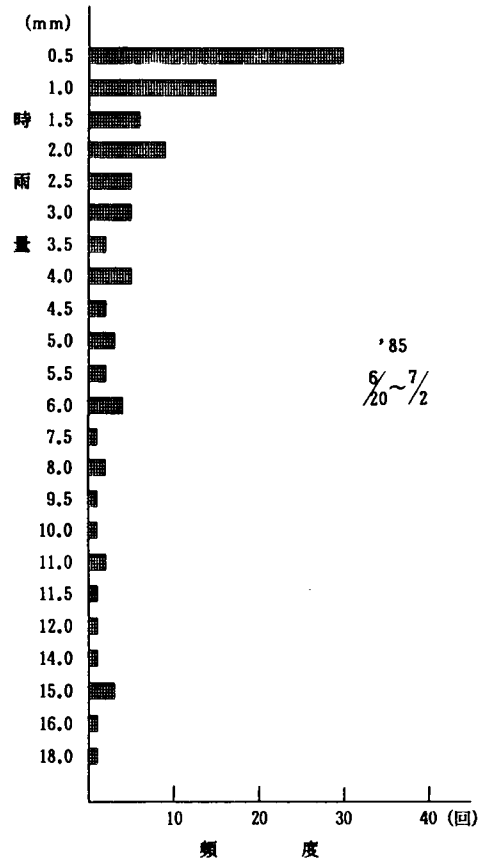


図-5 降水量の強度

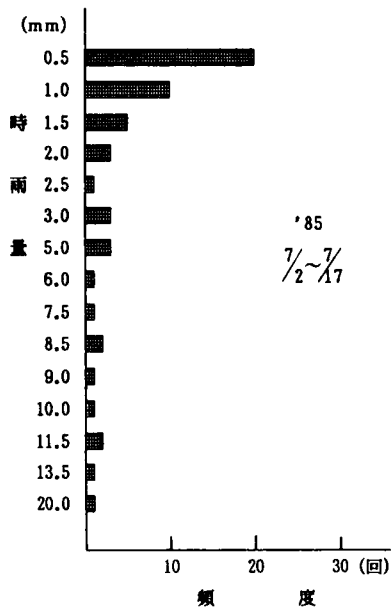


図-6 降水量の強度

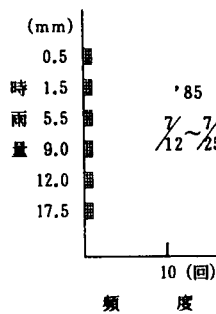


図-7 降水量の強度

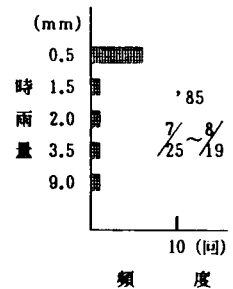


図-8 降水量の強度

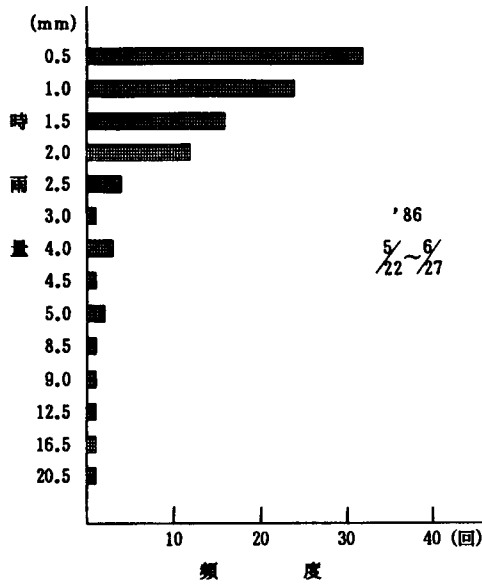


図-9 降水量の強度

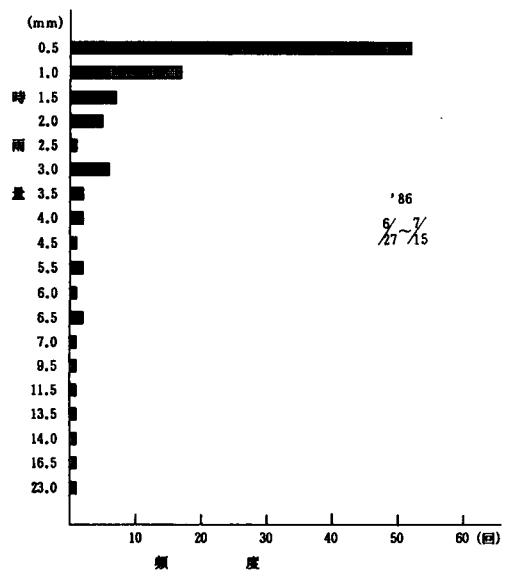


図-10 降水量の強度

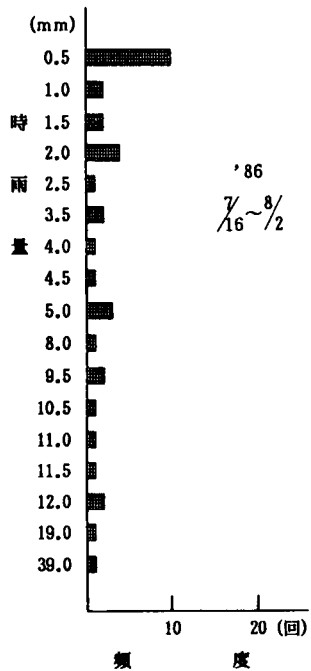


図-12 降水量の強度

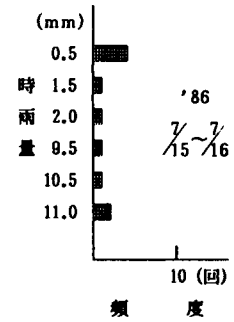


図-11 降水量の強度

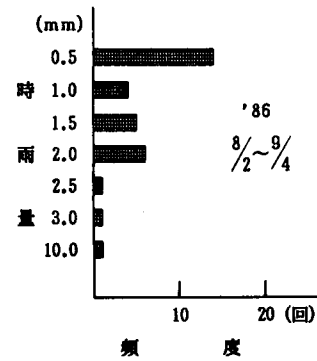


図-13 降水量の強度

つぎに、林道路面の浸食溝の変化について、昭和61年の測定結果にもとづいて検討してみる。
各調査地の測点番号の道路横断面の変化を示したのが図14～図21である。横軸は、路面横断方向

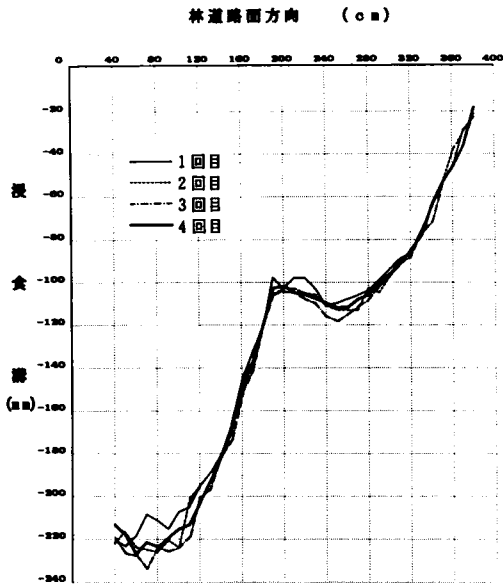


図-14 調査地Ⅰ-1

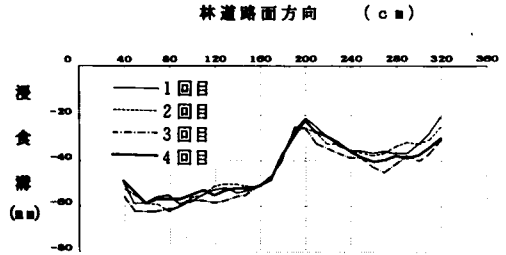


図-15 調査地Ⅱ-1

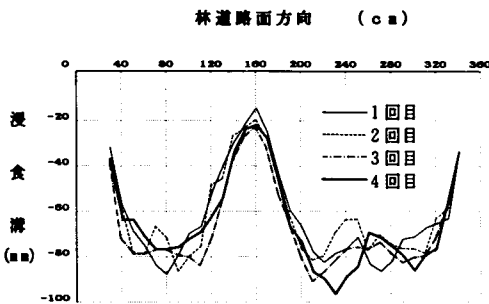


図-16 調査地Ⅲ-1

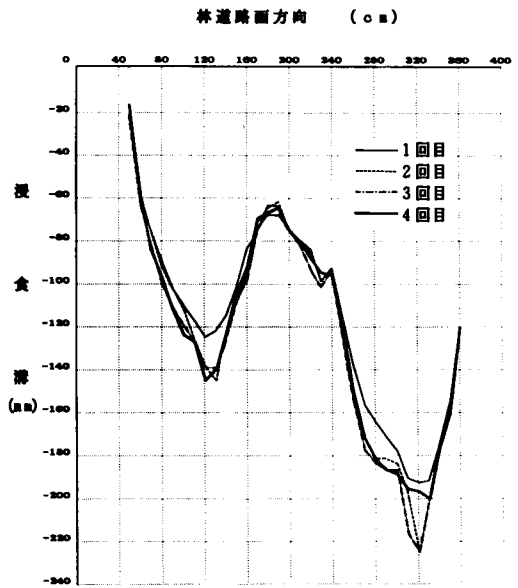


図-17 調査地Ⅲ-2

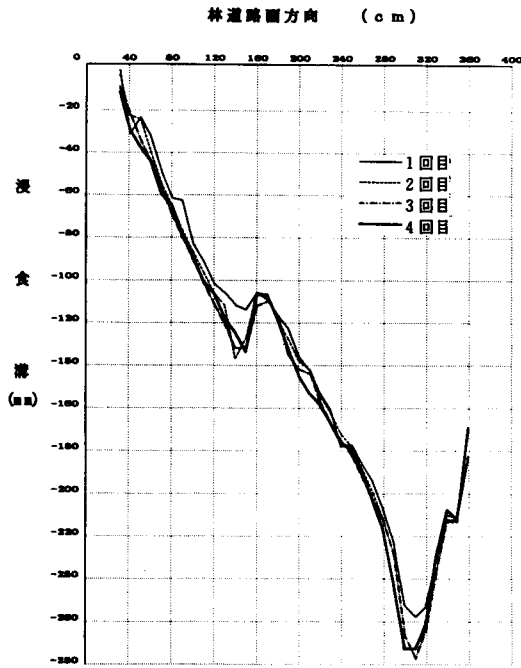


図-18 調査地Ⅲ-3

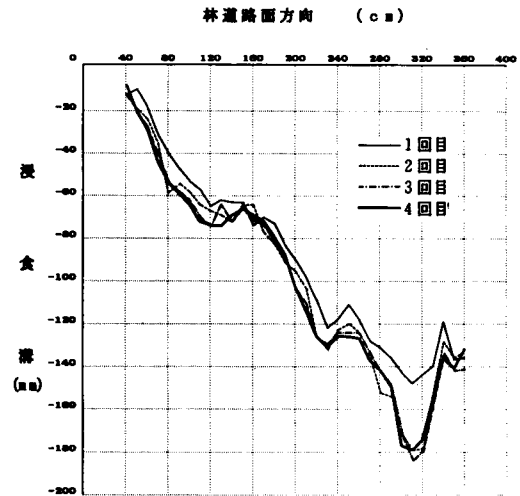


図-19 調査地Ⅲ-4

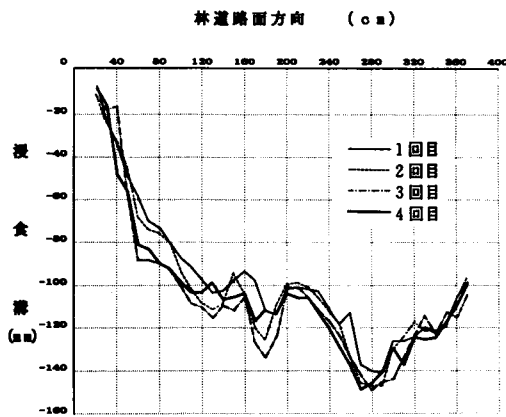


図-20 調査地Ⅲ-5

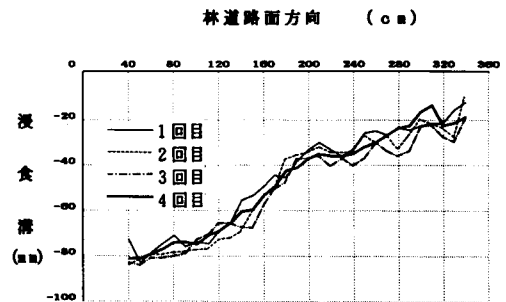


図-21 調査地Ⅳ-1

の長さ、縦軸は浸食溝の深さを表している。浸食溝の深さは、路面の道路横断方向の長さに対して20倍に拡大して示してある。測定は1回目は5月22日、2回目7月15日、3回目8月22日、4回目10月21日に行った。浸食の程度は、1回目の測定値を基準にして、浸食が進んだかどうかの判断を、水糸と路面とで囲まれた部分の断面積を各測定箇所ごとに求め、その面積と比較して求めた。すなわち、その面積が時間の経過とともに大きくなっていけば浸食が進んでいると判断することができる。求められた第1回目の面積を基準として、調査地Ⅲについて見ると、3回目の測定値との差が最大となった。その差は、測点番号(図2-2参照)1において15.45cm²、2では30.45cm²、3では24.75cm²、4では35.5cm²、5では30.6cm²であった。3回目測定値より見て4回目測定値について見ると逆に土砂の堆積が見られた。しかし、1回目と4回目の測点番号を比較してみると、測点番号1では9.75cm²、2では20.75cm²、3では23.8cm²、4では36.95cm²、5では25.5cm²とすべての路面断面において土砂が流出していることがわかった。このような傾向は他の調査

地でも同様であった。浸食溝の形を見ると、下流になるにしたがって路面浸食が轍跡に沿って、明瞭に進んでいる事が分かる。

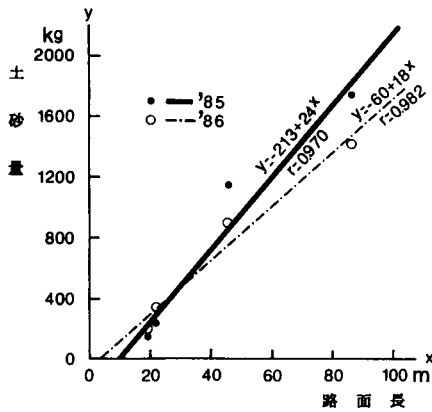


図-22 土砂量と路面長の関係

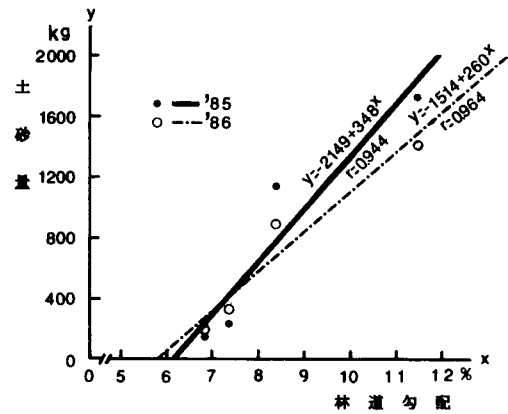


図-23 土砂量と林道勾配

林道勾配と路面長の違いによる流出土砂量は、林道勾配が急で路面長の長い調査地Ⅲでは年間1400kg～1700kgの土砂が流出している。一方、林道勾配が調査地Ⅲに比較して緩く路面長の短い調査地Ⅱでは、年間150kg～190kgの土砂量が流出している。各調査地の年間流出土砂量と、路面長、林道勾配の関係を示したのが図22、図23である。ともに高い相関関係にあることがわかる。昭和60年の場合の回帰直線式をもとにして、流出土砂量が年間約1000kgになる路面長と林道勾配を推定してみると、路面長50m、林道勾配9%となる。

おわりに

以上林道における路面浸食および流出土砂量についてのべてきた。その結果土砂量と林道勾配、路面長の高い相関があることがわかった。今後林道を集約的に維持管理していく場合、まず林道勾配と路面長から林道路面から発生する土砂量を予測し、それに対応して横断排水溝を布設すればより安定した路面の維持管理が行えると考えられる。

最後に、この調査をまとめるに当たり、深い御理解と適切な御指導を頂いた川那辺三郎教授、安藤信助手、丸山宏助手を始め、この調査を計画された宮崎大学演習林芝正己助手、北海道演習林渡辺康弘技官及び、芦生演習林職員の皆様に対し協力して頂いた事を付記し、感謝の意を表します。