林道路面の排水工法*

笹 賀一郎** 藤原滉一郎** 有働 裕幸**

A New Method of Drainage Work for Forest Road*

By

Kaichiro SASA**, Koichiro FUJIWARA** and Hiroyuki UDO**

要 旨

林道の路面排水の処理は，林道の維持管理上の大きな課題であり，同時に水源地帯の浸食防止・水質保全の面でも一つの課題である。

北海道大学中川地方演習林では，尾根筋や中腹斜面を通る林道の素掘側溝の洗掘・堆積を軽減する一つの方策として，1970年代の後半より〝分散側溝〟の作設を試みてきた。分散側溝とは，側溝の流末を自然の排水系の水みちまで導くことをせずに，側溝延長を短く設定し，水の集中量を小さくして側溝の洗掘を防ぎ，さらにその流末を根系網の発達している林床（ササ生地）に導き，水を分散・浸透させ，流出土砂を林内に堆積させる工法である（図—2）。

軟弱で水を含み易い蛇紋岩地域を通る既設の中川林道で，1980・1981年に従前の側溝にかえて分散側溝を試行したところ，4年を経過しても，ほぼ期待通りの機能を果たしていることが確認された。この報告では，この事例に加えて，分散側溝の考え方と分散の場としてのササ生地の集中水流下に対する対応について述べる。

キーワード： 林道維持，林地保全，分散側溝，浸透。

目 次

---

* 1986年2月28日受理 Received February 28, 1986.

** 北海道大学農学部附属演習林
College Experiment Forests, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

は じ め に

林道の側溝・路面の水処理は，林道の維持に大きく関るだけでなく，水質保全にも関係する問題である。

北海道大学中川地方演習林では，側溝を谷筋に集中させず，側溝を短かく分断してササ生地などの植物根系網の発達している場所に流水を拡散させて浸透をはかる方法を試行してきている。この水処理方法は中川地方演習林のこれまでの経営試験[2]のなかで経験的に積みあげてきた方法である。1980・1981年の中川林道の改修工事以降は，この形態の側溝の作設を意識的に追究し，分散側溝の作設方法とその効果に関する検討を行っている。

この報告はその一部であり，分散側溝の考え方と集中水流下実験によるササ生地の分散効果の確認の結果をふまえて，分散側溝の施工例について述べる。

この報告をまとめるに当り，懇切な御指導を賜り，共同の実験結果の使用を許していただいた北海道大学演習林長東三郎教授に深く謝意を表する。また，分散側溝の現地における施工を創意をもって実行した中川地方演習林の職員各位，ならびに実験や調査に協力していただいた砂防工学教室の各位に厚くお礼を申し上げる。

1.　林道の水処理の問題点

かつて，林道は木材搬出のための施設として森林鉄道と同じように位置づけられていた。1960年代後半より急速に発展した自動車輸送網の拡充の中で，山村地帯の公道網の整備が進展し，一方，モータリゼーションの普及も著しく，このような社会条件の変化をうけて林道の役割・機能は大きく二つに分れた。一つは林野庁の林道規定によって作設される自動車道であり，公道的な利用にも十分応じ得る，道路交通法の道路に該当する林道であり，広域基幹林道などがその代表例である。

もう一つは，山深い森林地帯の伐木造材・育林・諸調査・管理などに用いることを目的として作設された低規格の自動車道（以下，作業道という）である。森林内の諸作業は，かつては飯場に宿泊し徒歩で作業現場に通うという形であったが，作業道を整備し普通車あるいはマイクロバスで，自宅もしくは市街地の宿舎より通勤する形となった。この場合，林道は一つの作業場であり，車の走行だけでなく，駐車・木材等の積込み・作業器具の手入れ・短時間の休憩などの場としても使用される。通常，このような林道は一般車輌の通行を規制し，道路交通法の適用外の道路となっている。一般には，作業道あるいは経営道などと呼ばれているこれら

表—1　北海道大学　天塩・中川地方演習林の林道新設
Table 1.　Developements of forest road in Teshio and Nakagawa College Experiment Forests, Hokkaido University.

	総面積 (100ha)	自動車道・作業道の総延長* (km)			
		1960	1970	1980	1984
天　塩	226	19.3**	46.1	146	202
中　川	194	31.4	54.7	188	260

*　年度末の数値
**　天塩地方演習林長期計画　1985～1994　附表2より推算

の林道は，逼迫している林業労働力の確保また作業効率の向上という面からも，森林経営のための必須の条件として急速に整備された。北海道の場合は，青木等が高密路網を提唱してから[1]，やや時間をおいて路網整備が進んだ。これは，森林経営の面の条件整備や作業道の作設技術の確立などの問題もあったが，主なことは，冬期間の作業道の利用の問題で，市町村道等の冬期の除雪体制が確立されてからは，北海道の作業道の延長も急速にのびた。

北海道大学演習林の場合は，国有林・道有林あるいは東京大学北海道演習林などより，遅れて林道網整備に着手したが，1970年頃より施工量が大きくなっている（表—1）[7]。

林野庁の林道規定により作設される林道では，路面は山型であり，第27条に排水施設が定められていて，素掘側溝の場合も洗掘・浸食防止の措置をとるよう指導があり，必要な設計が可能である。しかし，作業道はその機能が異なり，作設経費が抑えられる。また林道としての構造の点でも，勾配が大きな場合や急な曲線部が多く，路面も十分な砂利路盤は少ない。作業道はこのような条件にあるため路面排水の問題を含めて，路面と側溝の水処理と浸食防止対策をとくに留意する必要がある。

山岳地の林道の場合，側溝にU字型コンクリートブロックや半円コルゲートあるいはL字型コンクリートブロックを用いても，勾配が大きく，また曲線部も多いことから，流水がジャンプし，溝外にあふれ，浸食をまねいていることをよく観察する。また切土法面からの浸出水が多いため，これらが側溝の外側を洗掘しながら流下する例もある。さらに，積雪地帯や土壌凍結地帯では，融雪水が多量に法面から流下するだけでなく，地形的要因も加わり，積雪が側溝部分に最後まで残り，側溝の機能を著しく低下させる例も多い。

素掘側溝の場合は，側溝の底部のみでなく側面にも浸食が生ずる。側溝の底部に大きな礫や岩盤，あるいは倒木・樹根などが介在することによって，局部的な浸食が生じ，これが引き金となって，浸食が下部や上部に進行する。そして浸食された土砂は，下部の緩傾斜部や障害物のあるところに堆積して側溝を埋め，路体の排水や，暗渠の横断排水施設の機能を低下させる。著しい場合は，横断管埋設部分などの軟弱な部分を全体的に洗掘し，車輌の走行不能な状態をまねくこともある。北海道の山地では，積雪のみでなく，多量の落葉が側溝などの凹部を

埋め，初冬や融雪期に思わぬ被害をもたらすこともある。

一方，上述の側溝の洗掘・浸食の問題は，山岳地の林道の維持の問題としてだけでなく，水利用や流域管理の面でも一つの障害となる。近年のように水利用が多様化し，環境保全が社会の強い要請となると，このような森林施業による水質の低下は，強い批判の対象となる。北海道の山村地帯でも，生活用水の上水道化が進んでいる。単に飲用のみでなく家畜用水としても多量に利用され，森林地帯からの流水がその水源として利用される例が多くなっている[3]。さらに，淡水魚の増殖や沿岸漁業などの面からも指摘されることが多い。

このような林道の水処理の解決策として，大河原は岩大式と呼ばれる新しい路体構造を創出し提案している[12]。これは，路床面に排水方向を決めて5～7％の傾斜を設け，その上に路盤や法面からくる浸透水を遮断して排水方向に流すマットを敷き，その上に砂利等の路盤を構築する方法である。岩手大学御明神演習林に設けた試験路では，山側側溝がなくとも計画通りの水処理ができただけでなく，轍部分の砂利と路床の土との混合（ローテーション）をマットが遮断することにより，砂利路盤の宿命である轍部分の維持・補修が著しく軽減されることを報告している。

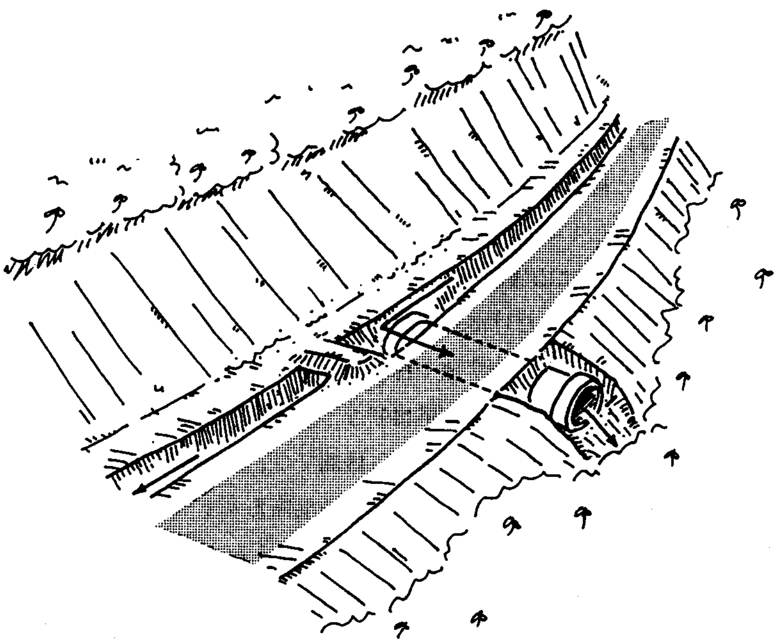
林道の新設・改修に当って，このような岩大方式の構築ができれば，林道の水処理の問題の大部分が解消し，側溝の必要性もなくなるが，既設の林道や路盤工を行わない低コストの作業道を対象に，水処理の一つの方法として分散側溝を考えている。

2.　分散側溝の考え方

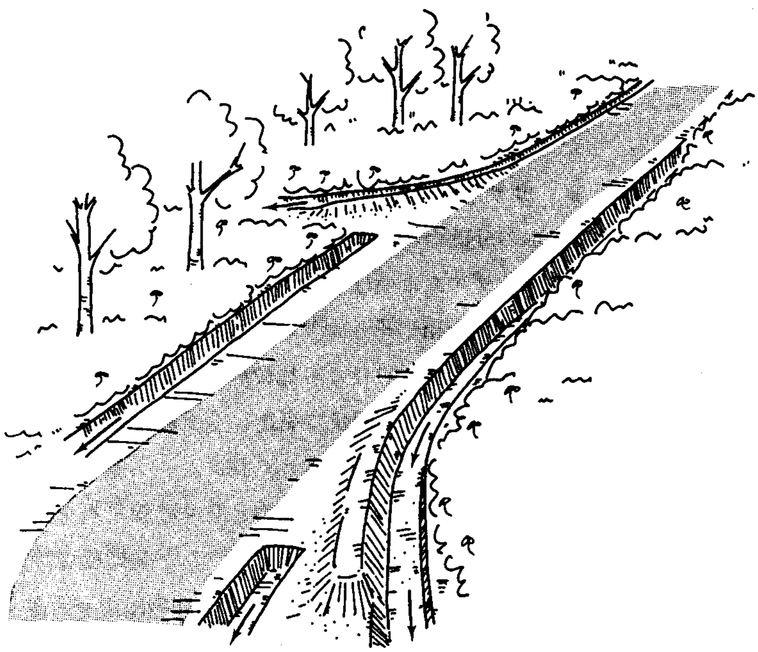
筆者等は，かって羊蹄山麓の土石流の流下・堆積の過程を調査する中で，土砂を堆積しても，集中水が流下すれば，この集中水は再び土砂を浸食して，小土石流となることを観察した。東は，火山山麓の土石流の対策は水と土砂石の分離が基本であることを明らかにし，拡幅部に長大スパンの全面放水路の低ダム群（土石分散ダム）を設けることにより、土石流を分散流下させ，その過程で土石を堆積させ水を滲透させる工法を提案し，これを〝分散工法〞と名付けた[5]。羊蹄山麓では，部分的な試みであったが，1965年以降，有珠山の南斜面の扇状地で全体的な工法として施工し，その効果を実証した[4]。さらに，東は，分散工法を荒廃渓流の砂防工法として発展させ，〝低ダム群工法〞を創出した[6]。

この分散側溝の考え方も，基本的には，この考え方の範疇に入るものである。道路側溝に集められ，浸食力をもち，あるいはすでに土砂を含んでいる集中水を広い場所に導き，水を分散流下させながら漸次浸透させ，その過程で土砂も堆積・安定させようという考え方である。

従来の工法では，側溝の水は，自然の排水系まで導かれ，そこで他の地表流水と一緒に河川の排水網に入る形となる。この方法では，地形によっては数100 m～1 kmも側溝の水を導く場合が生じ，多量の水が集まることになる。この長い導水区間には，急勾配部分や急な曲り部分も含まれることになり，このような部分で洗掘・堆積が発生する。



図—1　側溝の横断排水
Fig.1. A crosscutting drainditch.



図—2　分　散　側　溝
Fig.2. Dispersion drainditches.

また，仮に側溝の形をかえるほどの浸食がなくても，自然の排水系に多量の集中水が加わった場合，とくに上流部の一次水路などの場合は，それまで自然の流水量で形成されていた流路の平衡が破れ，新たな浸食・堆積などの流路変動を起こす原因となる。野渓状のところでは，このような例がみられる。そして，これらは下流まで細粒土砂を含んだ濁水として流下し，水利用上あるいは河川計画に複雑な課題を与えることになる。

中川地方演習林で試行している新しい排水方法の代表的な形態は，図―1および図―2に示した[13]。図―1の方法は，主に山腹斜面を横切っていくような作業道に作設している。作業道の山側に作設される側溝にできるだけ流水を集中させないために側溝を短く分断し，コンクリート管などで路面下を横断させて，ササ地や林内に拡散・浸透させようとする方法である。

図―2の側溝方式の多くは，作業道が尾根筋などを通過していく区間の排水方法として用いているものである。作業道が尾根筋を通過する区間では，尾根部を少し掘り込んで路面が作設されることから，路面は両側の地山より低い箱型の横断形をもつ形態になることが多い。このような区間では，路面や側溝の流下水の逃げ場がなくなるために，排水不良地となりやすい。とくに，本演習林の尾根部には蛇紋岩の出現する地帯が多いため，箱型になった排水不良地点では路面が泥濘化し，作業道の勾配が大きくなるような箇所では路面や側溝の洗掘が多発する。このような区間の水処理の方法として図―2の形態の側溝を作設しているものであり，作業道の両側に側溝を設け，それぞれの側溝を短く分断しながら末端部をササ生地に散らしている。本演習林では，とくに図―2の形態の側溝を狭い意味での分散側溝と呼んでいる。主な側溝の断面は上幅1 m～1.5 m，深さ30 cm～50 cmであり，急勾配部分や排水不良地では断面を比較的大きく作設するようにしている。

3.　ササ生地の集中水流下への抵抗力

筆者等は，林道側溝の集中水の分散の場所としてササ生地を選んだ。北海道の多雪地帯の大部分のところでは，林床はクマイザサあるいはチシマザサが優占している。クマイザサの場合，地上部の稈の成立本数は50～100本/m²，チシマザサの場合は15～50本/m²であって，他の木本類に比べて密度が大きく，土砂の堆積に対しても比較的強い抵抗力をもっている。また，地下茎が地表下5～30 cmの深さで立体的にも網状に発達し，土層は膨軟で水が浸透し易いだけでなく，集中水に対しても大きな抵抗力があると考えられた。

石川・鈴木[10]は，白老町社台台地の国有林内でササ生地とササの根系層を耕耘し除去した裸地区との広範な対比実験の結果を報告している。インターマウンテン型浸透計を用いたササ密生地の浸透能の測定では降雨強度が120 mm/hrまでは，ほぼ全部の降雨が浸透する。さらにササ密生地帯の土砂流亡阻止機能について，傾斜7.5度の裸地面で年10～28 t/haの浸食のあったところで3ヶ年の流亡土砂量を調査し，ササ帯の幅が10 mあれば，ほぼ土砂はこの中に堆積し，ササ生地の土砂流亡阻止効果が大きいと報告している。

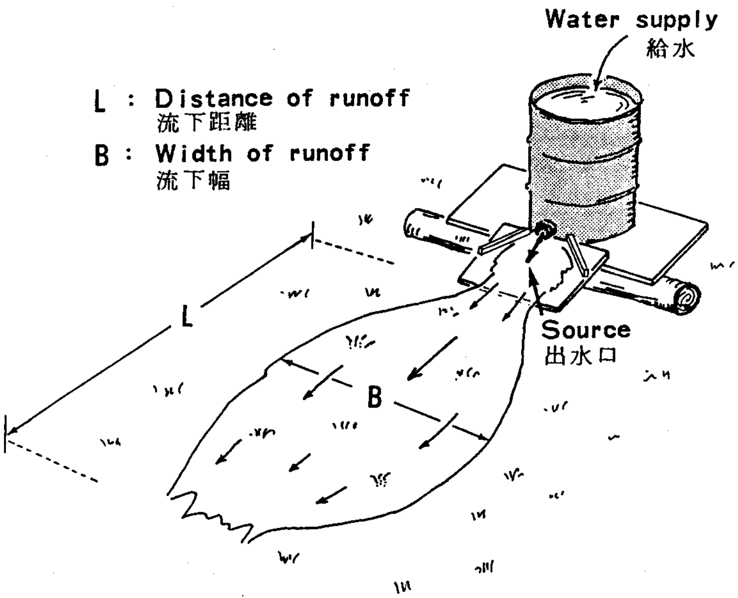
また，片岡・梅田等は[8]，北海道池田町ならびに天塩町の草地造成地域で斜面型浸透計でササ生地と草地の侵入度を測定し，池田町東台のミヤコザサの箇所では，500 mm/hr までは給水量のほぼすべてが浸透し，天塩町高台のチシマザサの場所では 300 mm/hr まではすべてが浸透し，400 mm/hr 以上になると若干の地表流下が生ずるが，草地と比べてササ生地の場合は降雨強度が大きくなるにつれて浸入度も大きくなると報告している。

筆者等も，円筒型浸透計を用いて，北海道内各地の林地の浸透能を測定したが，ササ生地の場合は，樹林地と同じ値を示すことを経験している[11]。

このような既往の成果を参考にして，集中水流下に対するササ生地の分散効果をみるため，次のような実験を行った。なお，この実験の主目的は，草地の集中水流下に対する対応を知るために計画したもので，流下実験はササ地と草地を主に行ったが，草地の資料は一部のみ掲げた。

集中水の発生は，図—3に示すようにドラム缶の下部に内径 30 mm の円型の給水栓をつけ，ドラム缶に満水して栓を抜きとる方法である。ドラム缶の水位は時間とともに低下するので流下量は，図—4に示すように時間とともに変化する。

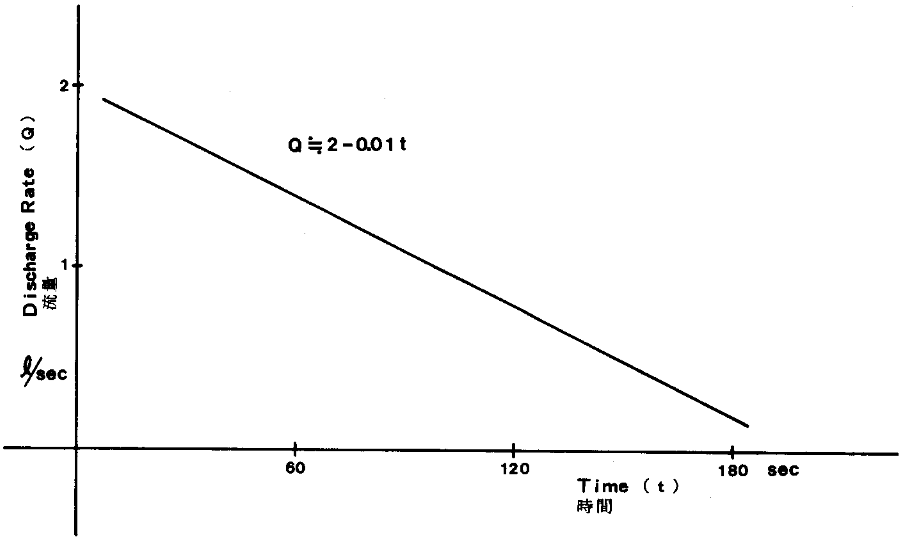
給水栓の下に，幅 70 cm・長さ 1 m の板を置き，流下幅を定め，噴出による浸食を生じないようにした。流下状態の測定はこの板の下端を給水線（流下距離測定の原点）とし，流下距



図—3　集中水流下実験装置（若井原図）
Fig.3. An experimental equipment for concentrated runoff. (pictured by Wakai)

離0.5～1 m毎に測定点を設け，そこに流下水の先端が到達する時間（給水開始後より）を測定した。流下幅は，測定点ごとに1回の流下実験終了後に湿っている部分を測定した。

この実験は，1985年8月に中川町町営大規模草地と稚内市宗谷丘陵の農用地造成地内で草



図－4 集中水流下実験の流下量
Fig.4. Discharge rate of the concentrated runoff.

表－2 集中水流下実験プロットの条件
Table 2. Conditions of concentrated runoff experimental slopes

場所		斜面				地被状態
		方位	平均傾斜 %	最大傾斜 %	観察斜面長 m	
中川	N－3	S	20	40	10	1977年草地造成，'79より放牧，オーチャード粗
	N－4	S	30	40	20	〃 ， 〃
	N－6	SW	14	20	20	1978年草地造成，採草地，上部はオーチャード良
	N－8	SW	13	18	10	〃 〃 〃 粗
	N－10	N	9	10	40	1980年新設の管理道，砂利路盤
	N－5	E	21	41	5	ササ生地 クマイザサ1 m²当80本 平均高1.2m
	N－9	SW	57	73	5	〃 クマイザサ・チシマザサ1 m²当60本 平均高1.8m
	N－9′	SW	57	73	2	N－9の下部2 m
宗谷	S－2	W	4	6	20	1985年造成 7月播種 裸地状態
	S－4	S	18	24	20	放牧中 被覆率70% 株立が目立つ
	S－1	S	25	40	3	ササ生地 チシマザサが主1 m²当70本 平均高65cm
	S－5	SW	37	40	3	〃 チシマザサ・クマイザサ1 m²当70本 平均高85cm

表—3　集中水流下実験の結果

Table 3.　Rusults of the runnoff experiments

	テスト No.	プロット No.	対象斜面長（m）	最大流下距離（m）	流下距離（m） 30秒	60秒	90秒	最大流下幅（m）	注
裸地	N—34	N—10	40	33.0	8.0	15.0	21.0	1.5	管理道，浸食あり
	S—3	S—2	20	7.5	3.0	4.2	5.4	1.4	
	4	〃	〃	10.6	3.1	5.0	7.2	2.1	裸地状態
	5	〃	〃	13.5	2.9	5.1	7.5	2.8	給水線より3m
	6	〃	〃	15.5	3.6	5.4	8.1	3.1	浸食あり
草地	N—4	N—3	10	10.0^{+}	3.2	5.4	7.1	2.9	下部法面に流下
	5	〃	〃	10.0^{+}	2.7	4.6	6.6	3.2	浸食はなし
	N—6	N—4	20	11.0	3.2	5.1	7.1	-	
	7	〃	〃	15.0	2.0	4.8	6.1	2.5	
	N—15	N—6	20	7.0	2.1	3.4	4.3	2.0	
	16	〃	〃	8.0	2.0	3.1	4.2	2.1	
	17	〃	〃	8.0	2.0	3.0	4.0	-	
	N—20	N—8	10	10.0	3.6	5.5	6.9	6.5	
	21	〃	〃	9.5	2.8	4.7	6.2	-	
	22	〃	〃	8.0	2.8	4.1	5.5	-	
	23	〃	〃	8.3	2.6	4.0	5.3	4.0	
	24	〃	〃	10.0^{+}	2.7	4.5	5.4	4.6	下部法面に流下
	S—10	S—4	20	12.7	3.4	5.4	7.2	3.6	
	11	〃	〃	11.6	3.3	5.0	6.6	3.0	
	12	〃	〃	12.0	3.1	4.8	6.6	3.0	
	13	〃	〃	11.0	3.3	4.7	6.4	3.4	
ササ地	N—8	N—5	5	2.0	0.6	1.0	1.3	1.2	
	9	〃	〃	2.5	1.3	2.0	2.4	-	
	10	〃	〃	3.0	1.4	2.1	2.6	-	
	11	〃	〃	3.0	1.4	2.3	2.8	1.5	
	12	〃	〃	3.5	1.4	2.3	2.8	-	
	13	〃	〃	3.5	1.2	1.8	2.5	-	
	14	〃	〃	3.5	1.4	2.3	2.6	1.5	
	N—25	N—9	5	1.5	1.2	1.5	-	0.8	
	26	〃	〃	2.0	1.5	-	-	0.8	40秒で地表流
	27	〃	〃	2.0	1.6	-	-	-	は消失（浸透）
	28	〃	〃	2.0	1.7	-	-	1.0	
	29	〃	〃	2.5	1.7	2.4	-	1.0	
	N—30	N—9′	2	2.0	1.3	1.6	1.7	0.9	下部断面に流下なし
	31	〃	〃	2.0	2.0	-	-	1.0	〃　に一滴
	32	〃	〃	2.0^{+}	1.7	-	-	1.0	断面のAo層湿る
	33	〃	〃	2.0^{+}	2.0	-	-	1.2	Ao層より流出すぐ浸透
	S—1	S—1	3	2.5	1.1	1.7	2.3	1.2	
	2	〃	〃	2.8^{+}	1.4	2.5	-	1.3	60秒後下部断面に
	S—14	S—5	3	2.8	1.2	1.8	2.3	0.8	
	15	〃	〃	3.0^{+}	1.5	2.6	-	1.9	77秒で観測断面に
	16	〃	〃	3.0^{+}	1.6	2.5	-	-	78　〃
	17	〃	〃	3.0^{+}	-	-	-	-	表土をいれ汚濁測定

注：1．最大流下距離欄の$^{+}$印は，観察対象斜面を僅かな量が越えた場合

2．下部法面：観察斜面直下部にある既存の切土法面

3．下部断面・観測断面：観察斜面の末端に設けた流下水観察用の土壌断面

地等を対比しながら行った。流下実験を行ったプロットの条件を表―2に，結果を表―3に示す。

農道の場合は，轍の部分を早い速度で流下し，細粒の土粒子を運び，白色に着色した水は20m位までは泥色を呈した。轍部分ではほとんど浸透せず，砂利が十分輾圧されていない道路中央部や路肩に流れた部分は急速に浸透した。

草地の場合，草の状態・放牧の有無で異なる流下状態を示すが，最大流下距離は7～15mであり，30秒での流下距離は2.6～5.4mで，平均3m位であり，ササ生地と比べると浸透量は著しく小さい。

ササ生地の場合，最大流下距離は1.5～3.0mであり，初回の最大値は2.8mである。また，30秒後の流下距離は0.6～2.0mで，平均1.5m位である。

上述のように，この集中水流下実験でも，ササ生地は大きな浸透能を示した。この集中水は，最初の30秒は約1.8 l/secであり，幅0.7mとすると約260mm/hrの給水強度となり，この地表流が，流下距離1.5～2.0mで消滅するということは，集中水の場合も平均して，200mm/hr程度の浸透能をササ生地がもっていることを示している。

さらに，繰返し流下しても流下距離が僅かしか伸びないことは，ササ生地の浸透能は集中水に対しても長時間その大きな値を維持することを示している。

また，側溝の流量を合理式で試算してみる。

$$Q=\frac{1}{3.6\times10^6}\ C\cdot I\cdot a$$

Q：雨水流出量（m^3/sec）

C：流出係数

路面・法面として0.8とする。

I：到達時間内の降雨強度（mm/hr）

到達時間を10分とし，

降雨強度は60mm/hrとする。

a：集水面積（m^2）

路面の幅員4mで両側に側溝があるとし，周囲はササ生地で地表流下はないものとする。

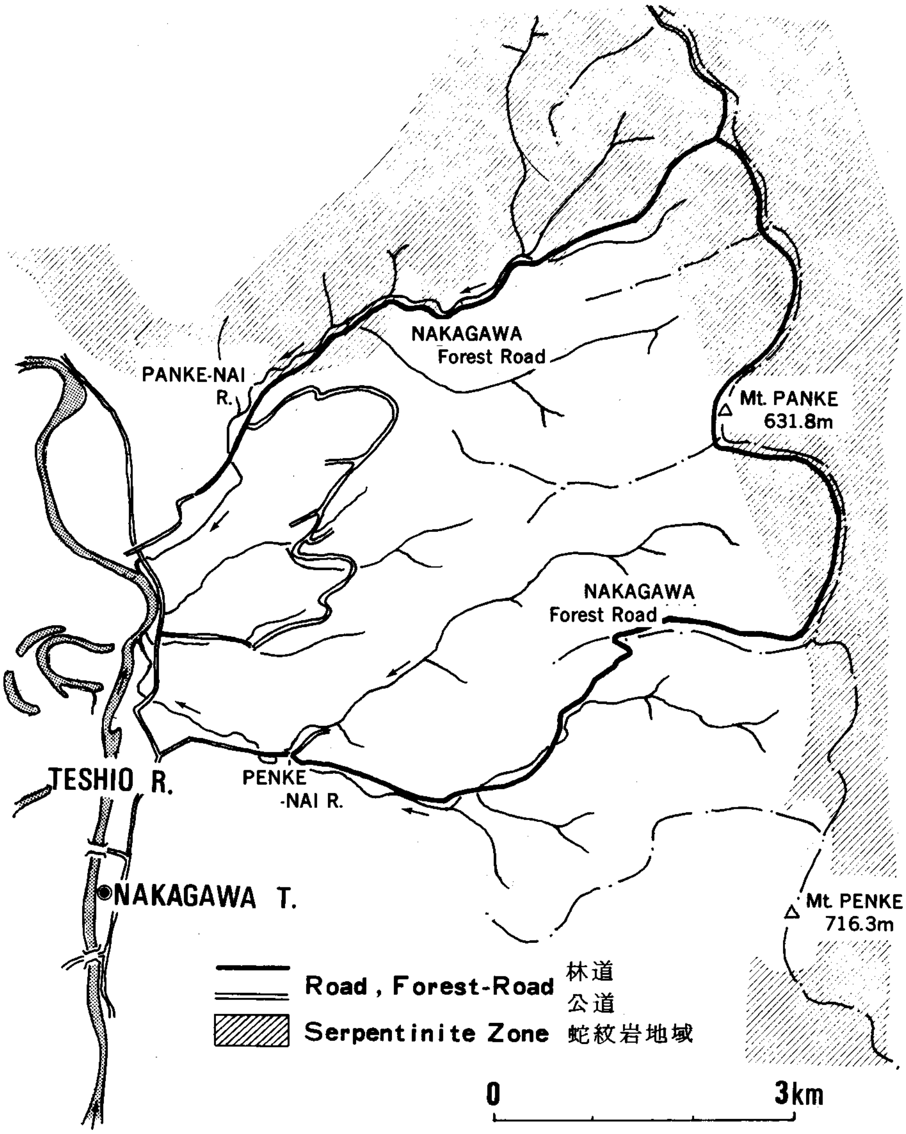
側溝延長を50m，側溝の上幅を1mとすると集水面積は150m^2となる。

この場合の側溝の最大流量Qは，2 l/secであり，集中水流下実験の当初の流下量2 l/secと同じ値となる。この試算では流出係数・降雨強度とも安全をみた数値であり，現実には側溝延長100m位までの最大流量は，この実験の流量とほぼ同じとみてよく，ササ生地は分散の場として十分耐えられることが確認された。

4. 分散側溝の施工例

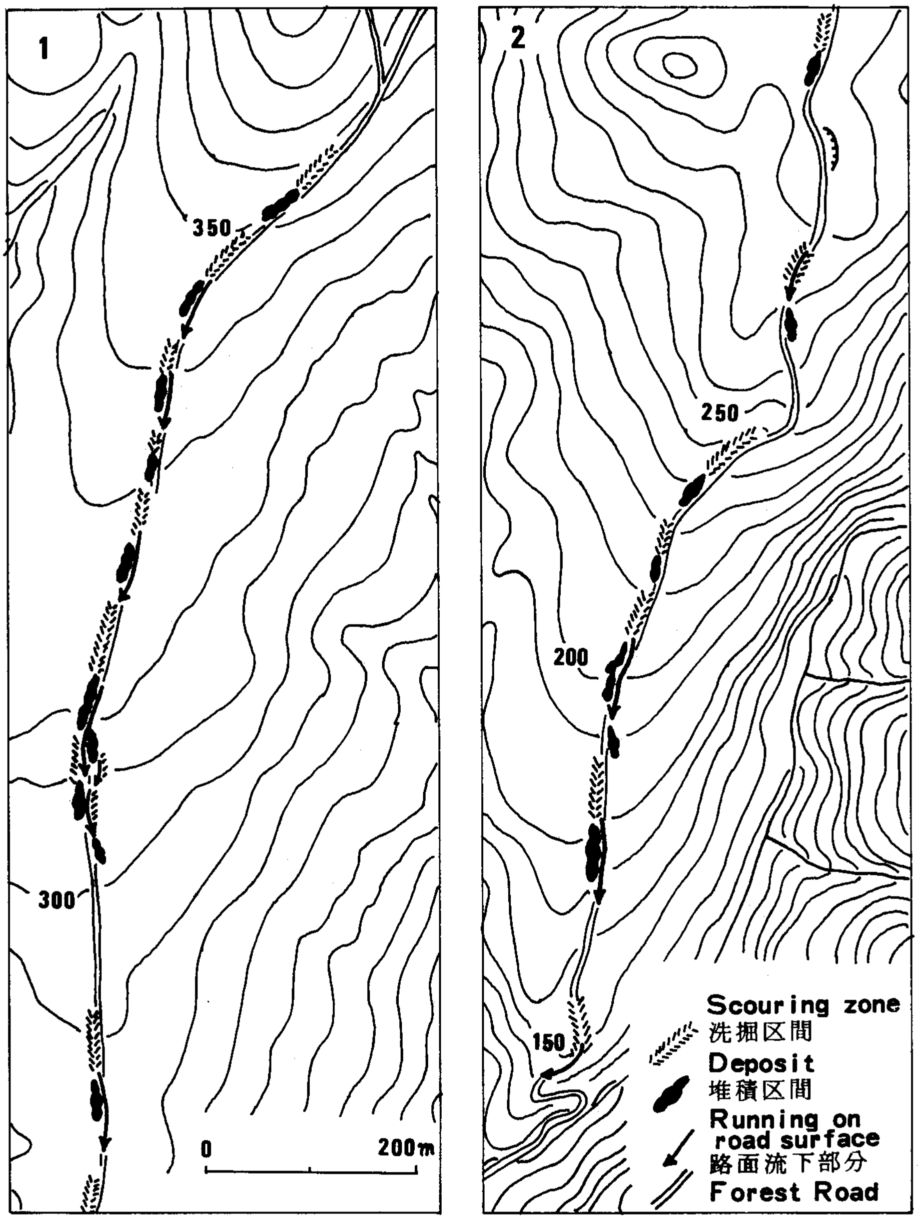
1) 中川林道の被害状況

中川林道は，図—5に示したように，パンケナイ（川）とペンケナイ（川）の両沢筋から尾根道をかけて結ぶように作設された作業道である。1959年から1963年までの5ケ年をついやして開設され，総延長は20.8 kmになっている。後述するように，開設以降にも道路の補修や手入れが繰り返されてきたが，1980年と1981年の2ケ年で全面的な改修が行われている。本



図—5　中川林道と蛇紋岩分布域

Fig.5. A map of Nakagawa Forest Road.



図—6　中川林道の洗掘と堆積（1980年）

Fig.6. A disaster zone on Nakagawa Forest Road by running water (1980).

報告で代表的に取りあげた中川林道の分散側溝は，この改修時に作設されたものである。

作業道はペンケナイ（川）・パンケナイ（川）の河川敷の標高約30mからパンケ山の頂上近くの約600mにわたって作設されている。地質は白亜紀の堆積岩を基盤としているが，パンケナイ(川)の右岸部流域からパンケ山の東側斜面にかけて連続的に蛇紋岩地帯が出現する[9]。こ

の地域の蛇紋岩地帯には旧地すべり地形も多くみられ，作業道の作設などといった土工の際には，地すべり堆積物の再移動や路面・側溝の洗掘・泥濘化などが多発する地域になっている[13]。中川林道はこの蛇紋岩地帯を中心に作設されており，蛇紋岩の尾根筋や急傾斜地には約 12 km の区間が入っている。この 12 km 区間を中心にして分散側溝の効果に関する調査を行った。

前述したように，中川林道は 1959 年から 1963 年にかけて開設された総延長 20.8 km の作業道であるが，蛇紋岩地帯を通過する区間は約 12 km で，全区間の約 60 %にもなっている。とくに蛇紋岩地帯の区間では流水による洗掘被害が大きく，土管やコンクリート管の布設・U字溝などによる路面の排水・路面と側溝の手直し・砂利敷込などが繰り返し行われてきた。しかし，開設後約 20 年になる 1980 年の時点では図—6 に代表的に示したように，側溝内の洗掘と移動土砂による側溝の閉塞や，側溝の閉塞地点から溢れ出た流水による路面の泥濘化あるいは洗掘が多発した状況になっていた。

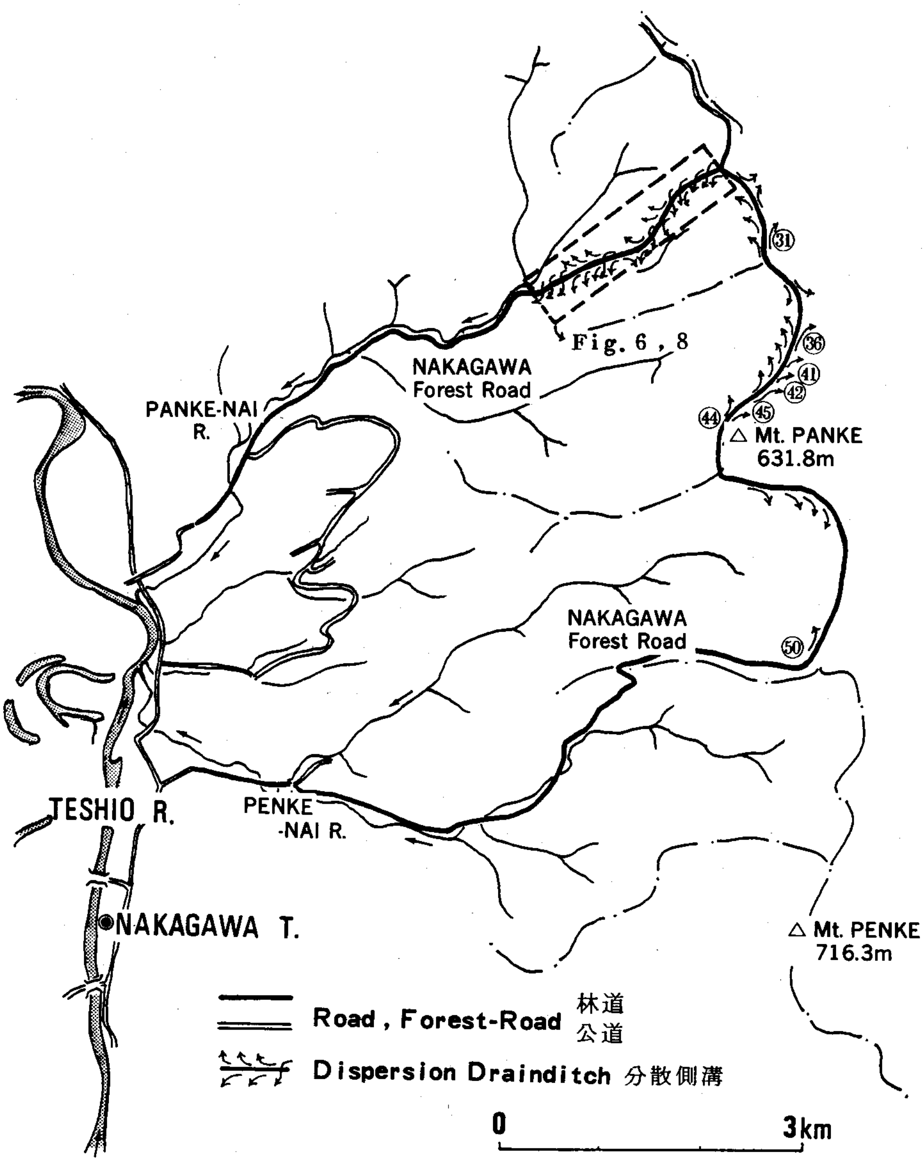
図—6 は被害の著しい約 2 km の区間を示したものであるが，この区間だけでも側溝の洗掘は 17 箇所，洗掘土砂の側溝内や路面への堆積も 17 箇所認められた。側溝の閉塞部から発生した流水の路面へのオーバー・フローと洗掘は 10 箇所で発生している。側溝内の洗掘の大きいものは 50 m 以上の長さで行われ，このような箇所での洗掘土砂は側溝内の勾配の変換地点などに堆積している。流水のオーバー・フローと路面の洗掘は，このような箇所を起点として発生していた。側溝や路面の洗掘と移動土砂の堆積は，ほとんど交互に発生しており，図示した作業道の全区間にわたって観察された。

改修前の側溝の大きさは幅 90 cm・深さ 50 cm ほどであったが，流水のオーバー・フローは移動土砂の堆積が側溝全体を埋めてしまった箇所から発生していた。すなわち，溝側内で洗掘された土砂は洗掘区域の下方の勾配の変換点などで堆積することになり，この堆積により側溝は閉塞される。側溝の閉塞が側溝断面の全体に及ばない範囲では，流水はその上を通過し側溝内を流下し続ける。堆積土砂が側溝断面の全体に及ぶかそれに近い状態になると，その地点から流水が溢れ出てくる。尾根筋の作業道は箱型の構造になっていることが多いため，溢れ出た流水は相対的に低い路面へ流下し，路面を洗掘していく。路面洗掘の激しい地点では，1980 年の時点で深さ 50 cm にもなっておりジープによる走行でも支障をきたすような状態になっていた。

このような状況にあった作業道に対して，1980 年・1981 年の改修にあわせて，分散側溝の試作を行ったものである。全体の分散側溝の施工位置を図—7 に示した。

2） 分散側溝の作設と現況

中川林道に作設した主な分散側溝は図—7 のようである。この図は作設した分散側溝の事例として，前出の図—6 との同一区間を代表的に示したものである。中川林道における分散側溝は本演習林で集中的に作設したものとしては始めてのものであった。そのようなことから，分断した各側溝の区間長は，地形・道路勾配・側溝形状などとの関連を考慮しているが，この

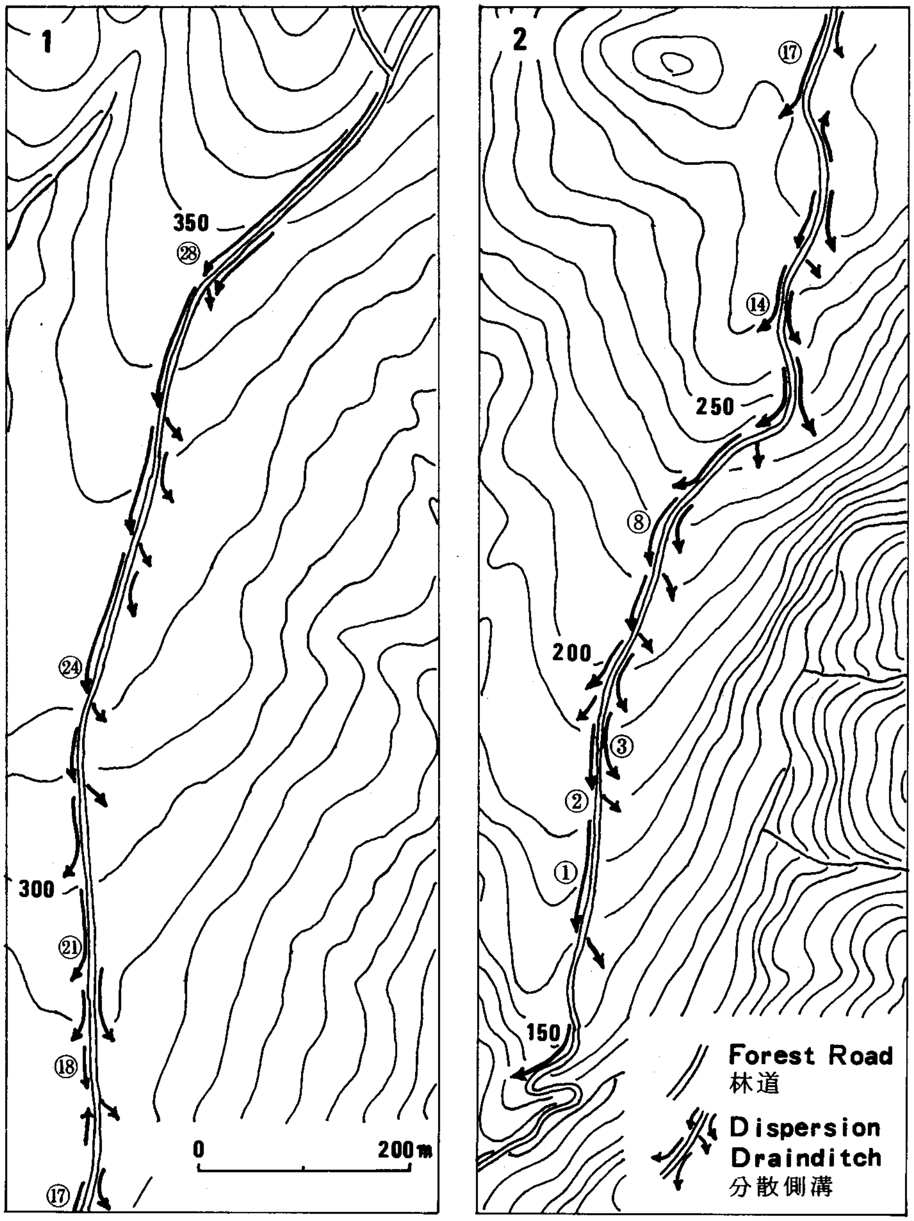


図―7　中川林道の主な分散側溝（1981年）
Fig.7. Dispersion drainditches on Nakagawa Forest Road.

場合は全く経験的な対応で決められ，表―4に示すように20～350 m と広範な値となった。

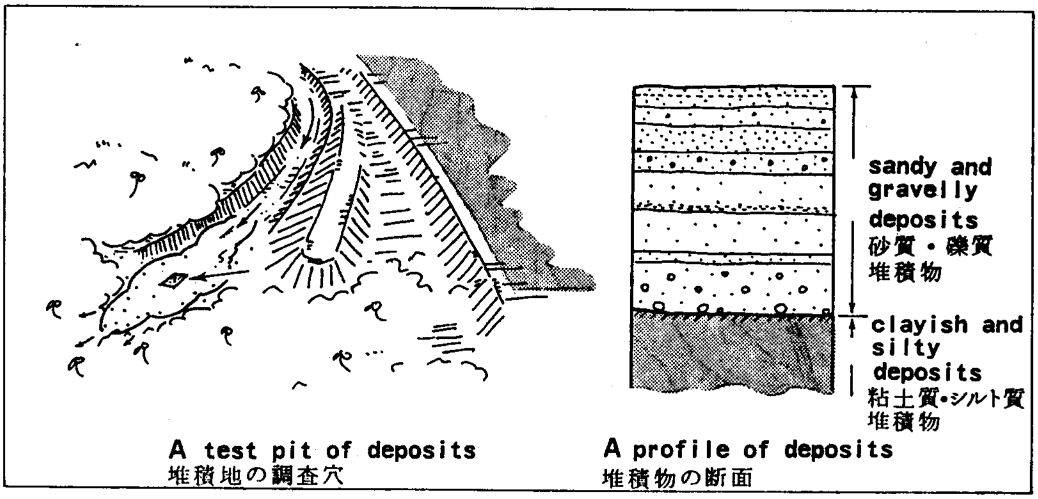
中川林道のうち図―8に示した約2 km区間では，比較的多くの分散側溝を作設しており，側溝は約30区間に分断されている。1985年7月に，作設後4年を経過した分散側溝の状況について調査を行った。

調査の内容は，図―9に模式的に示したように，各分散側溝ごとに延長と勾配・側溝や路



図－8　中川林道の分散側溝の作設例（1981年，図－6と対比）
Fig.8.　Examples of dispersion drainditch on Nakagawa Forest Road (1981, cf Fig.6).

面の洗掘痕跡・各側溝の末端部を中心とした流下土砂の堆積状況などである。あわせて，各分散側溝に集まってくると判断される流水の集水区域の測定を行った。流出土砂量は，各側溝の末端部を観察し土砂の堆積がみられるものについて，その面積と深さを測定して概算したものである。堆積土砂の深さについては，堆積地の平均と思われる地点に１～２箇所の穴を掘り，



図―9　流末堆積土砂の調査方法
Fig.9. Investigation of deposits at dispersion area.

その断面の観察から堆積深を測定した。掘削により側溝が新設された時点で底になった部分の土層は赤褐色や青紫色の粘土で構成されているのに対し，以降に堆積してきた土砂は砂質の堆積物で構成され，掃流運搬によることを示す横方向の層を呈して堆積していることで判別される。また，側溝末端部において，堆積部分が $0.1\,m^2$ 以下のものは流出土砂量を「なし」とした。各側溝の集水区域については，現地での測定と，1/5,000 地形図からの判読によって，その面積を概算した。

調査時点における分散側溝区間の状況は表―4に示した。中川林道の約 21 km のうち，蛇紋岩地帯に含まれ，しかも山地部に属する約 10 km 区間の側溝 50 箇所を対象とした。ただし，No. 1 から No. 28 までの側溝は図―6・8に示した区間に属するものであり，No. 29 から No. 50 はそれ以外の区域に存在する主な分散側溝である。

分散側溝の作設以来4年を経過した状況であるが，流下水のほとんどは分散側溝で処理されており，路面上の大きな流下や洗掘の痕跡はみられなくなっている。表―4にも示したように，側溝については僅かな洗掘の痕跡や，側溝末端部に小堆積地が形成されている箇所が認められた。このような側溝は約 30 箇所と分散側溝の 60 %になっている。ただし，図―10 に示すようにこれらの堆積地には $0.04\,m^3$ といったごく小さなものも含まれており，堆積量が $1\,m^3$ をこえるものは 10 箇所と全体の 20 %ほどであった。ほとんど洗掘のみられない側溝も約 20 箇所ほど存在し，洗掘箇所数・洗掘量ともに他地区の一般的な側溝と比べて大きな相異は認められないか，むしろ少ない値になっている。

また，分散側溝の末端部から下方にかけての林内には新たな流路が形成された痕跡も認め

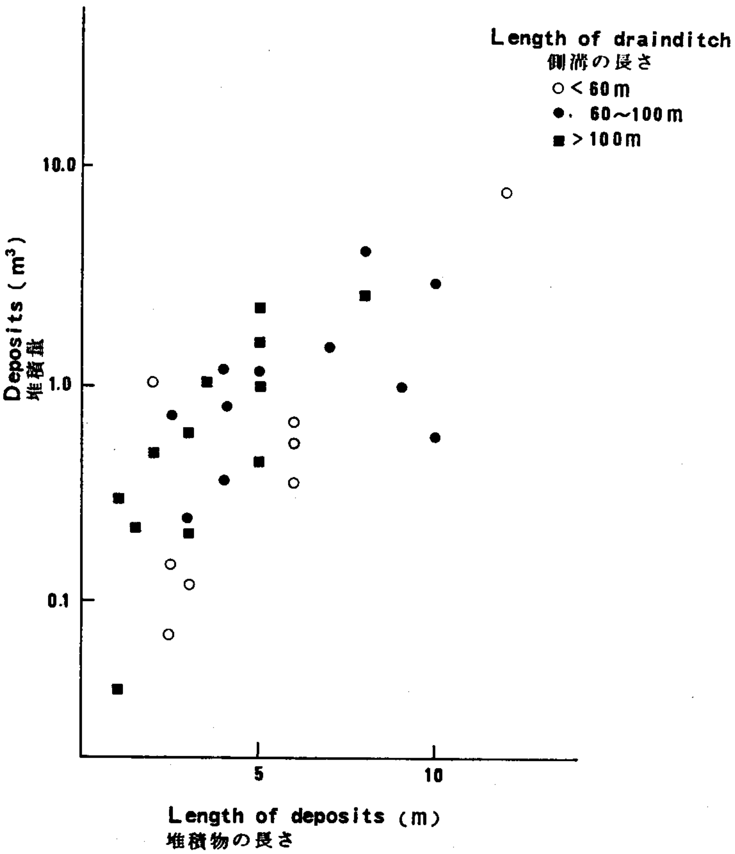
表－4　分散側溝の状況（'85. 7）
Table 4. Investigative results of dispersion drainditches in July 1985.

側溝 No.	延長 (m)	勾配 (度)	集水面積 (ha) (路面をのぞく)	堆積 (m^3)	土砂量 長さ(m)×幅(m)×深(m)
1	130	8	0.35	(なし)	
2	45	8	0.12	1.04	2×1.3×0.4
3	38	8	-	(なし)	
4	35	10	-	0.68	(4×0.8×0.1)+(6×1.2×0.1)
5	55	9	0.14	0.36	6×0.6×0.1
6	38	9	0.015	0.07	2.5×0.6×0.05
7	60	6	0.11	(なし)	
8	80	8	0.11	1.2	4×1×0.3
9	25	8	-	0.15	3×1×0.05
10	88	10	0.27	1.04	3×0.6×0.2
11	43	12	0.46	(なし)	
12	48	9	0.06	(なし)	
13	19	10	-	(なし)	
14	63	7	0.17	0.60	10×0.6×0.1
15	88	9	0.15	0.36	4×0.6×0.15
16	32	6	0.17	(なし)	
17	100	1	0.10	0.21	3×0.7×0.1
18	70	1	0.10	(なし)	
19	55	4	0.055	(なし)	
20	60	4	0.06	(なし)	
21	80	6	0.14	0.75	2.5×1×0.3
22	80	5	0.08	3.00	10×1×0.3
23	60	4	0.51	0.15	(2.5×0.6×0.1)×2
24	150	2	1.02	0.60	3×1×0.2
25	25	2	0.013	0.12	3×0.8×0.05
26	110	4	0.45	0.45	5×0.6×0.15
27	130	5	0.60	(なし)	
28	180	6	20.80	2.56	8×0.8×0.4
29	350	5	25.80	1.05	3.5×15×0.2
30	40	6	0.04	(なし)	
31	160	5	0.15	1.60	5×1.6×0.2
32	60	6	0.03	0.24	3×0.4×0.2
33	125	8	0.20	0.48	2×0.8×0.3
34	110	8	0.11	0.22	1.5×1×0.15
35	150	8	0.15	0.04	1×0.8×0.05
36	150	8	0.15	1.00	5×1×0.2
37	65	5.5	0.065	1.125	5×1.5×0.15
38	50	5.5	0.025	(なし)	
39	90	6	0.09	(なし)	
40	70	6	0.07	1.50	5×1.5×0.2
41	60	6	0.09	4.00	8×2×0.25
42	50	7	0.65	7.50	12×1.5×0.4
43	30	8.5	0.025	0.54	6×0.6×0.15
44	80	9	-	0.80	4×1×0.2
45	250	6.5	2.30	2.25	5×1.5×0.3
46	180	7	0.09	0.30	1×1×0.3
47	55	5	0.025	(なし)	
48	50	5.5	0.025	(なし)	
49	77	8	0.04	(なし)	
50	80	8	0.15	(なし)	

られなかった。側溝からの流下水はササ型の林床内を僅かに流下しただけで浸透してしまっている。これらの状況からも，分散側溝は現在のところその機能を十分に発揮していると判断することができる。

これらの調査において，洗掘土砂量がほとんどみられないか比較的少ない側溝については，1つの側溝の延長が 100 m 以内であること，路面を除いた集水区域の面積が約 0.1 ha 以内であることなどが共通点として認められる。延長が 100 m 以内で集水面積が 0.1 ha 以内でも 0.12 m^3～3 m^3程度の洗掘がみられる側溝も 10 箇所ほど存在するが，これらは分散側溝施工前の被害が著しかった区間や，地盤の軟弱化などで施工後に側溝の側壁部分に小崩壊を起こした痕跡のある側溝で観察されたものである。なお No. 41・No. 42 の側溝では，4 m^3，7.5 m^3と多い流出土砂量が測定されたが，この地点は地形的に集水区域が大きく，また積雪が遅くまで残る場所であることなどが影響したものと思われる。

堆積土砂の断面観察でも，下層ほど比較的大きな粒径の砂礫が含まれ，上層ほど粒子の小



図―10　堆積土砂量と堆積地の長さ

Fig.10. Relation between volume of the deposits and range of the deposits.

さい堆積層になっている状態が観察された。また，1 m^3ほどの土砂流出のあった側溝においても，その堆積面に草本類やヤナギなどの稚樹の侵入が認められるものが存在する。これらのことから，側溝の洗掘は施行直後に大きく，それ以降は次第に少なくなり，ほぼ安定してきている部分もあると判断される。

集水面積が小さく，ほとんど路面の流下水だけが集まるような側溝でも，流水が比較的多かったことを示す洗掘痕跡をもつものも数区間認められた。前述の集中水流下実験でも明らかなように，ササ地はかなりの浸透能をもっている。従って，側溝内に入ってくる流水については，路面を流下してくる水が大きな割合を占めているものと判断される。一つの側溝の延長が長くなり，排水対象となる路面の面積も大きくなると，その側溝には必然的に多くの流水が集まり，洗掘も発生しやすくなる。このようなことからも，側溝の一区間はできるだけ短かくし，流下してくる水をすみやかに林内に誘導して分散・浸透させることが必要である。また，集水区域が大きくなる地域においては，側溝を分断することによって，一側溝あたりの集水面積を小さくしていくことが望ましい。中川林道の場合は，図―10からも想定できるように，一般的には側溝延長は60 m以内が望ましいと判断された。

側溝の勾配は，作業道が車輌の走行を可能にする条件で作設されているため1度から12度程度であり，極端に大きな勾配にはなっていない。そのようなこともあり，本調査では側溝の平均勾配と洗掘の大小には余り関係がみられなかった。

おわりに

低規格林道の素掘の側溝の洗掘・浸食を軽減するため，側溝の延長を短かくし，その流末を自然の排水系でなく，ササ地に拡散放流する分散側溝は，最も自然条件が厳しいと思われる蛇紋岩地帯でも，ほぼ期待した機能を果していることが判明した。

分散側溝の設定し易い尾根や中腹以上を通る林道では，この工法は施工も容易であり，U字型コンクリート溝や横断排水を設けるよりも安価に作設できる。山地の場合，場所が異なると路体材料や降水から河川流出までの過程が異なるものとなり，この報告で述べたことの機械的な適用はできないが，道路側溝の流末の分散処理の考え方は普遍性をもつ。林道だけでなく，山岳道路でも排水系の攪乱を避けるために積極的に採用できる工法であると考えられる。

この一つの応用例として，北海道大学苫小牧地方演習林の谷筋の道路の水処理の方法があげられる。苫小牧演習林は火山砂礫が厚く堆積していて，林地の透水性が良く，北海道では多雨地帯の一つであるにもかかわらず，地表水の生ずることはほとんどない。しかし，谷筋の道路では，夏期の豪雨の際に路面上に地表流が生ずることがある。また，寡雪地帯のため土壌層が0.5～1.0 mの深さで凍結し，それは5月上旬まで残り，融雪期には不透水層となり，谷筋の道路に融雪水が集中し，流下する。これらの路面流下水を処理するため，道路傍に深い浸透池を設け，ここに路面流下水を導き，浸透させる工法を採用し，成果をあげている。

今後の問題として，今回は流末部分の洗掘や新たな水みちへの進行はみられなかったが，土砂が年々堆積した場合，ササの枯死の問題を含めて観察を続け必要な対策を講ずるようにしたい。また，側溝の浸食について，今回は平均傾斜・側溝延長・集水面積との関係しか検討できなかった。先にも述べたように，これらの要素では説明できない部分が多く，側溝の最大勾配・形状あるいは残雪の問題など関係する要素も明かにしたい。また，分散する場としてササ生地がない場合，人為的な工作物も含めて，どのような場所や工作物を選定すべきかなども今後の課題である。

文　　献

1．青木信三： 林業経営技術と高密路網． 創文，199 pp. 1983.
2．藤原滉一郎： 北海道大学演習林の経営試験計画の考え方． 日林北支講，32，16—18，1983.
3．藤原滉一郎： 水源流域の森林施業と生産技術に関する研究 ── 北海道大学演習林を事例として ──． 北大演研報，41(2)，423—460，1984.
4．東三郎： 流動土石の分散処理に関する考察． 新砂防，22(3)， 1—16，1970.
5．東三郎： 沖積扇状地の土石分散工法に関する研究． 北大演研報，30(2)，233—295，1973.
6．東三郎： 低ダム群工法 ── 土砂害予防の論理 ──． 北海道大学図書刊行会，387 pp. 1982.
7．北海道大学演習林： 中川地方演習林長期計画 (1985～1994)，天塩地方演習林長期計画 (1985—1994)． 北大演業務資料，20，41—99，1985.
8．北海道開発局農業水産部農業調査課： 草地開発の水収支への影響 ── 流出機構調査報告書 ── (昭和46～昭和57年度)． 287 pp. 1983.
9．猪木幸男： 5万分の1地質図幅「敏音知」及説明書． 地質調査所，47 pp. 1959.
10．石川政幸・鈴木孝雄： 土砂流亡防止林帯の幅について． 日林北支講，10，155—160，1961.
11．村井延雄・東三郎・藤原滉一郎： ブナ林水源地帯における流域保全に関する研究 ── 北海道天ノ川支流アッシナイ ──． 北大演業務資料，3， 3—53，1962.
12．大河原昭二： 山岳林林道における岩大式新路体の開発． 岩手大演報，17，53—68，1986.
13．笹賀一郎・有働裕幸： 北大中川地方演習林における地すべり堆積物と作業道． 日林北支講，32，280—283，1983.

Summary

The treatments of forest road drainditches and ruttings are an important subject on road maintenance. In addition, concentrated runoff and sediment loads from the drainditches and ruttings induce destruction of natural own characteristics of the river system, so that serious problems arise along with them on the watershed management.

To reduce scourings in the drainditch without protective covering such as sodding works, concrete-blocks or metallic frames, we contrived "dispersion drainditch", which is a method of forest road surface drainage. The "dispersion" means that concentrated running water from drainditch spreads over the forest floor and the water infiltrates into the soil layer, and sediment loads deposit on this area. The stands covered with dense Sasa-bamboos were selected for the dispersive area.

In the Sasa-bamboo growing stand where soil layers are firmed by root systems, water infiltration capacity and function catching sediment loads seem to be greater than that of

grassland reported in the previous studies. Our experimental results agreed approximately with them. A concentrated running flow at the rate of 1.8 l/sec for 30 second, as shown in Figures 3 and 4, infiltrated at a length from 1.5 m to 3.5 m.

The dispersion drainditches were experimetally constructed for the improvements of Nakagawa Forest Road passing surpentinite region from 1980 to 1981, and investigated in July 1985 (Figures 5,7 and 9). The results of the investigations are as follows.

(1) They have an effect on scourings in drainditches.

(2) In the dispersive area, the volume of deposits were 3m^3 or less, except only two examples (Figures. 10). The maximum length of deposits was 10m.

(3) On the forest floor near the dispersive area, surface erosion and new channel by scourings were not recognized.

(4) The witherings of Sasa-bamboos were not observed.

It is concluded that the dispersion drainditches shows good effects for road drainage. And we hope the concept of the dispersion drainditch would be widely used in forest road constructions.