



Title	種々の植生被覆のもとにおける流路の発達について
Author(s)	遠藤, 泰造
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 21(2), 425-452
Issue Date	1962-09
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/20809
Type	bulletin (article)
File Information	21(2)_P425-452.pdf



[Instructions for use](#)

種々の植生被覆のもとにおける 流路の発達について

遠藤 泰造*

Development of Water Ways Under Various
Conditions of Vegetational Covers

By

Taizo ENDO

1. ま え が き

規模、形態、流水のけい続性および水理諸量などをくらべると、地面上に発達した雨水の水みちまたは流路¹⁾にはさまざまなものがある。

崩かい地とか農耕地にみられるごく幅がせまくかつ浅いリル (RILL, 雨裂) とかりル²⁾の規模をおおきくした形状のガリ³⁾ (GULLY, 地隙あるいは浸食谷) も雨水の水みちである。また、曲折蛇行し平野部を貫流する石狩川とか天塩川も全流域から集った雨水の流路である。流路は集水区域から流水した雨水の排水路の役割を果している。同時に浸食された土砂が下流に移動する通路であり、流水が洗掘と土砂のたい積作用をいとなむ場処でもある。したがって、各種条件のもとにおける各級流路の発達のしかたをあきらかにすることは国土保全の立場からみても重要な課題である。ここに耕地、草生地および森林地における流路の発達状況を報告し、さらに末端の流路を含めた山岳地帯の流路の発達状況について報告した。なお、北海道林務部主任技師橋本幸一郎氏にこの調査の機会をあたえられ、林試北海道支場防災研究室石川政幸氏と同勝見精一氏に美英、富良野地区の調査に協力していただいた。なおこの報告をまとめるにあたり北大教授村井延雄博士にご教示を受けた。これらの方々に厚くお礼を申しのべる。

* 林業試験場北海道支場防災研究室員

- 1) 雨水がよせあつまって流れる細長い通路を広い意味での水みちまたは流路と呼んだ。したがって、流路はさらに河道、浸食谷、ガリ、リル、などに細別される。
- 2, 3) リルとガリを区別するげん密な定義はないようだ。耕耘によって復元できる程度の水みちをリル、できないものをガリとして区別した例もある。結局今のところ水みちの規模によって区別しているのがおおい。ここでは水みちの深さが30 cm程度以下のものをリル、それ以上のものをガリとした。

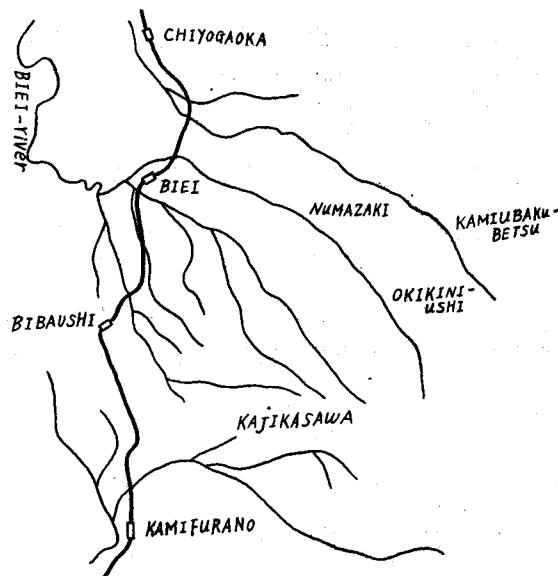
2. 植生被覆の有無と水みちの発達について

2.1 まえがき

一般に植生でおおわれた山野では、地表流による土壌の浸食はほとんどなく、水みちも発達しにくい。これに対して、裸地状態のもとでは雨水による土壌浸食がいちぢるしく水みちの発達にとって最良の条件におかれている。その代表的なものが傾斜農耕地にみられる多数の水みちすなわちリルである。1958年10月、上川郡美瑛町と空知郡上富良野町一円を調査し、傾斜耕地に発生した水みちに関する資料をえた。この資料にもとづいて裸地耕耘という条件のもとにおける水みちの発達について説明した。なを、土壌流亡の防止という面から傾斜耕地の下手には草生地とか林帯が設けられているので、草生地および林内に流入した水みちの消滅と発達状況についても報告した。

2.2 水みちの発達状況について

Photo. 3は耕地の下方につづくカラマツ林内の水みちの跡を示した。この斜面はNW 70°に面し、斜面の勾配は林縁から上に向って、0~20mは16°、20~50mは14°、50~66mは11°である。そして、その幅は120mである。頂上にあたる部分はカラマツの造林地で、畑地の下手につづくカラマツ林の地床勾配は19°である。したがって、斜面は下に向って勾配をまし、全体として一様な傾斜をした凸の地形をしている。カラマツ林分は1.8×1.8mの方形植栽で、胸高直径は5cmから12cm、樹高は8m前後であった。林床



第1図 調査地の位置図

Fig. 1. Location map of Observation areas.



写真 1. 傾斜耕地に発達した流路

Photo. 1. Numerous rills developed on a cultivated slope.

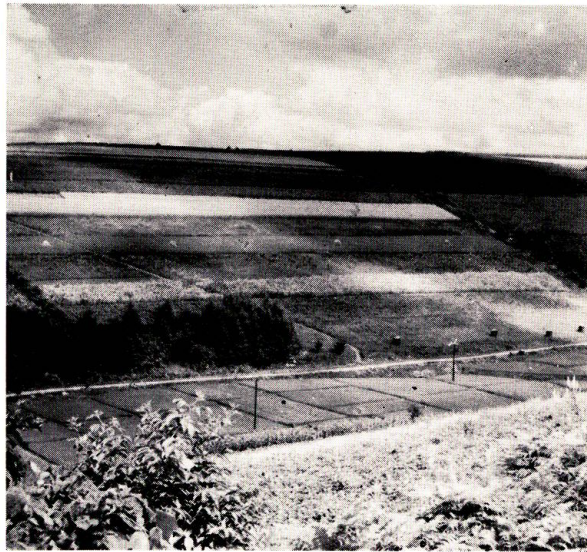


写真 2. 美瑛町沼崎附近の傾斜耕地

Photo. 2. A view of the cultivated slope, near Numazaki, Biei, in 1958.



写真 3. カラマツ林内の流路

Photo. 3. A water way developed on the ground of a forested belt.

の植生としてエゾヨモギ、フキ、ススキ、エゾハギ、ヒメジョオンなどがみられたが、散生しているにすぎなかった。畑地の斜面長は 66 m、その下のカラマツ林帯の長さは 25 m である。畑地の作物は小豆で、調査時にすでに刈りとられていた。斜面の頂上からおよそ 19 m のところ、すなわち耕地の上端から 13 m 下のところから斜面の方向と平行に多数のリルが発達していた。カラマツ林縁から上に向かって 3 m のところで 10 m の幅をとり、リルの数をかぞえたら 14 本であった。そのなかから 5 本のリルをえらび、リルの幅と深さを測定した。その結果を Table 1 に示す。

畑地のリルは幅 10 m に 14 本というかなり密に発生していたが、ほとんどのリルは林縁で消滅しており、流亡した土砂の一部は林縁にたい積し、盛土をした状態を示していた。しかし、林内にも地表流とともに土砂が流入し林床には流亡した土砂がうすく一様にたい積しているのがみられた。先にも説明したように、林内の下草はまばら

であったので、カラマツの落葉の上にもうすくたい積した土砂を測定することができた。畑地と林帯の境い目を基点とし、それから下手に向って斜面長をとり斜面長と土砂のたい積した深さを測定した。その結果を Table 2 に示す。

Table 2 からは林帯の長さがますますしたがって土砂のたい積はうすくなるという傾向はあきらかでないが、測定したところは林内でもっとも深く土砂が流入したところであっ

第 1 表 小豆畑のリルの幅と深さ

Table 1. Width and depth in cm of rills developed on a red bean farm.

番号 Numbers of rill	幅 Width (cm)	深さ Depth (cm)
1	12	3
2	15	6
3	12	3
4	13	3
5	12	4

た。部分的にみると、流入した土砂が10 m 程度でとどまっているところもみられた。林内では畑地にみられるようなリルの発生はみられないが、1本の流路が林帯をつき抜けて谷まで達していた。この流路はステップ状に洗掘しているが、小規模のものである。

Photo. 4 は畑地の下手にあるカラマツ

林内のガリを示す。この斜面は NE 40° に面し勾配は林縁から上に向って、0~25 m は 10°、25~50 m は 9°、50~116 m は 6°、全体として凸の地形をしている。

第 2 表 林内への流入距離と土砂たい積の深さ

Table 2. Distance flowed into the forest and depth of deposit soil.

林縁からの斜距り Distance (m)	土砂のたい積の深さ Depth of deposit soil, (mm)
5	3, 2, 1,
15	5, 3, 1,
20	0, 2, 1,
25	1, 2, 1,



写真 4. カラマツ林内の流路

Photo. 4. A water way developed on the ground of a forested belt.

作物は林縁から上に向って、0~25 m はアズキで、すでに収穫済みであった。25~86 m はナタネ、86~115 m はクローバ畑であった。カラマツ林帯の斜面長は 35 m、その下方は U 型の谷である。また、林床勾配は 18° である。したがって斜面は全体として凸の地形をなし、しかも畑地の流路を中心として 1 つの集水区域を形成している。Photo. 4 に示した流路は林縁から 45 m 上の畑地から林帯をつき抜け、さらに谷までに達している。林帯内の流路は、林縁から下に向って、2 m のところでは幅が 40 cm、深さ 17 cm、20 m のところでは幅が 30 cm、深さ 15 cm であった。そして流路の規模は谷に近づくにしたがっておおくなる傾向がみられた。カラマツの胸高直径の平均はおよそ 8 cm、樹高は 7 m 程度であり、林床にはほとんど草がなく、落葉枝の腐食がおよそ 1.5 cm の厚さでたい積していた。この流路の集水区域は、幅がおよそ 70 m、長さは 116 m で、集水面積はおよ

そ0.8 haである。強雨時にはこの程度の面積から地表流出があつまり流路が発生したものとみられる。集水区域の中央に流路が発生し、地表流は両側からこの1本の流路にあつまり、林帯をつき抜けたので、林床に土砂がたい積したところはみられなかった。Photo. 5, 6は畑地から流出した土砂が林縁にたい積している状況を示す。畑地の傾斜は 15° である。作物はデントコーンであった。畑地とカラマツ林帯との境いにはササが密生し、写真からもわかるように、土砂の流亡を防止している。

Photo. 5で、林縁にみられる白い部分は畑地から流出した土砂である。その1部をお



写真 5. 林帯の上縁にたい積した土砂
Photo. 5. Deposition of eroded soil at the upper edge of a forested belt.



写真 6. Photo. 5に同じ
Photo. 6. Ditto.

おきく写したのが Photo. 6 である。写真にみられるように、林縁に自生しているササで土壌の流亡が阻止されている。しかし、阻止された土壌はきわめてあらい砂で、こまかい粒子とか有機物は林縁のササのうすい処や低みのところから地表流とともに流亡している。こうした流路は林内に7カ所みられた。そして林内にも土砂がたい積しており、流路の跡もはっきりとみとめられた。だが、ガリまでに発達したものはなかった。Photo. 7, 8 はエンバク畑の Ril とその下方につづくカラマツ林を示す。斜面は NE 40° に面し、耕作地の全長は 59 m である。斜面の勾配は、林縁から上に向って、0~35 m は 16.5°, 35~53 m は 11.5°, 33~59 m は 6.5° である。また、林床勾配は 17° である。したがって、斜



写真 7. エンバク畑の流路, 見あげたもの

Photo. 7. A water way developed on a oats farm, looking up side.



写真 8. Photo. 7 に同じ, 見おろしたもの

Photo. 8. Ditto, looking down.

面は上にゆくにしたがってしだいにゆるやかになる凸の地形である。リルは林縁から上に向って32 mのところ、すなわちエンバク畑の上端からはじまり、17 mのところから急に拡大している。この場処のリルの幅は35 cm、深さは7 cm、林縁から3 m上のところのリルの幅は120 cm、深さは20 cmであった。Photo. 7はエンバク畑のリルを示す。畝はほぼ等高線ぞいにつくられているが、どうしても低みのところに雨水がよせあつまり、畝がやぶられ、流路が発達するようだ。Photo. 8は流路の流下する様子を示したものである。エンバク畑の下手はカラマツ林である。林帯の幅は31 mで、その下は道路である。カラマツの胸高直径はおよそ3 cm、樹高はおよそ4 mである。林床の植生としては、ススキ、ヒメジョオン、オオマツヨイグサ、フキなどが密生していた。そのほかにチモシー、レッド・クローバーが密生しているので、牧草跡地にカラマツを植栽したところであるとみられる。カラマツを植付けてからまだ間もないので林分がうつ閉するまでに到らず、陽生の下草が密生している。したがって、現状から判断すると、カラマツ林帯というよりは草本帯とよぶのが正しいことになる。林帯内の流路の発達状況を見ると、林帯の上縁から5 mのところでは幅が45 cm、深さは35 cmで砂礫層があらわれていた。6 mのところには流床に「鷗ツボ」があり、6.5 mのところでは流れが分散している。

Photo. 9, 10, 11, 12は美瑛町上宇莫別地区で観察した傾斜耕地のリルを種々の角度から写したものである。この斜面はSW 65°に面した農耕地で、頂部に若干の未かいこん地を残している。

下方はカラマツの造林地である。斜面は沢に向って一様に傾斜している。カラマツ林縁を基点とし、それから上の勾配を示すとTable 3のようになる。



写真 9. 傾斜耕地のリル。見おろしたもの

Photo. 9. Rills developed on a cultivated slope, looking down.



写真 10. Photo. 9 に同じ
Photo. 10. Ditto, looking aside.



写真 11. Photo. 9 に同じ
Photo. 11. Ditto, looking up side.



写真 12. Photo. 9 に同じ

Photo. 12. Ditte.

第 3 表 林縁からの斜距離と勾配

Table 3. Distance measured from the end of a forest towards the top of slope.

林縁からの斜距離 Distance (m)	勾配 Gradient (°)	備考 Note
0 ~ 20	18	農耕地 A cultivated land
20 ~ 40	15	"
40 ~ 60	13	"
60 ~ 80	13	"
80 ~ 100	10	"
100 ~ 146	10	"
146 ~ 206	6	未かいたん地 A uncultivated land

第 4 表 林縁からの斜距離とリルの数

Table 4. Distance measured from the end of a forest towards the top of slope and number of rills per 30 meter wide.

林縁からの斜距離 Distance (m)	幅 30 m にふくまれるリルの数 Number of rills per 30 meter wide.
3	23
20	23
40	24
60	25
80	29
100	25

カラマツ林帯の勾配は 21° である。林帯の幅は斜距離にして 45 m, その下手は沢までササが密生している。カラマツの胸高直径は 3 cm から 4 cm, 樹高はおよそ 4 m, 1.8×1.8 m の方形に植えた造林地である。林床にはクマイザサ, エゾヨモギ, フキ, ヒメジョオンなどがみられる。そのほかに, 除虫菊, クローバーが散生していた。林床植生と土壤断面とから判断すると, 農耕地にして一時使用されていたことがわかる。写真からわかるように, 傾斜の方向と平行に, 数多くのリルが斜面上に発生し, 調査して歩いたなかではもつともひどいものであった。Table 4 は幅 30 m にふくまれるリルの数を示す。

林縁から 3 m 上のところで, 8 本のリルをえらび, それぞれの幅と深さを測定した。その結果を Table 5 に示す。

第5表 リルの大きさ

Table 5. Dimensions of rills at the three meters up side from the end of a forest.

番号 Number	幅 Width (cm)	深 Depth (cm)	番号 Number	幅 Width (cm)	深 Depth (cm)
1	22	18	5	25	20
2	60	30	6	45	20
3	28	21	7	25	21
4	60	35	8	25	19

林縁から 80 m 附近から上にゆくにしたがってリルは浅くなり、流路の跡はうすれている。また、流路は畑地も林内もともにステップ状に洗くつしており、幅のひろは 60 cm 深さは 35 cm であった。耕地のリルはカラマツ林帯に流入し、植栽列間はほとんど全部がガリとなっている。林帯の上端から下に向って 10 m のところでは幅 30 m にふくまれるガリの数は 18 本、30 m のところでは 13 本であった。畑地のリルは林縁で合流したものもあるが、大部分はそのまま植栽列間に流入したものとみられる。林帯内の流路は畑地のものより規模がおおきく、流床はいちぢるしく洗掘されていた。林帯の下は谷までクマイザサが密生しており、林帯をつき抜けたガリはササ帯に流入し、そこで消滅している。この場合もササ帯にたい積している土砂は粒子があらく大部分が砂である。微細な部分は地表流とともにササ帯をつき抜け、河道に流入したものとみられる。この斜面は林縁から頂上まで斜距離にして 206 m もあり、このカラマツ林地も以前は耕地であった。Photo. 13 は置杵牛地区でみた、デントコーン畑のリルを示す。デントコーンは 90 cm に 2 株仕



写真 13. デントコーン畑内のリル
Photo. 13. Rills developed on a dentocorn farm.

立て、その下手はトウヒの林分である。トウヒの胸高直径はおよそ 15 cm、樹高はおよそ 10 m である。林床には枯枝と落葉がたい積し、クマイザサ、フキ、シダ、エゾヨモギなどが散生していた。林縁にはヨモギが密生し、土砂の流亡をとめている。畑地の傾斜は林縁から上に向って、0~20 m は 18°, 20~40 m は 17°, 40~57 m は 11°, 57~65 m は 3° であり、林床の勾配は 15° であつた。畑地のリルは林縁から 2 m 上のところでは幅 50 m に 37 本、20 m のところでは 41 本であつた。林縁から上に向って 3 m のところにおけるリルの規模は Table 6 のようなものである。また、リルはデントコーンの株間に発生し、リルの始端は斜面の頂上からおよそ 7 m 下から発生していた。

第 6 表 リルの幅と深さ

Table 6. Dimensions of rills developed on a dentocorn.

番号 Number	リルの大きさ Dimension of rill		番号 Number	リルの大きさ Dimension of rill	
	幅 Width (cm)	深さ Depth (cm)		幅 Width (cm)	深さ Depth (cm)
1	14	21	4	27	13
2	22	8	5	30	14
3	27	13	6	30	17

流亡した土砂は林縁のヨモギとササ帯でとめられ、さらに林内に流入した土砂は落葉とササにとめられ、5 m 位のところではかなりの土砂が林床にたい積していた。また、林縁からおよそ 20 m まで林床に土砂のたい積がみられた。しかし林内に流入の跡はみられたが、リルの発達した様子はみられなかった。



写真 14. 草地帯の流路、下方を見たもの

Photo. 14. A water ways developed on a grassed belt, looking down.

Photo. 14 は草地帯のリルを示す。この写真は小野ノ沢上流で写したものである。農耕地の斜距離は草地の上端から頂上まで 103 m である。Table 7 に草地の上縁からの斜距離と勾配を示す。

第 7 表 傾斜耕地の勾配

Table 7. Distance measured from the end of a grassed belt toward the top of slope and gradient.

草地の上端からの斜距離 Distance (m)	勾配 Gradient (°)	備考 Note
2 — 22	15	作物は小豆, すでに収穫済み。 After the harvest. A red bean farm.
22 — 42	12	
42 — 62	12	
62 — 71	9.5	作物はソバ。 A buckwheat farm.
71 — 103	5	

Table 8 に畑地に発生したリルの大きさを示した。リルやガリは普通ステップ状に洗掘しているので、流路の幅と深さが下にゆくにしたがってましてゆく傾向はそれほどはっきりしない。この場合でも、斜距離が 20 m 位のはんえでは多小上にゆくにしたがって小さくなっていることがわかるにすぎない。

第 8 表 小豆畑のリルの幅と深さ

Table 8. Width and depth of rills developed on a red bean farm.

草地の上端からの斜距離 Distance (m)	リルの番号 Number of rills					
	1		2		3	
	幅 Width	深さ Depth (cm)	幅 Width	深さ Depth (cm)	幅 Width	深さ Depth (cm)
3	30,	9	45,	9	40,	10
10	40,	7	35,	12	35,	5
15	30,	8	30,	11	20,	12
20	30,	8	25,	8	30,	12

畑地のリルはかなり密に発生しているが、土砂は草地の縁で大部分がとまっていた。普通、畑地と林縁または草地との境には流出した土砂がたい積し、土が盛られた恰好になっていることがおおい。流出した土砂がたい積するばかりでなく、耕耘のさいに天地返しされた土が自然に盛土した状態をつくりだすのかもしれない。ここでも、草地の縁の小さな盛土で流出した土砂の大部分がくい止められていた。そして、さらに流入した土砂は 6 m のところで分散し、その附近まで土砂がたい積しているのがみられた。草地帯の幅は斜距離にして 44 m である。勾配は草地の上端から下に向って、0~25 m は 18°, 25~44 m

は 21° である。また地床にはススキとエゾヨモギが密生し、そのほかにチモシーとオーチャードがみられた。ここも最近まで牧草地として利用されていたようだ。現在はバッコヤナギの造林地である。樹高はせいぜい3m、直径は2cm程度で、植えつけてから3年になるとのことであった。そしてヤナギを植える前にカラマツを植えたがネズミの食害を受け、その後改植したと所有者が話してくれた。現在は見かけは草地であり、実体も今のべたような草地帯とみるのが正しいだろう。以上は林帯が傾斜耕地の下方に介在しているところをあげ、森林と裸地とを対比しながら水みちの発達状況を説明した。なおこのほか



写真 15. 草地帯によるリルの発達阻止。下方を見たもの。

Photo. 15. Checking developed rill with a grassed belt, looking down.

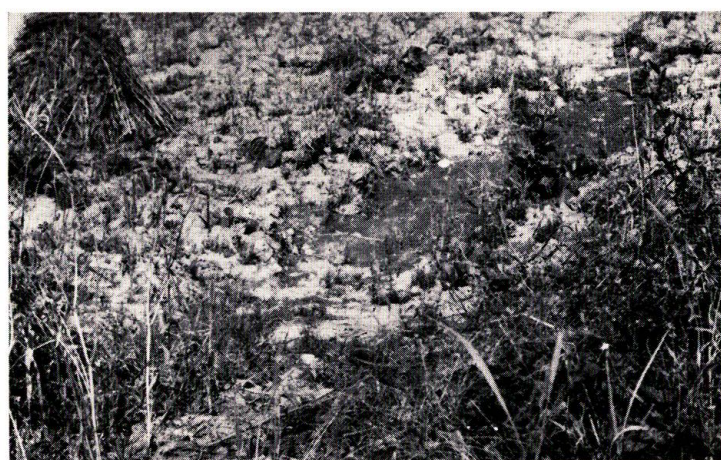


写真 16. Photo. 15 に同じ。下方から見たもの

Photo. 16. Ditto, looking up.

に傾斜耕地の下方には牧草地あるいは草地が介在しているところもすくなくない。先にも説明したように植栽して間もない林分は充分にうつ閉するまでにいたらないので、林床は草本類でおおわれているのが普通であるし、うつ閉した林分でも林縁および林床には草本類がはん茂し、土砂流亡と流路の発生を阻止するのに役立っているのが実情である。それで林帯ばかりでなく、草地とか牧草帯についても調査を行ったので、2, 3の例をあげて状況を説明しておこう。Photo. 15, 16は畑地のリルがクローバー畑に流入し、そこで消滅している写真である。Photo. 15は斜面の上方から見たので、頂部はバレイシヨ畑、その下はソバ畑で、どちらの作物も収穫済みであった。Photo. 16はリルがクローバー畑に流

第9表 傾斜耕地の勾配

Table 9. Distance measured from the end of a grassed belt toward the top of slope and gradient.

牧草地の上縁からの斜距り Distance (m)	勾配 Gradient (°)	備考 Note
6 ~ 28	11.5	作物はソバ A buckwheat farm.
28 ~ 50	10	
50 ~ 65	4.5	バレイシヨウ畑 A potato farm.

第10表 リルの発達状況

Table 10. Dimensions of a rill at given distance measured from the end of grassed belt.

草地帯の上縁からの斜距り Distance (m)	幅 Width (cm)	深さ Depth (cm)
2	85	18
5	70	19
10	230	13
15	140	10
20	60	15
25	50	25

入し、そこで消滅しているのを示す。Photo. 16は下方からみたものである。

牧草帯の上縁から斜面のピークまでの斜距離は65mである。このリルの大きさはTable 10のような規模のものである。

流床はステップ状に洗掘され、土壌は完全に流亡し、底盤土があらわれていた。クローバー畑に流入したリルはおよそ5mで消滅し、地表流とともに運搬されて土砂はクローバー畑に分散し、たい積していた。なおクローバーの地被密度は80%であった。Photo. 17, 18は美瑛町沼崎地区でみた畑地のリルを示す。斜面の向きはNE 40°, 流路の勾配は14°である。斜面長は畑地が77m, その下方



写真 17. 草地帯によるリルの発達の阻止。下方を見たもの

Photo. 17. Checking the rills development with a grassed belt, looking down.

は、ツクサ、タデ、チモシーを主とする草生地である。草生帯の幅は32 m、その下にカラマツ林帯が介在し、沢までつづいている。この例では草地に流入した流れはただちに幅3 m程度に分散し、流床の土壤浸食はみられない。そして20 m程度のところで再び流れがよせあつまり、林帯に流入している。草生地がリルの拡大を防止しているよい例である。

2.3 考 察

以上は傾斜耕地で観察した流路の発生状況について説明した。畑地の土壤流亡の過程をみると、ほとんどの場合水みちの発達によるものである。小規模の水みちの発達はほとんど局所的な地形に支配される。水みちの発達という面から調査した地形を区別すると、2つにわけられる。1つは沢に向かって1様に傾斜している地形である。この地形を平衡型傾斜地と名づけておこう。今1つは傾斜地が全体として集水区域を形づくる地形で、かんたんに集水型地形とよんでおこう。集水型地形には中央の低みの勾配、すなわち水みちとして発達するところの低みの勾配が全体として斜面の下にゆくにしたがって急になるものとゆるやかになるものがありまたS字型のものもある。いずれにしても、集水型地形では集水区域全体から中央の低みに雨水がよせあつまってくる地形である。平衡型傾斜地の水みちは傾斜の方向とはほぼ平行に発達する。これは自由表面をもった流水の性質から考えても当然である。ごく平らな傾斜面では地表流はく層流となるが、畑地では地表流の規模に対して地表面の凹凸がきわめてあらいでどうしても水みちが発達する。Photo. 3とPhoto. 9は平衡型傾斜地の例であるが、リルの数は幅は10 mに14本と幅30 mに23本から29本である。すなわち、幅0.8 mに1本というような割合で互いになり合った平行な流路がいくつもならんで発達しているのがみられる。Photo. 3の斜面では耕地の上端から13 m下から、Photo. 13の斜面では7 m下からリルがはじまっている。このように、傾斜勾配が、 15° から 20° という傾斜地では頂部のごく下からリルが発達しているのがとくに目立っている。調査の結果から HORTON, R. E. のような非浸食地帯という考えは実際問題にならないように見うけられた。土壤流亡の過程からみると、リルの発達と消滅はもっとも大切なものであり、防止林の機能を十分に発揮させるには土砂をふくんだ地表流を林内に一様に分散させることである。この原則からみると、平行型斜面は流亡土砂を阻止するのにもっともよい条件をもった地形

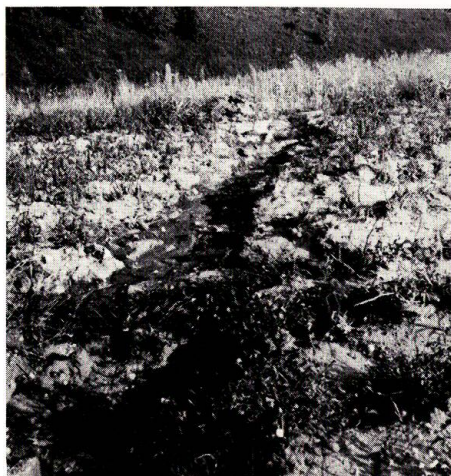


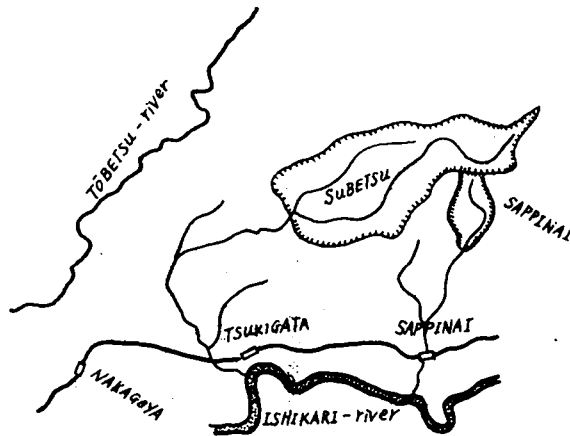
写真 18. Photo. 17 に同じ
Photo. 18. Ditto, looking
kown.

といえる。しかし、集水型地形は中央の低みに雨水がよせあつまってくるので、地表流の勢いはいちぢるしくまし、水みちの規模は一段とおおきくなる。Photo. 3 に示した斜面の ril の規模はせいぜい幅が 15 cm、深さは 6 cm 程度であった。これに対して Photo. 8 に示した集水型地形の ril は幅が 120 cm、深さ 35 cm というようにおおきいものである。ril の発達と消滅をくらべたとき、集水型斜面ではおおくの場合林帯つき抜けているのが実情である。したがって、林帯をもうけてもそれだけでは効果がすくないことはたしかであり、これを防止するためになんらかの附帯工が必要である。

3. 源流地帯における流路の発達について

3.1 まえがき

流路の発達については古くは河谷発生論⁴⁾あるいは地形発達論の立場から定性的な研究が行われてきた。1940 年代に到り、HORTON, R. E.⁵⁾ は流路および流域の発達を浸食作用の面から考察し、水文物理学の立場から地形態を数量的に解析することをこころみ、流路の構成に関する 3 つの法則を発表した。すなわち、流路の次数と流路数、流路の次数と流路長、流路の次数と流路勾配、これらの相互の間に存在する幾何級数の法則である。HORTON, R. E.⁵⁾ の対象とした流路は、筆者の知る限りでは、地形図から判読したものである。さらに、最上流の流路をあらわす 1 次の流路の長さは 1/3 mile 以下であることは稀で



第 2 図 対象流域の位置

Fig. 2. Location map of study areas.

4) 野淵：河川学：

5) 平田訳：河川および流域の発達と侵食，日林学誌，Vol. 37, No. 1, 2, 4, 6, 8, 9, 11, 12, (ROBERT E. HORTON; 1945: Erosional development of streams and their drainage basins, hydrophysical approach to quantitative morphology, Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 56, No. 3

第II表 須部都川上流の面積—高度分布表
 Table 11. Distribution of area-elevation on the upper reaches of SUBETSU-river basin.

場所 Place	高 Elevation above sea level (m) 度																			面積 Area ha
	50~ 100	100~ 150	150~ 200	200~ 250	250~ 300	300~ 350	350~ 400	400~ 450	450~ 500	500~ 550	550~ 600	600~ 650	650~ 700	700~ 750	750~ 800	800~ 850	850~ 900	900~ 950	950~ 971	
17 林班					4.18	26.28	50.63	71.23	75.23	72.81	67.79	55.72	35.63	26.82	21.91	14.76	7.26	3.53	0.75	534.53
16 "				24.34	53.19	57.76	47.65	36.73	25.82	20.82	17.78	19.17	1.89							305.15
15			29.01	55.80	51.70	37.02	16.07	6.55	1.03	0.60										197.78
14			17.40	39.65	54.86	54.65	47.97	20.84	5.93	5.18	4.05	2.90	1.48							254.91
13		37.33	58.11	56.50	50.14	32.53	16.29													250.90
12		9.78	53.23	98.05	54.38	5.62														221.66
11		26.60	35.16	50.68	13.78	2.20														128.42
10	12.33	30.50	26.99	16.89	15.58	4.77														107.06
	12.33	104.21	220.50	341.91	297.81	220.83	178.61	135.35	108.01	99.41	89.62	77.79	39.00	26.82	21.91	14.76	7.26	3.53	0.75	2000.41
9			16.70	73.00	93.50	59.24	11.42	4.16												258.02
8		1.78	58.25	87.43	61.86	5.54	1.69													216.55
7	3.35	42.43	75.82	79.98	56.17	24.67	6.89													289.31
6		23.58	41.22	41.07	25.44	10.62	3.58													145.51
	3.35	67.79	191.99	281.48	236.97	100.07	23.58	4.16												2909.80
Total	15.68	172.00	412.49	623.39	534.78	320.90	202.19	139.51	108.01	99.41	89.62	77.79	39.00	26.82	21.91	14.76	7.26	3.53	0.75	2909.80

あると HORTON, R. E. はのべている。HORTON, R. E. の示した資料を検討すると、1 次の流路の平均勾配は流路長 1 哩あたり垂直距離にして 150 ft 前後、すなわち 3/100 程度である。これらの資料から推定すると、源流地帯の流路はほとんど対象外となっていることがわかる。水源地帯の崩れは流路と谷頭の部分に集中しているのが現情である。この場合の流路および谷頭とは主流路ばかりでなく、すべての枝流路を含めた意味である。したがって砂防の立場から考えても山岳地帯の流路の分布と発達に関する研究は欠かせない重要なものである。

3.2 対象流域の概略

源流地帯における流路の発達状況を示す 1 例として、樺戸山系の南部にあたる須部郡 (スベツ川) と札比内 (サツピナイ) 沢流域の源流地帯をとりあげた。これらの流域は樺戸郡月形町を流れ、石狩川に直流する小河川である。須部郡川および札比内沢の上流部は北海道有林⁶⁾で、現在 1 万分の 1 の地形図が作成されている。この地形図から高度別の面積を計算したのが Table 12 である。須部郡川の対象流域は本支流合計して 2909.8 ha、流域の高度は 971 m (熊根知山) である。札比内沢の対象面積は 320 ha、流域の高度は 110~700 m である。両流域の地質は先白亜系に属し、頁岩、変朽安山岩、凝灰岩、礫岩であ

第 12 表 札比内沢の面積—高度分布表

Table 12. Distribution of area-elevation on the upper reaches of SAPPINAI-river basin.

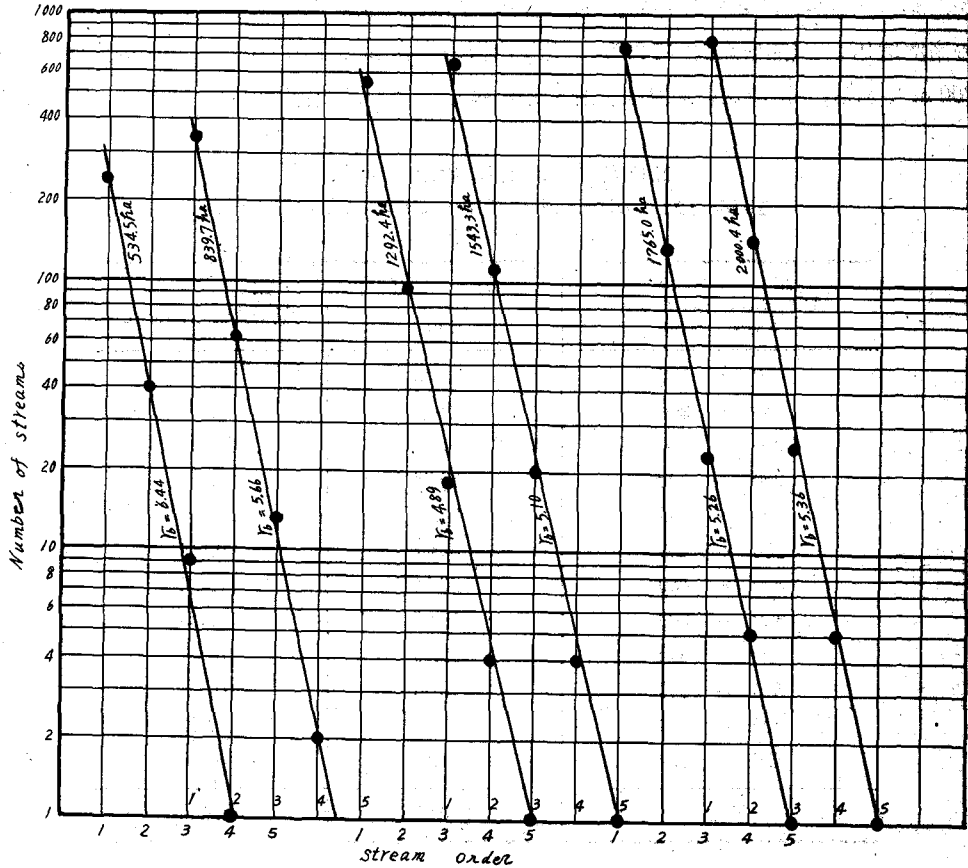
高 度 Elevation above sea level (m)	面 積 Area (ha)	分 布 比 Distribution ratio.
110 ~ 150	8.33	0.026
150 ~ 200	28.86	0.090
200 ~ 250	51.92	0.162
250 ~ 300	60.28	0.188
300 ~ 350	51.12	0.159
350 ~ 400	42.87	0.134
400 ~ 450	26.54	0.083
450 ~ 500	19.26	0.060
500 ~ 550	13.10	0.041
550 ~ 600	10.63	0.033
600 ~ 650	6.01	0.019
650 ~ 700	1.15	0.004
Total	320.07	0.999

6) 北海道有林, 岩見沢林務署月形事業区, 林班 6~17, 21, 22

る。また、両流域ともにミヅナラ、エゾイタヤ、アサダ、ケヤマハンノキ、サワシバ、シラカンバ、アカダモ、オヒヨウ、シナノキ、センノキ、カツラなどからなるまばらな天然広葉樹林である。

3.3 地形図からみた流路の発達について

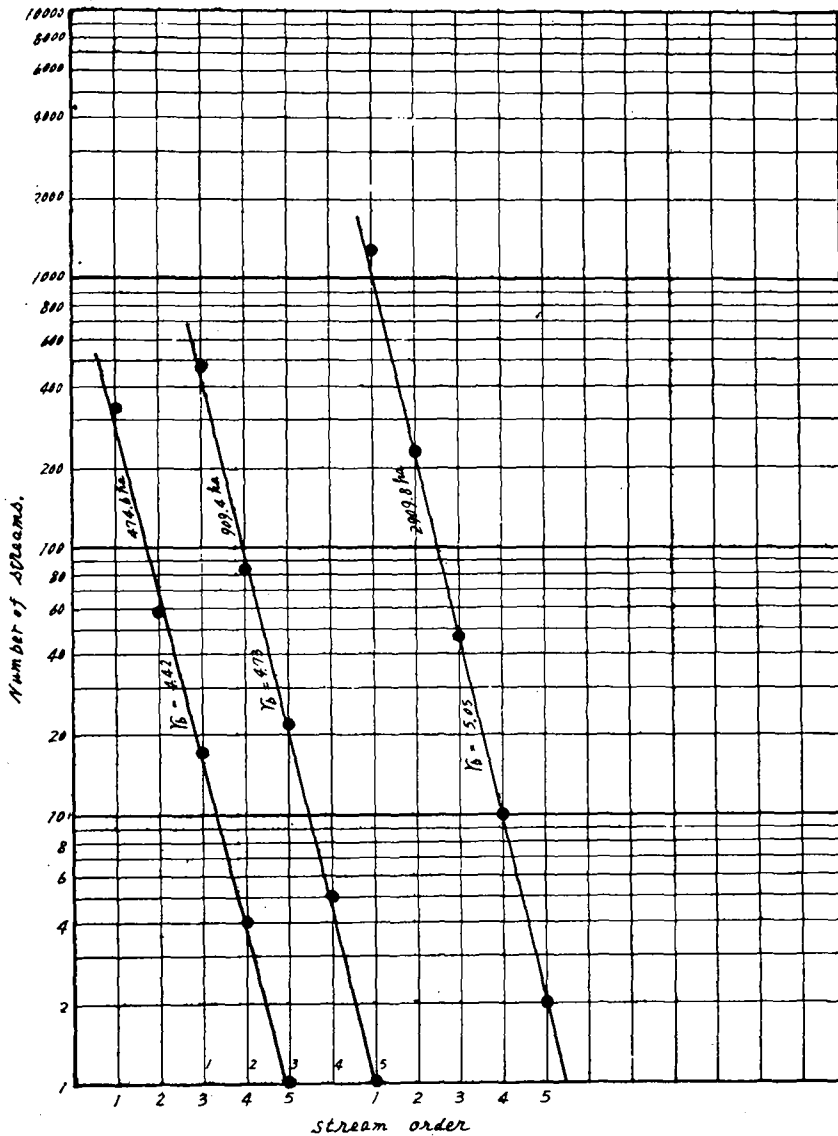
現在市販されている地形図は大部分が5万分の1である。この程度の地形図には末端の流路はほとんど記入されていないので、流路の分布と長さを知るにはどうしても実測するか、航空写真から判読しなければならない。しかし1万分の1程度の地形図でも航空写真から図化したものであれば、小沢に到るまでかなり詳しく記入されている。地形図上の等高線の出入りが大きいほど、山地の開析がすすみ、流路の発達もすすんでいるといえるから、地形図からもその流域の流路の発達状況を知る手がかりをうることは当然である。また地形図上から想定した流路の分布と実際の分布とを対比することは今後の研究に役立つことになるし、最小単位の集水区域を推定するのにも参考になると思う。以上のような



第3図 流路の次数と流路数との関係 (須部郡)

Fig. 3. Relation of number of streams to stream order (SUBETSU)

考えから、須部都川源流地帯の 2909 ha について、地形図上から流路の分布を推定してみた。その結果について説明する。先にものべたように、地形図から末端の流路を判読するとはできない。したがって、ここでは等高線にあらわれた細長い低みの部分を線分でむすび、これを流路とした。等高線の低みは山頂に近づくにしたがって浅くなり、等高線は水平線状になるが、流路の上端はこの地点からはじまるものとした。もちろん以上の2つのことは便宜的な約束にすぎないが、この約束にしたがって、地形図にあらわれた等高線



第 4 図 流路の次数と流路数との関係 (須部都)

Fig. 4. Relation of number of streams to stream order (SUBETSU)

の低みの部分を全部しらべ、各流路の次数と長さを測定した。その結果を Fig. 3, 4 に示す。なお各流路の次数の定め方は HORTON & STRAHLER⁷⁾ の提案した方法に従った。Fig. 3 は須部都川本流の上流地帯 2000.4 ha を対象としたものである。Fig. 4 は同支流 909.4 ha の流域と本支流全域 2909.8 ha とを対象としたものである。これらの図で、対象流域の面積は最上流から下流に向った面積である。流路の最高次数は 839.7 ha までは 4 次、それ以後は 5 次となる。支流域の流路で最高次数は 474.6 ha ですでに 5 次となり、本支流合流点でも 5 次である。なお、対象面積ごとに各次数の流路を示したのが Table 13 である。

本流流路の分岐比 r_b は対象流域ごとに多小変化しているが、もっともおおきいのは上

第 13 表 須部都川流域の各次数の流路数と長さ
Table 13. Number of streams of given order and their length on SUBETSU-river basin.

面積 Area, ha	各次数の流路と長さ Number of streams of given order and their length in km					備考 Note
	1	2	3	4	5	
本流 Main stream 534.5	239 44.84	40 12.25	9 4.44	1 3.30	—	道有林, 岩見沢林務署 月形事業区 林班 17
839.7	354 67.22	61 18.58	13 6.52	2 5.89		
1292.4	546 100.01	95 26.35	18 9.37	4 7.93	1	
1543.3	648 120.00	111 34.96	20 10.74	4 7.93	1	
1765.0	754 135.80	135 39.17	23 12.86	5 10.51	1	
2000.4	817 149.35	145 41.66	25 13.83	5 10.51	1 8.44	" 林班 17~10
支流 Substream 474.6	323 42.25	57 10.98	17 4.92	4 2.35	1 2.01	" 林班 9, 8
" 909.4	469 75.42	81 16.83	22 7.32	5 2.84	1 5.88	" 林班 9~6
本支流合計 Total 2909.8	1286 224.77	226 58.49	47 21.15	10 13.35	2 14.32	" 林班 17~6

7) STRAHLER, A. N., 1957: Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Amer. Geophy Union, Vol. 38, No. 6.

流域帯 534.5 ha の 6.44, もっとも小さいのは 4.89 である。本流流域 2000.4 ha に対する分岐比の値は 5.36 である。支流流路の分岐比は, 対象面積が 474.6 ha では 4.42, 同じく 909.4 ha では 4.73 である。なお, 本支流合計した 2909.8 ha の流域に対する流路の分岐比は 5.05 となる。次に対象流域の面積が 20 ha から 219 ha までの小流域を対象として, 各次数の流路数をしらべてみた。これを Table 14 に示す。各流域ごとに流路の分岐比を計算し, 互いに比較してみるとかなりのちらばりがみられる。流路の構成量をそれぞれの流域の特性因子として使用するにはやはり安定した比較しうる値であることが必要な条件となるから, 極端な小流域はさけるのがよいだろう。

第 14 表 流域の大きさと流路の分岐比との関係
Table. 14. Relation between values of bifurcation-ratio and watershed area.

番号 No.	面積 Area ha	場 処 Place	高 度 Elevation above sea level, m	流 路 の 次 数 Order of stream					流路の分岐比 Bifurcation ratio r_b
				1	2	3	4	5	
1	107.2	沢名なし, 17 林班の最上流	420 ~ 971	48	10	3	1	—	3.71
2	55.3	沢名なし, 17 林班	420 ~ 780	27	4	1	—	—	5.38
3	59.7	" "	350 ~ 870	31	6	1	—	—	5.59
4	19.3	" "	420 ~ 650	8	2	1	—	—	3.00
5	102.2	天幕の沢	280 ~ 840	42	7	1	—	—	6.50
6	67.5	岩の沢	230 ~ 708	29	2	1	—	—	8.25
7	69.5	沢名なし, 10 林班の 1 部	220 ~ 708	30	9	2	1	—	3.28
8	49.2	炭層の沢	180 ~ 540	25	4	1	—	—	5.13
9	146.0	もみじの沢	160 ~ 780	58	12	2	1	—	4.28
10	97.6	滝の沢	160 ~ 400	31	8	2	1	—	3.29
11	93.4	左の沢	120 ~ 390	29	4	1	—	—	5.63
12	61.0	沢名なし, 9 林班の 1 部	170 ~ 350	52	9	2	1	—	4.09
13	218.8	熊の沢, 右の沢を含む	130 ~ 330	106	24	3	1	—	5.14
14	42.7	快晴の沢	130 ~ 360	17	5	1	—	—	4.20
15	85.2	日蝕の沢	120 ~ 380	28	5	2	1	—	3.37
16	117.0	頁岩の沢	100 ~ 370	29	6	1	—	—	5.42

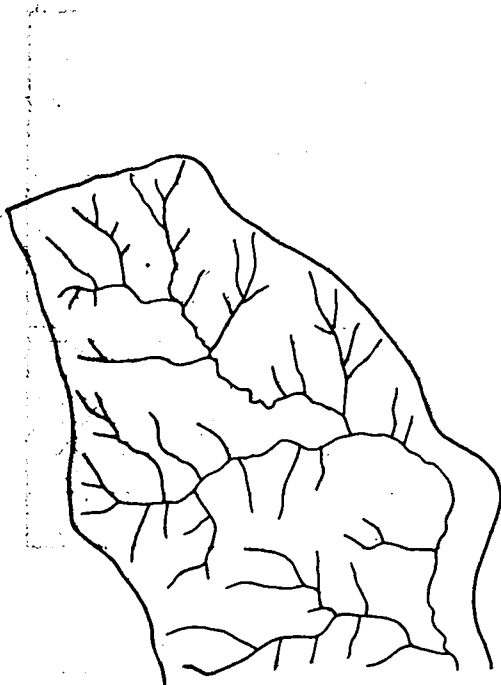
3.4 流路の発達について

次に流域面積 320 ha の札比内沢について, 1 万分の 1 の地形図と航空写真とを併用し, 流路の発達状況をしらべた。流路の分布状態を Fig. 5 に示す。また, Table 15 に各流路の次数と長さを示す。航空写真から流路を判読するとき, 地肌のあらわれた新しい崩れ地には細い水みちがいく筋もみられる。この細い水みちは谷頭の部分の崩れ地によくみられるが, その発達状況は § 2 で述べた耕地に発達するリルまたは規模の小さなガリと同じ性質のものである。そして, 植生の回復とともに水理諸量のおおきさに応じて消滅

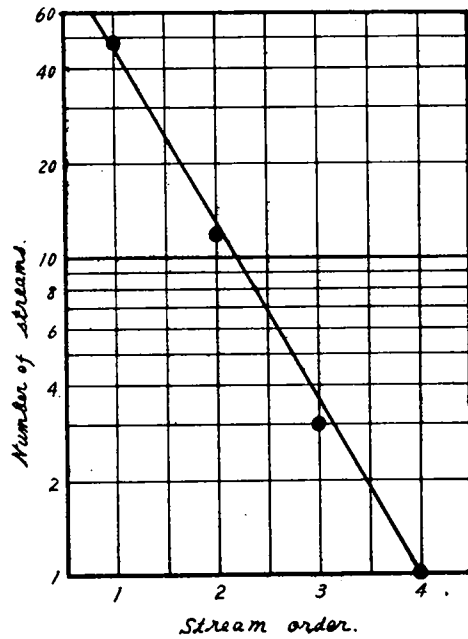
第15表 札比内沢における流路の次数と長さ

Table 15. Order of streams and their length for SAPPINAI watershed.

流路の次数と長さ Order of streams and their length in meter.					垂直距離 Vertical length in meter.	流路の次数と長さ Order of streams and their length in meter.					垂直距離 Vertical length in meter.
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
120					150	120					50
120					140		320				80
	450				200	160					110
80					70	260					110
80					80	180					90
80					90	120					90
320					270	160					110
	200				100		250				50
80					70	140					110
120					120	100					110
120					120		440				80
	280				130	200					120
250					200	220					80
120					80			920			70
220					160	200					130
120					100	160					110
	400				180	200					100
200					200		220				70
140					130	240					110
280					180	180					90
240					200	360					100
	240				150	340					140
140					110		200				45
260					180	320					160
80					70	440					180
240					190		390				70
180					160	200					120
200					120	200					80
240					140			600			55
	420				130				1430		60
		1330			140						
240					100	9050	3810	2850	1430		
100					70	(48)	(12)	(3)	(1)		
180					60	189	318	950	1430		



第5図 流路の分布図 (札比内)
Fig. 5. Distribution map of streams (SAPPINAI).

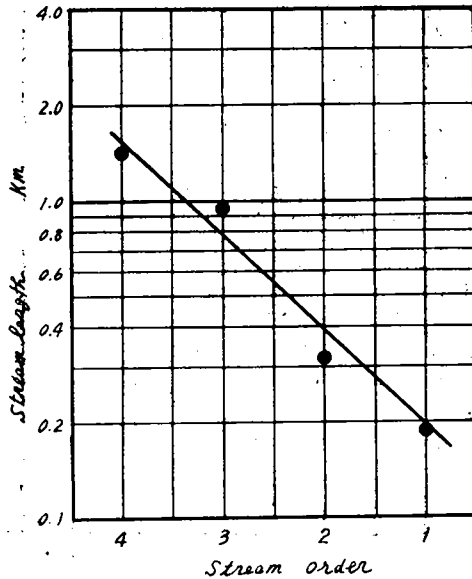


第6図 流路の次数と流路数との関係 (札比内)
Fig. 6. Relation of number of streams to stream order (SAPPINAI).

するかあるいは拡大するかいずれかの方向にたどるものと思われる。森林地帯ではいわば不安定な流路といえるので、この報告では除外した。札比内沢の最高次数は4次で各次数の流路数と流路長は Table 15 に示したような値となる。各次数の流路数と流路次数との間には Fig. 6 に示したような等比級数の関係がみられる。この場合の流路の分岐比 r_b (Bifurcation ratio) は 3.7 である。Fig. 7 は各次数の流路の平均長と流路次数との関係を示す。また、Fig. 8 は各次数の平均勾配と流路次数との関係を示した。これらの図からわかるように、源流地帯の流域にも HORTON の示した流路の構成に関する法則がほぼ成立するように思われる。しかし、唯一つの対象流域から結論を出すのは早計である。さらに対象流域をひろげ、各種条件のもとにおける流路の構成について詳細な検討が必要である。

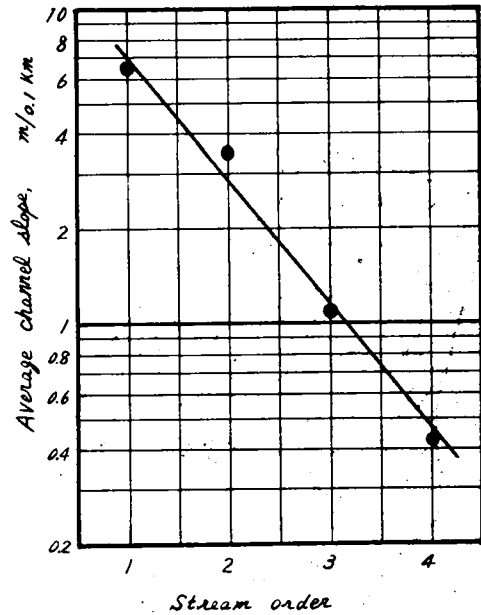
3.5 考 察

1 万分の 1 の地形図から流路の分布を推定すると、流路の分岐比は 5.4 となる。一方流域面積が 320 ha の札比内沢について航空写真から判読した実際の流路の分岐比は 3.7 で、4 に近い値となる。分岐比そのものは流域面積の増減によって多小変動する。試みに札比内沢について、対象流域をあげて分岐比を計算したら 4 に近い値を示した。1 万分の 1 の地形図から推定した流路数および分岐比はその流域に起こりうる最大値を示すものと考え



第7図 流路の次数と流路長との関係 (札比内)

Fig. 7. Relation of stream length to stream order (SAPPINAI).



第8図 流路の次数と流路の平均勾配との関係 (札比内)

Fig. 8. Relation of Average channel slope to stream order (SAPPINAI).

られる。したがって実際の流路数、流路次数および分岐比はそれ以下の値となることはたしかである。札比内沢の流路の総延長は17 kmに達する。流路密度すなわち単位面積当たりの流路長はおよそ53 m/haとなる。図上から想定した須部都川の本流2000.4 haの流路総延長は223.9 kmであるから、これから計算すると、流路密度は112 m/haとなる。本支流合計した2909.8 haの流域に対しても流路密度は114 m/haとなる。したがって、1万分の1の地形図から想定した流路長は実際のおよそ2倍に相当することがわかる。筆者は以前上川試験林、南北両流域について⁸⁾、航空写真と現地踏査から流路長を調査した。この場合の流路は1万分の1の航空写真から判読できるすべての流路を含めたが、流路密度は30 m/ha程度であった。

南谷流域の面積は527.9 ha、北谷は645.4 haであり、札比内沢の流路密度とくらべるときわめてすくないことがわかる。

4. 結 言

裸地耕耘は土壌の浸食を加速するということはすでにおおくの研究によってあきらかにされてきた。この報告では初めに裸地耕耘の条件下における流路の発達について説明し

8) 遠藤その他1961: 夏期間の流出量におよぼす森林伐採の影響について, 林試北支場年報(1960).

たが、傾斜農耕地では原地形に平行な数多くの流路が発達することを指摘した。また草生地および林地では、傾斜耕地に発達するような小規模の流路は発達しないこと、傾斜農耕地に発生した流路の発達をも阻止していることを指摘した。しかし集水型地形では集水区の中央部の低みに流路が発達し、草生地および林地をつき抜けていることも事実である。したがって、植生被覆の有無といっても、流路の発達は原地形と水理諸量のおおきさの面から解析しなければならないことは当然である。

山岳森林地帯でも崩かい地には傾斜農地にみられるような流路が発達することは当然である。しかし裸地状態にある崩かい地の面積は全体からみると僅かであり、崩かい地にみられる小規模の流路は水理諸量の大きさに応じて植生の自然回復とともに拡大するか消滅するかのいつれかに向うものと考えられる。山岳地帯の河道の構成については今後の課題であり、その詳細については機会をみて報告する予定であるが、流域面積 320 ha の札比内沢を対象として、流路の発達状況を説明した。この流域では流路の分岐比はほぼ 4 で、流路密度は 53 m/ha であった。また HORTON の示した流路の構成に関する法則もほぼあてはまることを指摘した。

Résumé

This report deals with the development of various water ways which could be found on the cultivated slopes and in mountainous forest areas.

For the first step of this study, observations were made upon the development of water ways on the slopes under various conditions of land usage in BIEI and KAMIFURANO districts in the middle part of HOKKAIDO island, JAPAN.

These districts are characterized by rolling topography with slopes ranging from 5° to 30°; arable lands are chiefly located on such slopes.

For this reason, numerous water ways, designated as rills or gullies, are apt to develop easily with each heavy rain.

At the time of observation in 1958, the number of water ways on a bare slope amounted to 14 per 30 meter wide strip or averaged 1 per 0.8 meter width.

On the other hand, water ways on a small scale such as rills were checked off by vegetational zones and could not be found at all on grass land or on the forested area except in such place as one where surface runoff from rain concentrated and ran down according to the topography of the place.

Further study was made in regard to composition of drainage net on the mountainous forest areas.

For the purpose of this study, the headwater regions of two watersheds were selected. One is the SUBETSU river, the other is the SAPPINAI river.

These two rivers are small tributaries which flow directly into ISHIKARI river.

Figs. 3, 4, 5, 6, 7 and 8 show the analytical results with respect to composition of drainage net on these watersheds.

In this case, the method of designating stream order followed was that of HORTON & STRAHLER's, a water way of the first order means the smallest one which could be recognized from a topographical map or from an aerial photograph on the scale of 1:10,000.

In conclusion, it seems that HORTON's law on composition of drainage net applies roughly to the headwater areas, so far as this study is concerned.