

## 保護樹帯による土砂の流出抑止と安定法



## I 試験担当者

|           |      |
|-----------|------|
| 防災部治山科長   | 難波宣士 |
| " 治山第一研究室 | 北村嘉一 |
| " "       | 梁瀬秀雄 |

## II 試験目的

林道，作業道の開設に伴って生じる土石と，捨土石による斜面の破壊によって，下流へ異常な土石の流出をもたらす場合が少なくない。また環境保全，景観保全などの面からこのような土石の流出防止が要請される。

この流出土石の防止には道路下方の林帯を活用することが得策であることから，開設路線の地形，林相と土石の流出状況，林分の被害などを調査し，林帯の設置と管理更新などの基準となる指針を得るとともに，林帯では防止し得ない流出土石抑止の補完工法を検討する。

## III 試験経過と得られた成果

### 1 試験の年次経過

本試験は昭和47年度～50年度の4ケ年間に調査期間として実施したもので，年次別試験内容の概要は次のとおりである。

#### (1) 昭和47年度

東京営林局掛川営林署，河津営林署管内に試験路線を設定し，当年度開設路線の地形，林相と土石の流出状況調査。年度内開設の計画路線の地形，林相調査と開設後の土石流出調査ならびに調査方法の検討。

#### (2) 昭和48年度

掛川，河津営林署管内の計画路線の地形，林相調査および開設後の土石流出状況調査，と被害木，枯損木調査を行なうとともに，大阪局尾鷲署管内の路線について実態調査。地形，林相と土石流出に関する調査方法および被害木，枯損木調査方法を検討の上調査要領を作製し，各営林局に調査を委託。

ゴム板を張り付けた板に太さと間隔を変化させて杭を立て，傾斜を異にした場合の砂礫の流出について室内実験を実施。



(3) 昭和49年度

掛川，河津営林署管内で数年～10年前後を経過した林道，作業道について，路肩下方の土石堆積部の侵食状態と植被を調査し安定度を検討。掛川，河津両営林署管内補足調査。

熊本局川内署管内実態調査。

(4) 昭和50年度

前橋局高崎署（古生層地帯），名古屋局中津川署（風化花崗岩地帯），高知局宿毛署（中生層地帯，林道沿線景観保護樹帯）実態調査。各営林局の調査資料整理と全体とりまとめ

## 2 試験の結果

この種の調査，試験は既往にその例が少なく，多くの資料数が要求されるとともに調査方法も確立されていない。したがって，掛川，河津両署では調査要領を決定する予備調査の性格があり，必要に応じて調査箇所を主観的に選定したので，直接集計には使用しなかった。全体の結果は調査要領に基づいた各営林局の調査資料をとりまとめた。

調査は新設される計画林道については作設前の地形，林相と開設後の土石の流出状態および被害木について実施し，既設林道については作設後約5～10年を経過した路線沿線の枯損木を調査した。また各営林局は林相，地形などと工法が局管内の標準的な路線であるように選定されているので，地域の特徴がある程度反映しているものと予想される。

(1) 試験方法

今回の試験方法は現地で新設される路線の地況，林相と作設後の流出土石の調査，開設後数年（約5～10年）を経過した既設林道沿線の枯損木調査および室内の模型実験に分けられる。

(1)-1 流出土石調査

予定路線の支障木を伐開した区間で約1,000m前後を選定し，50m間隔に調査箇所を設定した。したがって1路線の調査箇所はおよそ20箇所となる。

i) 開設前調査

調査箇所は図-1に示すように林道からはほぼ直角に最大傾斜線方向の下方に，幅2mのトラクセントを設けて，上部から下部へ向って斜距離約5m毎に2×2mのコドラートを設置する。

調査はこのランセクトを基準に，地形，林相，地質，土性などの概況とコドラートについては，傾斜，植被を測定した。植被は高木（樹高6m以上），低木（1～6m）

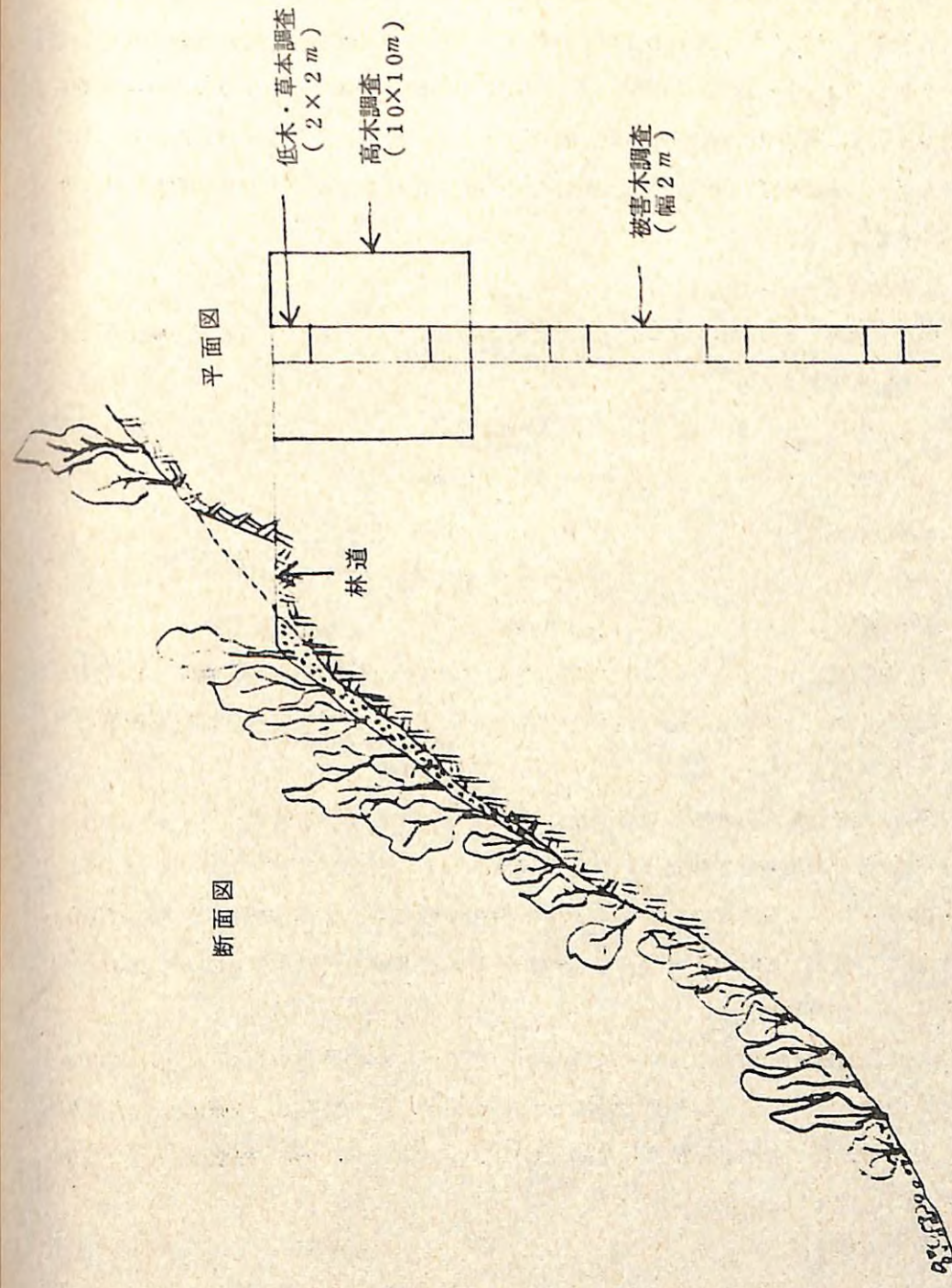


図-1-1 調査箇所



草本(1m以下)別に樹草種,樹高,草丈,胸高直径,根元直径,密度とそれぞれの被度を測定した。また高木は2×2mのコドラートでは林相の把握が十分でないので,トランセクトを中心にして林縁に幅10m,下方に斜距離で10mのコドラートを設けてその中の高木を径級別に樹高,胸高直径,根元直径と密度を測定した。その他支障木枝条の集積状態と林道作設に必要な工作物,土石流出を防止する工作物についても調査した。

## ii) 開設後調査

i) で調査した個所のコドラート内に流出堆積した土石について下記の粒度区分に従って占有面積率を測定した。

|     |    |             |
|-----|----|-------------|
| 土砂  | 粒徑 | 5mm以下       |
| 砂利  | "  | 6 ~ 20mm    |
| 礫   | "  | 21 ~ 100mm  |
| 転石  | "  | 101 ~ 400mm |
| 破碎岩 | "  | 401mm以上     |

また調査個所のトランセクト内の被害木については,林縁からの距離,立木の生長量,損傷(剥皮,折損)度合,倒木の発生状況および予想される被害原因を調査した。

### (1)-2 枯損木調査

林道開設に際し強度の被害を受けた立木は2~3年で枯損するものが多い。これらの枯損木は通常の使用頻度の林道では適宜処理され調査の対象にはならない。しかし気象条件,地況,樹種,林令によっては林道開設の諸々の影響が,長期に亘って枯損木を発生させることも予想される。このような点から本調査は開設後は5~10年を経過した林道について調査した。

調査は林道沿線(約1,000m)に発生した枯損木と枯損の兆がみられるすべての立木について調査するもので,地形,林相,土石の堆積,侵食状態などの概況と,枯損木については林縁からの距離,樹種,樹令,生長量,枯損状況,被害の程度と予想される枯損の原因を調査した。

### (1)-3 模型実験

実験方法は(7)項で説明する。

### (2) 調査地の地形と林相

開設による流出土石の調査個所を営林局別にその概況を示したのが,表-1である。調

表-1 調査地の概況

| 営林局名 | 事業区名 | 林道名         | 調査箇所数 | 林道延長         | 平均標高  | 傾斜            | 林種 | 樹種                      | 林令          | 地質           | 土性         | 備考 |
|------|------|-------------|-------|--------------|-------|---------------|----|-------------------------|-------------|--------------|------------|----|
| 旭川   | 幌加内  | 鷹泊          | 21    | 1,000        | m     | 15.5°<br>0~24 | 天  | トドマツ, ナラ<br>他広葉樹        | 57<br>23~65 | 変成岩・<br>結晶変岩 | 植土         |    |
| 北見   | 北見   | 幌内          | 20    | 1,000        | 250   | 32.4<br>25~40 | 天  | トドマツ, エゾマツ<br>イタヤ他広葉樹   | 75          | 輝緑凝灰<br>岩    | 植質土        |    |
| 帯広   | 上士幌  | 不二川迂回       | 20    | 1,000        | 1,030 | 29.4<br>15~36 | 天  | エゾマツ, トドマツ<br>ナナカマド他広葉樹 | 80          | 新第3紀<br>安山岩  | 石礫土        |    |
| 札幌   | 定山溪  | 駅通の沢        | 21    | 1,250        | 600   | 25.4<br>10~40 | 天  | トドマツ, エゾマツ              | 135         | 火成岩          | 植壤土        |    |
| 函館   | 木古内  | トンガリ        | 20    | 1,000        | 250   | 30.4<br>15~44 | 天  | ブナ                      | 160         | 頁岩           | 砂壤土<br>植壤土 |    |
| 青森   | 蟹田   | 六枚橋         | 12    | 1,100        | 30    | 36.9<br>25~44 | 天  | ヒバ他広葉樹                  | 160         | 新第3紀         | シラス        |    |
| 秋田   | 和田   | 杉沢・<br>荒沢支線 | 21    | 1,010        | 350   | 44.7<br>4~60  | 天  | スギ, クロベ, ナラ<br>ミズキ他広葉樹  | 145         | 花崗岩          | 壤土, 砂壤土    |    |
| 前橋   | 中之条  | 上沢渡         | 18    | 1,000        | 1,100 | 38.5<br>22~50 | 人天 | ヒノキ<br>フナ, ミネソ他         | 50<br>47    | 安山岩          | B森林褐色土     |    |
| 東京   | 沼津   | 大野          | 17    | 800          | 750   | 31.2<br>27~40 | 人  | ヒノキ                     | 60          | 火山礫          | 森林褐色土      |    |
| 長野   | 藪原   | 笹川          | 26    | 1,500        | 1,500 | 37.0<br>28~43 | 天  | ヒノキ, サクラ                | 175         | 粘板岩,<br>砂岩   | 砂壤土        |    |
| 名古屋  | 付知   | タツガヒゲ       | 21    | 1,000        | 1,450 | 37.1<br>29~46 | 天  | ヒノキ                     | 200         | 流紋岩          | 植壤土        |    |
| 大阪   | 尾鷲   | ・<br>大倉支線   | 20    | 950          | 1,100 | 36.2<br>30~50 | 人天 | ヒノキ<br>ヒノキ, ツガ, ミズラ     | 40<br>260   | 砂岩           | 壤土~礫土      |    |
| 高知   | 宿毛   | 木           | 11    | 600          | 600   | 36.4<br>30~40 | 人  | ヒノキ                     | 18          | 砂岩           | 植壤土        |    |
| 熊本   | 内川   | 大ケ八重        | 3     | 200<br>(600) | 250   | 37.7<br>28~43 | 人天 | スギ, コジイ                 | 21<br>21    | 砂岩           | 植壤土        |    |
| "    | "    | 小河内         | 10    | 500          | 400   | 34.8<br>30~40 | 人天 | スギ<br>コジイ, エゴノキ         | 35          | 砂岩           | 植壤土        |    |



査個所の総計は261個所であった。

地形のうち傾斜は全体の平均が約33度、最も傾斜が緩であったのは旭川局鷹泊林道の15.5度、最も急傾斜は秋田局杉沢林道の44.7度となり、各局の傾斜から地域の特徴の一端がうかがえる。

図-2は全調査個所を斜面傾斜10度ごとの階級で分布を示したもので、30~40度の間には50%、20~30度間に約25%が分布して一般的な山地の傾斜分布とみられる。調査個所の方位、横断形、縦断形は表-2に示したが、方位は8方位のうちSE斜面が全体の38%強を占めてとくに多く、本調査個所の全体の傾向を示している。横断形

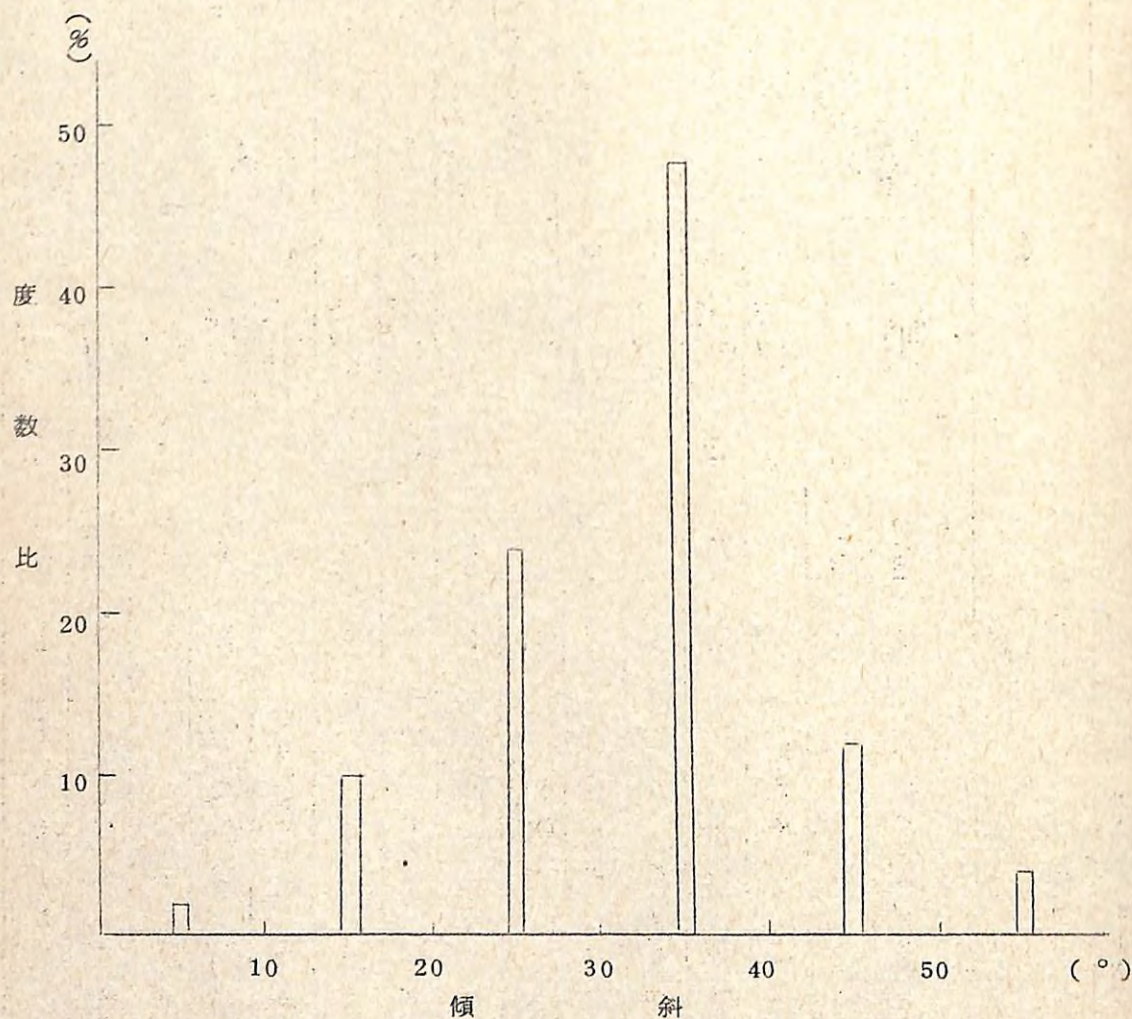


図-2 傾斜分布

表-2 調査個所の方位・横断形・縦断形の分布

| 方位  | N    | NE | E    | SE  | S    | SW | W    | NW | 計   |
|-----|------|----|------|-----|------|----|------|----|-----|
| 度数  | 33   | 40 | 12   | 100 | 15   | 29 | 14   | 18 | 261 |
| 横断形 | 凸斜面  |    | 凹斜面  |     | 平衡斜面 |    | 計    |    |     |
| 度数  | 72   |    | 51   |     | 138  |    | 261  |    |     |
| 縦断形 | 上昇斜面 |    | 下降斜面 |     | 平滑斜面 |    | 複合斜面 |    | 計   |
| 度数  | 136  |    | 54   |     | 51   |    | 20   |    | 261 |

は山地一般の傾向と大差はない。縦断形は上昇斜面が全体の50%を超えているのが特徴といえる。これは斜面を上中下に分けて、林道路線位置をみると上部が24%、中部が42%、下部が34%となり、最近では林道が山腹の中部、上部に多く作設される結果に関連しているものと予想された。

調査地の林種は北海道、東北地方は天然林、関東、中部以南は天然林と人工林がほぼ半数を占めている。樹種は天然林では針葉樹、広葉樹の混交林が多く、林令も概して高い。人工林はスギ、ヒノキが主で林令も低い。

### (3) 土石の流出状況

開設前の樹草指数(後述)と開設後の土石の粒度別の流出距離、堆積深を測定した結果は表-3のとおりである。流出距離の測定は斜距離であるが、結果はすべて水平距離に改めたものである。

林道施工では林帯を残す場合でも盛土面を林道敷とし、この範囲の立木を支障木として伐採して林縁までの距離がかなり長くなることも少なくない。本調査ではこの間の距離を測定するとともに、林道から下方の斜面長を測定した。

樹草指数は調査方法でのべたコードラートで測定された結果を用い、つぎのように表現したものである。すなわち、高木は10×10m(100m<sup>2</sup>)のコードラート内にある立木の根元の直径の合計値(m)を、低木についてはトランセクト上のコードラート2×2m(4m<sup>2</sup>)の測定値から100m<sup>2</sup>あたりに換算したものの1/2をそれぞれ高木指数、低木指数とした。また草本は2×2m(4m<sup>2</sup>)のコードラート内について草種別に被度とその草丈を乗じた値の合計を草本指数としたもので、地上部の現存量に一部類似した性質のものである。また、コードラートの測定は斜距離であるが、結果は水平面積に改めたものである。



表-3 樹草指数と土石の流出状況

| 林道名     | 上部            | 高木              | 低木              | 合計               | 草本               | 土   |                  |
|---------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----|------------------|
|         | 傾斜            | 指数              | 指数              | (立木指数)           | 指数               | 土   | 砂                |
|         |               |                 |                 |                  |                  | 個所数 | 平均               |
| 鷹泊峠     | 15.5<br>0~24  | 1.01<br>0~2.2   | 2.38<br>0~11.5  | 3.39<br>0.1~12.6 | 3.62<br>0.5~6.5  | 14  | 2.2 m<br>1.8~3.5 |
| 幌内      | 37.7<br>32~41 | 2.14<br>0~5.5   | 0.30<br>0~2.2   | 2.44<br>0~5.5    | 2.64<br>1.0~4.3  | 20  | 8.1<br>1.5~17.0  |
| 不二川迂回   | 28.7<br>20~40 | 1.59<br>0~4.1   | 0.36<br>0~3.2   | 1.95<br>0~5.3    | 1.39<br>1.3~1.6  | 3   | 1.6              |
| 駅通の沢    | 24.0<br>10~45 | 0.77<br>0~3.1   | 0.53<br>0~4.4   | 1.31<br>0~5.2    | 8.24<br>7.4~10.2 | 14  | 10.6<br>5.7~18.9 |
| トンガリ    | 35.9<br>19~42 | 1.89<br>0~4.5   | 4.42<br>0~10.7  | 6.31<br>0~13.0   | 1.10<br>0.3~3.6  | 12  | 6.0<br>1.5~25.0  |
| 六枚橋     | 34.1<br>20~40 | 0.94<br>0~5.6   | 1.67<br>0~5.4   | 2.60<br>0.8~6.5  | 0.82<br>0.4~1.5  | 11  | 1.24<br>6.0~16.7 |
| 杉沢・荒沢支線 | 45.5<br>3~60  | 2.66<br>0.2~4.7 | 3.27<br>0~17.5  | 5.94<br>0.9~18.5 | 1.52<br>0.3~3.6  | 18  | 1.87<br>4.0~52.8 |
| 上沢渡     | 36.4<br>22~60 | 4.25<br>1.7~7.9 | 0.85<br>0~2.5   | 5.10<br>2.2~8.0  | 0.36<br>0~1.2    | 18  | 6.5<br>1.3~22.9  |
| 大野      | 31.2<br>27~40 | 3.23<br>1.4~6.8 | 2.54<br>0.3~7.2 | 5.76<br>3.5~8.8  | 0.21<br>0~1.4    | 1   | 4.8              |
| 笹川      | 34.3<br>20~46 | 3.27<br>0.7~6.9 | 0.33<br>0~1.8   | 3.60<br>0.7~6.9  | 4.89<br>3.0~7.2  | 25  | 8.8<br>1.5~31.9  |
| タツガヒゲ   | 38.8<br>28~50 | 1.97<br>0.4~4.6 | 0.05<br>0~1.0   | 2.01<br>0.4~4.6  | 2.27<br>0~5.9    | 4   | 5.7<br>1.6~11.7  |
| 大台・堂倉支線 | 36.2<br>30~50 | 3.70<br>0.5~6.4 | 0.67<br>0~2.7   | 4.38<br>0.5~6.7  | 2.13<br>0~9.7    | 1   | 1.5              |
| 正木      | 36.3<br>30~40 | 4.38<br>2.2~6.3 | 1.32<br>0.6~1.9 | 5.7<br>3.4~7.6   | 0.15<br>0~1.2    | 5   | 3.7<br>1.5~12.2  |
| 犬ヶ八重    | 39.0<br>29~45 | 3.69<br>2.5~4.8 | 4.77<br>2.8~6.1 | 8.46<br>7.6~9.9  | 0.37<br>0.1~1.0  | 3   | 4.1<br>1.5~8.9   |
| 小河内     | 33.7<br>20~53 | 3.28<br>0~7.1   | 1.74<br>0~5.7   | 5.02<br>0~12.4   | 0.96<br>0.1~2.6  | 4   | 7.1<br>1.6~17.2  |

| 石流出距離 |                  |     |                   |     |                   |     |                   | 堆積                |
|-------|------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-------------------|
| 砂利    |                  | 礫   |                   | 転石  |                   | 破碎岩 |                   | 深                 |
| 個所数   | 平均               | 個所数 | 平均                | 個所数 | 平均                | 個所数 | 平均                |                   |
| 14    | 2.2 m<br>1.8~3.5 | 14  | 2.2 m<br>1.8~3.5  | 8   | 2.4 m<br>1.8~3.5  |     |                   | 0.78 m<br>0.1~2.0 |
| 16    | 9.0<br>1.6~25.2  | 15  | 8.8<br>1.6~17.0   | 9   | 14.6<br>1.7~38.0  |     |                   | 0.51<br>0.2~0.8   |
|       |                  |     |                   |     |                   |     |                   | 0.20<br>0.1~0.3   |
|       |                  | 5   | 13.7<br>6.9~17.2  |     |                   | 3   | 12.0<br>6.9~14.6  | 1.01<br>0.2~3.1   |
| 10    | 6.3<br>1.5~25.0  | 8   | 7.4<br>1.5~25.0   | 1   | 1.9               |     |                   | 0.36<br>0.01~2.0  |
|       |                  | 1   | 14.2              |     |                   |     |                   | 0.74<br>0.2~2.7   |
| 7     | 22.4<br>8.7~42.2 | 8   | 31.9<br>11.4~52.8 | 6   | 28.2<br>8.7~42.0  | 11  | 21.8<br>4.0~40.5  | 0.73<br>0.25~2.13 |
| 18    | 8.3<br>1.3~28.4  | 18  | 8.6<br>1.3~28.4   | 16  | 9.1<br>1.3~28.4   | 9   | 15.0<br>1.6~28.4  | 0.55<br>0.2~1.5   |
|       |                  |     |                   |     |                   |     |                   | 0.78<br>0.2~1.0   |
| 3     | 3.7<br>1.6~7.8   | 10  | 7.6<br>1.6~12.6   | 11  | 6.7<br>1.6~15.6   | 13  | 6.4<br>1.6~16.2   | 0.69<br>0.2~1.23  |
| 4     | 5.7<br>1.6~11.7  | 4   | 5.7<br>1.6~11.7   | 4   | 5.7<br>1.6~11.7   | 4   | 5.7<br>1.6~11.7   | 0.37<br>0.1~0.7   |
| 7     | 3.4<br>1.5~8.1   | 14  | 5.7<br>1.3~17.9   | 10  | 8.2<br>1.4~17.9   | 4   | 7.3<br>1.6~9.9    | 0.74<br>0.1~1.4   |
| 5     | 3.7<br>1.5~12.2  | 6   | 5.0<br>1.6~16.7   | 6   | 7.8<br>1.5~16.7   | 7   | 7.7<br>1.5~18.6   | 0.26<br>0.1~0.5   |
| 1     | 5.8              | 2   | 10.7<br>8.9~12.4  | 2   | 15.1<br>12.4~17.8 | 2   | 15.1<br>12.4~17.8 | 0.78<br>0.43~1.0  |
| 5     | 9.1<br>1.5~32.8  | 6   | 7.9<br>1.5~32.8   | 2   | 4.8<br>1.6~8.0    |     |                   | 0.60<br>0.2~1.2   |



樹草の土石に対する抵抗は、流出する土石の粒度が異なる点から、高木は土砂～破碎岩まで全体の流出に有効であり、低木では土砂～礫の範囲、草本では主として土砂に対して有効なことが予想される。本調査では指数の構成単位が、高木、低木は同一であるが、草本は全く異なる。したがって同一単位で表現できる高木と低木については、上記で予想される抵抗性を考慮して低木は測定された値に $\frac{1}{2}$ を乗じた。

流出土砂は粒度区分毎に1路線の調査個所のうち流出しているものの最長距離を示したもので、粒径が小さいものほど個所数が多く、大なるものは流出距離が長くなる傾向がうかがえる。調査地のうち常広局不二川迂回林道、函館局トンガリ林道、名古屋局タツガヒゲ林道などは林道路肩から林縁までの距離がとくに長く、土石はこの部分で処理されたものと予想される。

堆積深は調査個所の最大値を示したものでその平均は約0.6mであるが、1.0mまでが約85%を占めた。堆積はその大部分が林道直下に最大値がみられるので表-1の全体の斜面傾斜に対して表-3に林道下約10mの部分の傾斜を上部傾斜として示した。

図-3は傾斜(上部)と堆積深の関係をプロットしたもので、傾斜に対する最大堆積深は傾斜が急になると減少する傾向がある。また図-4は土石の最大流出距離と堆積深の関係を示したものである。流出距離と傾斜は図-5でも明らかで土石の流出は傾斜と最も関係している。したがって土量が一定であれば流出距離が長いということは、傾斜が急であり、堆積深が浅くなることになる。一般に傾斜が急になると捨土量は増加するが、堆積深は捨土量よりも傾斜に影響されることが示されたものと考えられた。

表-3からは流出する土石と傾斜、樹草指数などの因子の関係を予想することはできない。また261調査個所のうちには、林道路肩から林縁までの距離が長く捨土もこの部分で土羽として処理された個所、尾根の切通し部、とくに設けた捨土地その他本調査の対象として不適当な個所を除き、149個所について表-4にまとめた。

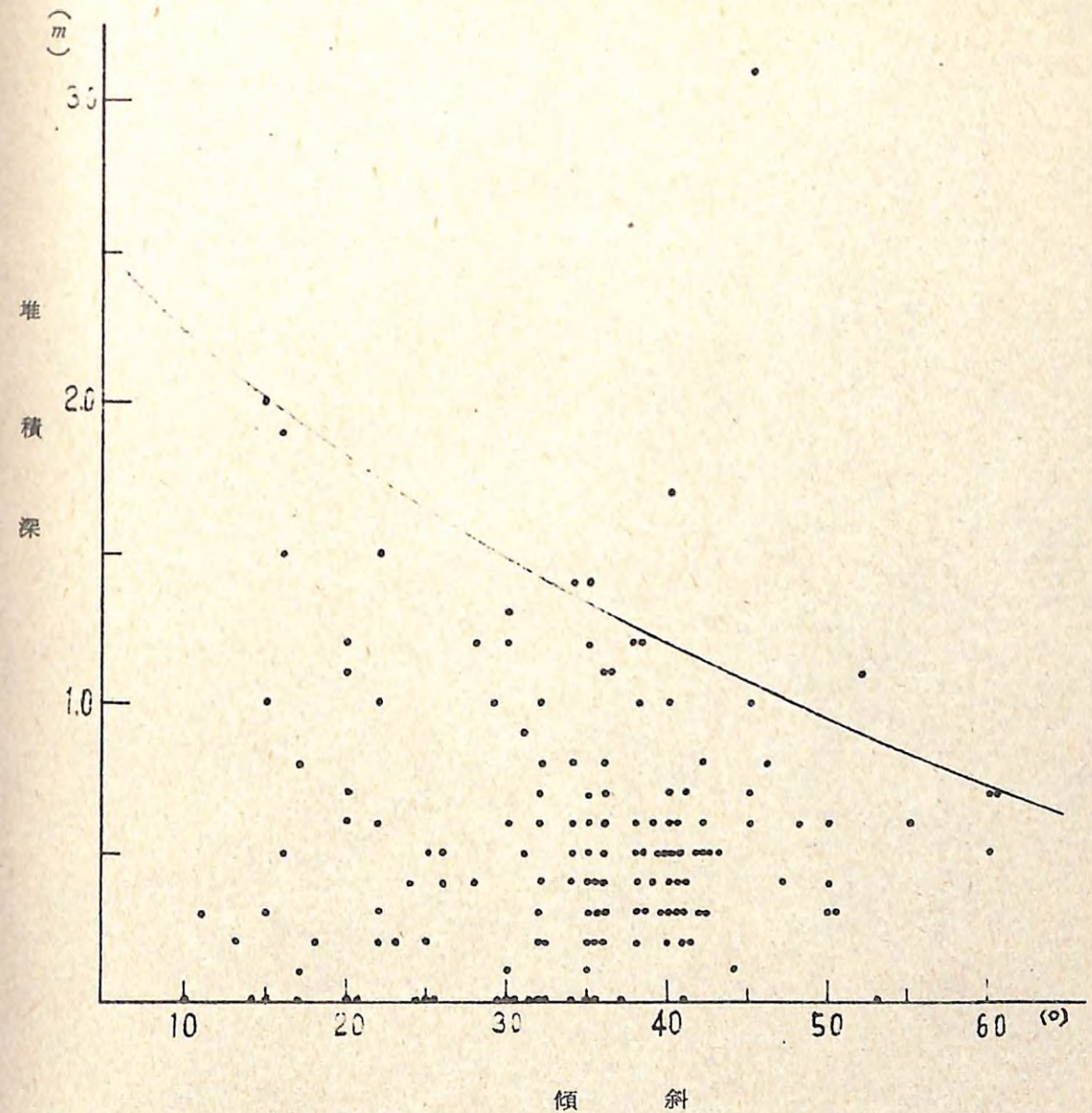


図-3 斜面上部の傾斜と堆積深



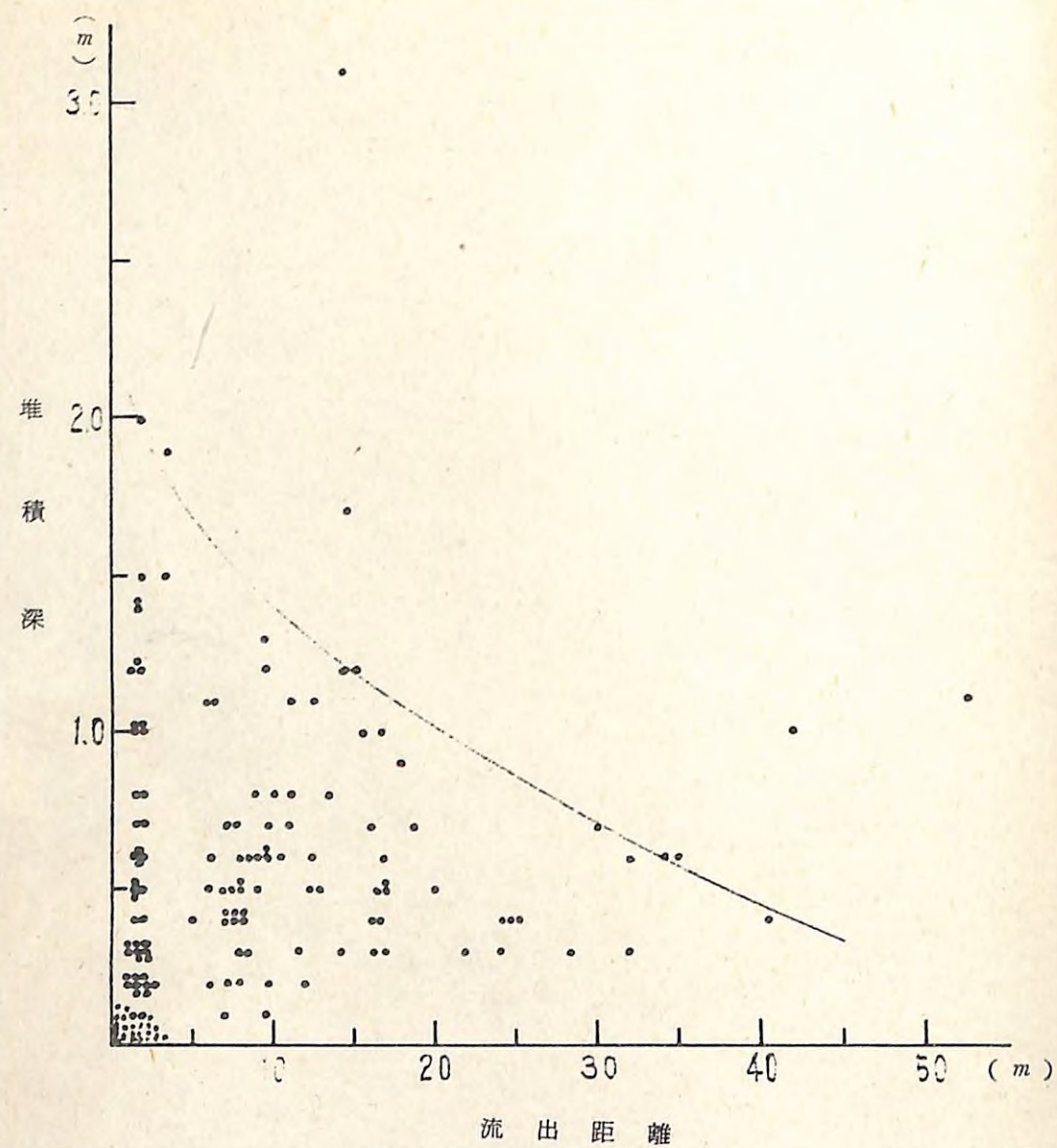


図-4 流出距離と堆積深

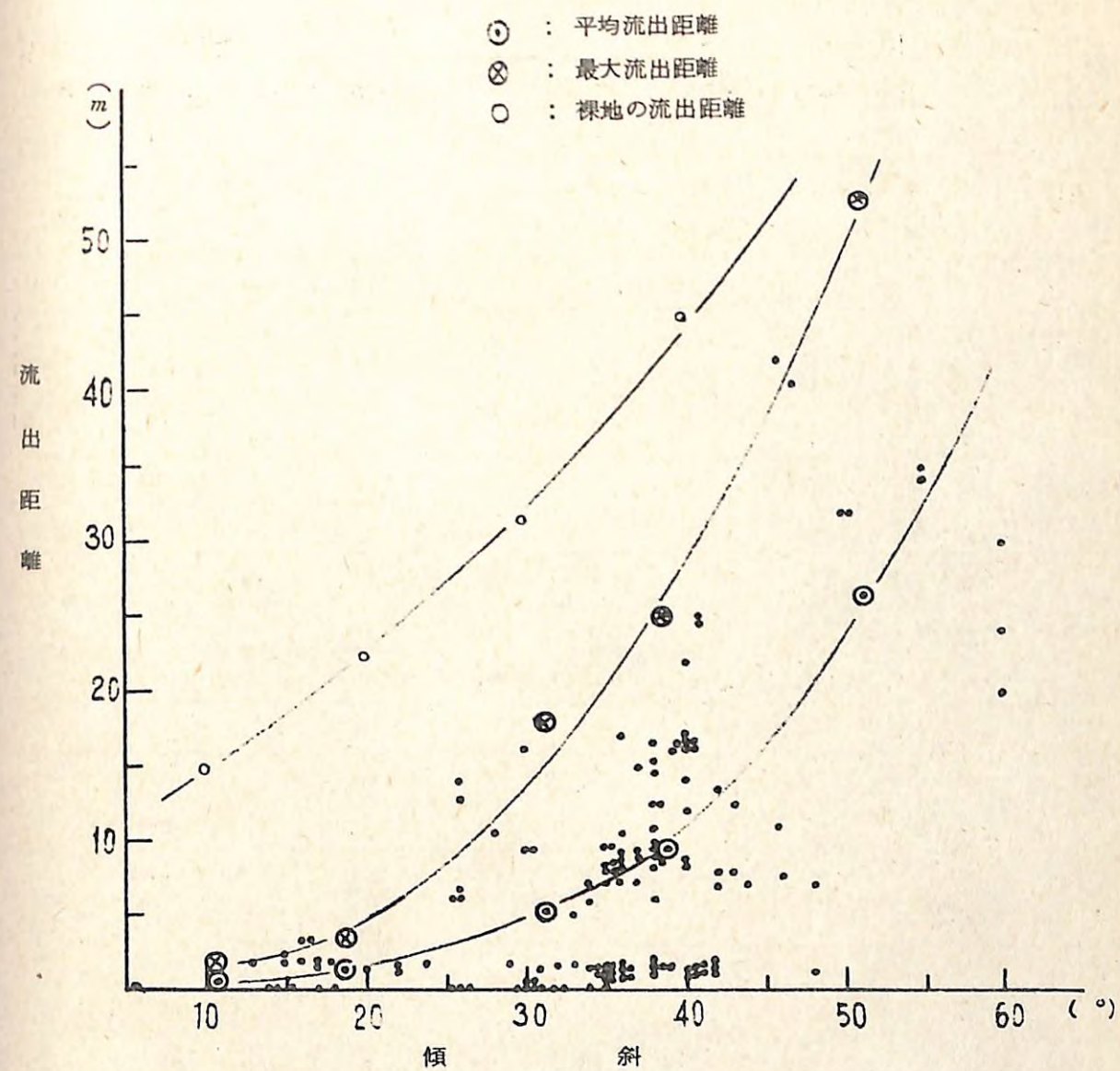


図-5 傾斜と流出距離



表-4 傾斜・樹草指数と流出距離

| 傾斜<br>指数 | 立 木<br>草 本  | ～2.0            |                 |                  |                   | 2.1～4.0          |                 |                |              |
|----------|-------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|-----------------|----------------|--------------|
|          |             | ～2.0            | 2.1～4.0         | 4.1～6.0          | 6.1～              | ～2.0             | 2.1～4.0         | 4.1～6.0        | 6.1～         |
| 度<br>～15 | 度 数         | 3               | 2               | 1                |                   | 1                | 1               | 1              |              |
|          | 流 出m<br>距 離 | 13<br>0～1.9     | 20<br>1.9～2.0   | 0                |                   | 0                | 0               | 11.5           |              |
| 16～25    | 度 数         | 3               | 1               | 3                |                   | 1                | 1               | 1              | 1            |
|          | 流 出m<br>距 離 | 12<br>0～1.8     | 1.9             |                  |                   | 1.8              | 1.9             | 1.9            | 3.5          |
| 26～35    | 度 数         | 2               |                 | 7                |                   | 8                | 3               |                | 2            |
|          | 流 出m<br>距 離 | 9.0<br>1.6～1.63 |                 | 7.6<br>0～18.9    |                   | 10.5<br>1.5～17.9 | 6.9<br>1.7～10.6 |                | 4.9<br>0～9.7 |
| 36～45    | 度 数         | 8               | 6               | 4                | 3                 | 12               | 1               | 6              | 3            |
|          | 流 出m<br>距 離 | 128<br>1.5～25.2 | 7.9<br>1.5～16.8 | 13.6<br>6.2～22.0 | 14.6<br>12.5～16.7 | 11.4<br>1.5～25.0 | 9.8<br>7.1～12.6 | 9.6<br>1.6～9.5 | 6.1          |
| 46～      | 度 数         |                 |                 | 1                |                   | 4                | 2               |                |              |
|          | 流 出m<br>距 離 |                 |                 | 14.6             |                   | 18.8<br>1.3～30.0 | 9.4<br>7.7～11.1 |                |              |
| 合 計(度数)  |             | 13              | 9               | 7                | 15                | 25               | 6               | 10             | 7            |
|          |             | 44              |                 |                  |                   | 48               |                 |                |              |

| 4.1～6.0  |         |         |           | 6.1～    |         |          |      | 度 数 合 計<br>平均流出距離 |
|----------|---------|---------|-----------|---------|---------|----------|------|-------------------|
| ～2.0     | 2.1～4.0 | 4.1～6.0 | 6.1～      | ～2.0    | 2.1～4.0 | 4.1～6.0  | 6.1～ |                   |
|          |         |         |           | 1       |         |          |      | 10                |
|          |         |         |           | 0       |         |          |      | 1.9               |
| 1        |         | 1       |           | 1       |         |          |      | 14                |
| 3.4      |         | 1.5     |           | 1.9     |         |          |      | 1.6               |
| 10       | 3       |         | 1         | 10      |         | 1        |      | 47                |
| 3.9      | 2.2     |         |           | 0.7     |         |          |      | 5.1               |
| 0～14.2   | 0～5.0   |         | 1.6       | 0～1.8   |         | 1.7      |      |                   |
| 8        | 3       | 1       | 2         | 4       |         | 2        |      | 63                |
| 5.9      | 3.8     |         | 1.34      | 3.0     |         | 1.28     |      | 9.5               |
| 1.5～13.5 | 1.5～8.3 | 1.6     | 1.12～15.6 | 1.5～7.1 |         | 9.4～16.2 |      |                   |
| 6        | 1       |         | 2         | 1       |         |          |      | 15                |
| 33.9     | 40.5    |         |           | 32.0    |         |          |      | 25.6              |
| 7.3～52.8 |         |         |           |         |         |          |      |                   |
| 25       | 7       | 2       | 3         | 17      |         | 3        |      | 149               |
| 37       |         |         |           | 20      |         |          |      |                   |



表-4は傾斜階級と高木指数と低木指数との合計（立木指数）および草本指数階級に対応した土石流出個所の度数と流出距離を示したものである。この表によると傾斜が25度までは度数が少なく、流出距離も短かくて林道作設による土石の流出が問題になる傾斜でない。また傾斜が45度を越えると土石の流出距離は極端に伸びて、林帯で流出を抑止する効果の低いことが予想される。26度～45度までの度数は110個所、全個所の74%に達しており林道の作設と保護に樹帯を設置して効果の大きい傾斜の範囲といえる。

図-5は傾斜と流出距離をプロットしたもので、10度ごとの土石の最大流出距離と平均流出距離ならびに林帯、林床植生のない場合の土砂の流出距離を推定して図示した。平均流出距離に対して最大流出距離は傾斜が急になると急激に長くなり、50度を超えるような急斜面になると林帯のない場合に接近する傾向が推定されて、林帯による土石流出に対する抑止効果は低くなることが予想される。

これまでのべてきた流出距離とは土石の粒度に関係せずに最も長く流出したものゝ距離を示してきたが、粒度別に流出距離との関係を示したのが表-5である。表-5は土石の流出距離の階級に対する粒度別の度数とそれぞれの粒度内の割合を示してある。土砂では流出距離の短いものが高い度数割合を示し、距離が長くなると度数が急激に減少する。以下砂利～破碎岩まで粒度が大きくなると流出距離の長いものの占める度数の割合が大きくなることが示されている。すなわち流出距離は粒度が小さい階級では、長いものが少なく粒度が大きいと長いものが多くなる傾向がわかる。粒度別の度数分布は粒度の小さいものが多く、大きくなると少なくなることが明らかである。

樹草指数と土石の流出距離をみると、高木・低木の合計指数である立木指数が大きくなると流出距離が短くなる傾向がうかがえる。また立木指数が4.0までは、草本指数の大きい度数もみられるが、立木指数が大きくなると草本指数の大きい度数が少なくなる傾向が明らかである。

表-4では傾斜が25度前後までは土石の流出に林帯の有無がそれ程影響せず、45度前後を超えると林帯による抑止が非常に困難になることが予想された。つぎに土石の流出抑止に林帯の効果を期待できる26度～45度の間の樹草指数と流出距離の関係を検討してみる。

表-5 土石の粒度と流出距離

| 流出距離<br>階級 | 土        | 砂        | 砂        | 利        | 礫        | 転        | 石        | 破        | 岩        | 合 計      |          |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|            | 測定<br>度数 | %<br>度数比 | 測定<br>度数 | %<br>度数比 | 測定<br>度数 | %<br>度数比 | 測定<br>度数 | %<br>度数比 | 測定<br>度数 | 測定<br>度数 | %<br>度数比 |
| 5 ~        | 25       | 37       | 19       | 37       | 2        | 11       | 4        | 21       | 3        | 53       | 31       |
| 6 ~        | 21       | 31       | 15       | 29       | 3        | 18       | 4        | 21       | 1        | 44       | 26       |
| 11 ~       | 13       | 19       | 8        | 16       | 1        | 6        | 2        | 11       | 1        | 25       | 15       |
| 16 ~       | 5        | 8        | 4        | 8        | 5        | 29       | 4        | 21       | 2        | 20       | 12       |
| 21 ~       | 3        | 5        | 4        | 8        | 2        | 12       | 3        | 16       | 3        | 14       | 8        |
| 26 ~       | 0        | 0        | 3        | 6        | 2        | 12       | 1        | 5        | 1        | 5        | 3        |
| 31 ~       | 0        | 0        | 1        | 2        | 2        | 12       | 1        | 5        | 2        | 6        | 4        |
| 合 計        | 67       | 100      | 51       | 100      | 17       | 100      | 19       | 100      | 13       | 167      | 100      |



図-6は表-4の26~45度の傾斜を5度の階級で分布をみたもので、36~40度が45%で最大、40~45度が13%で最小を示した。

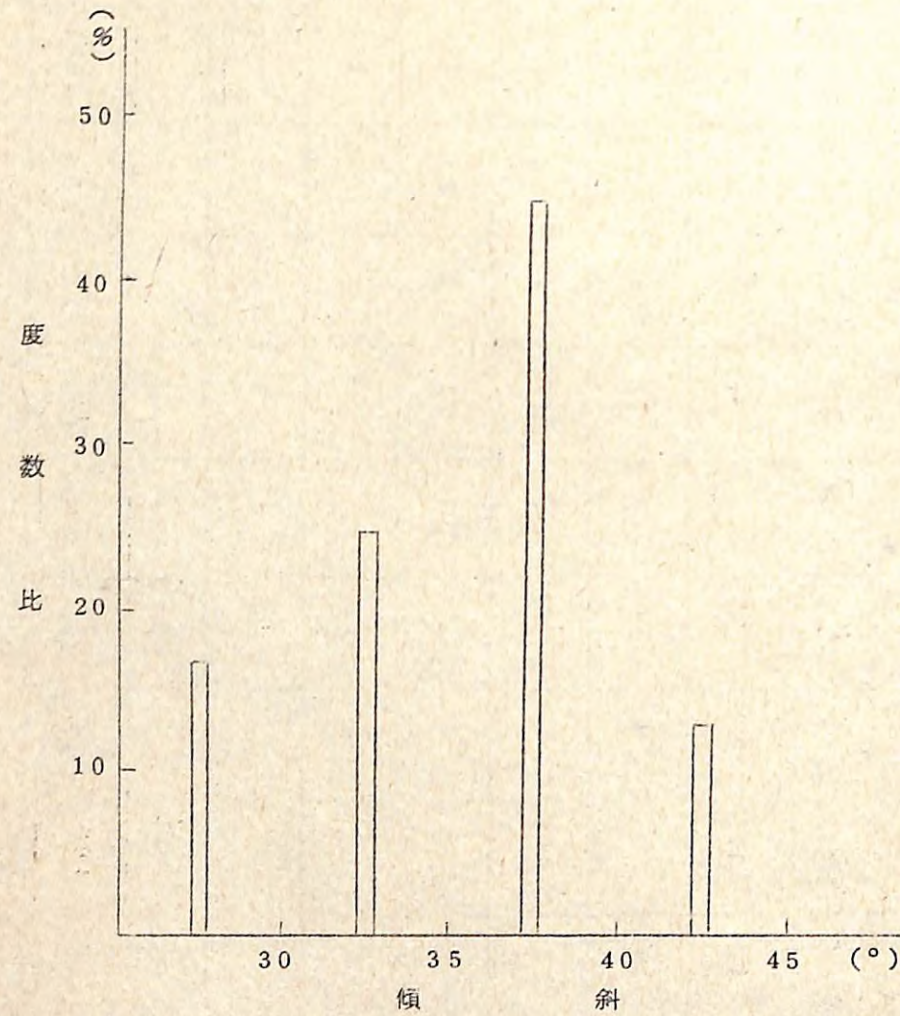


図-6 傾斜分布

図-7は高木指数と流出距離の関係を図示したものである。高木指数は、1.5以下、1.6~3.0、3.1~6.0、6.1以上の4階級の間の最大流出距離と平均流出距離をプロットしたものである。高木指数が増大すると最大、平均とも流出距離が減少して林木による流出抑止の傾向が明らかである。図-8は低木指数と流出距離の関係であるが、低木は高木に比べて指数が低いので、階級は0.5以下、0.6~1.0、1.0以上の3階級とした。低木でも流出距離は指数が増加すると、最大、平均とも減少することが明らかである。高木と低木はともに100m<sup>2</sup>内の根元直径の合計値(m)を立木指数とし、この立木指数と流出距離の関係を図示したのが図-9である。指数は2.0以下、2.1~4.0、4.1~6.0、6.1

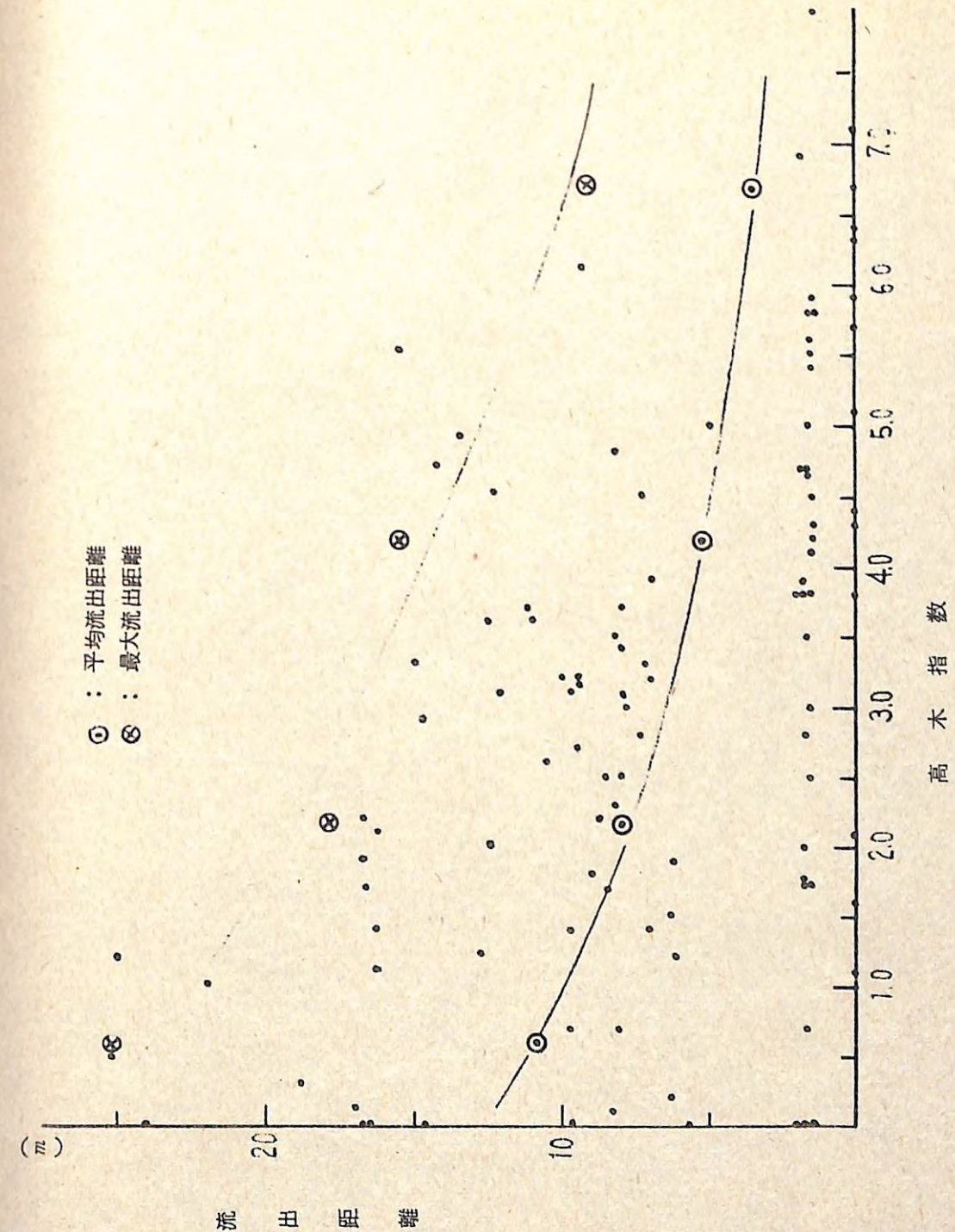


図-7 高木指数と流出距離



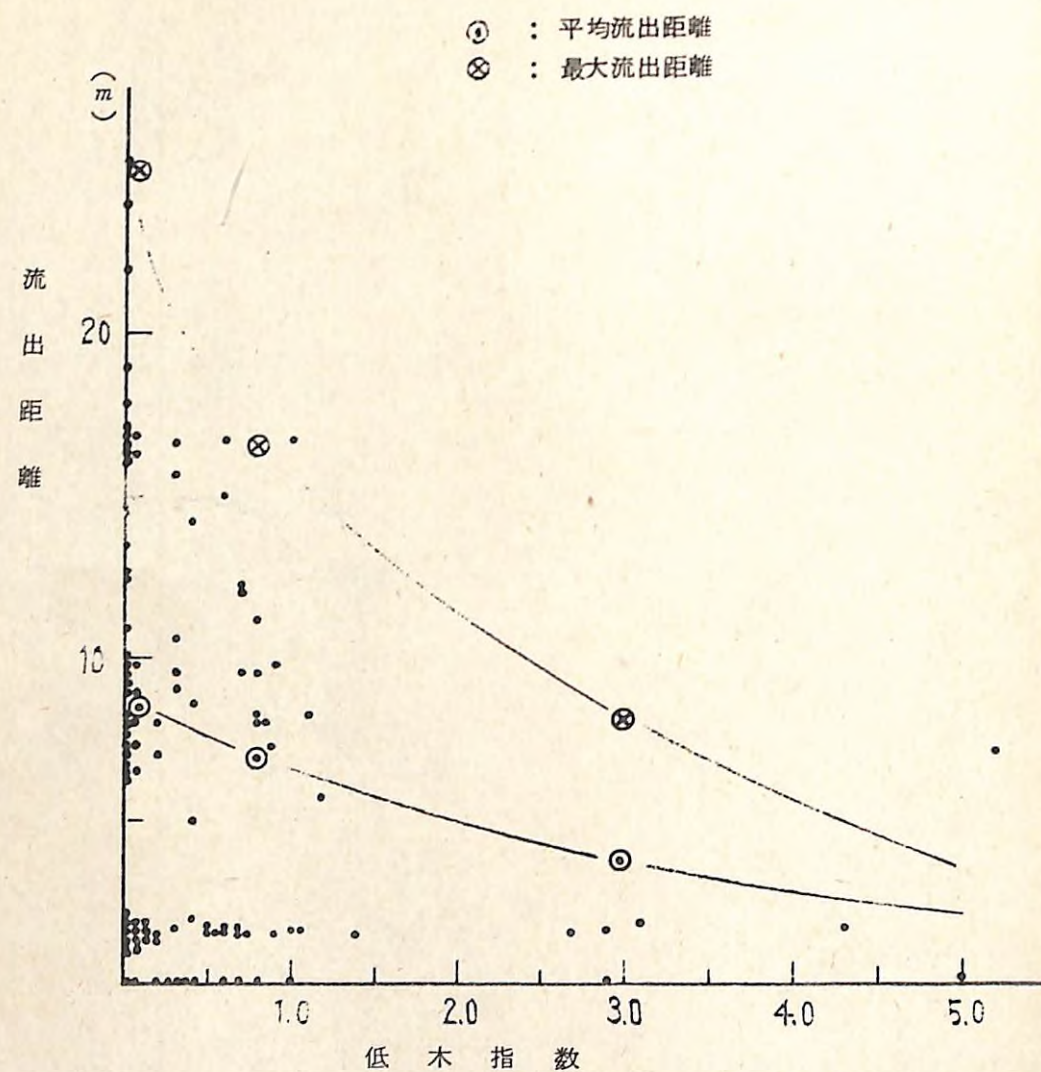


図-8 低木指数と流出距離

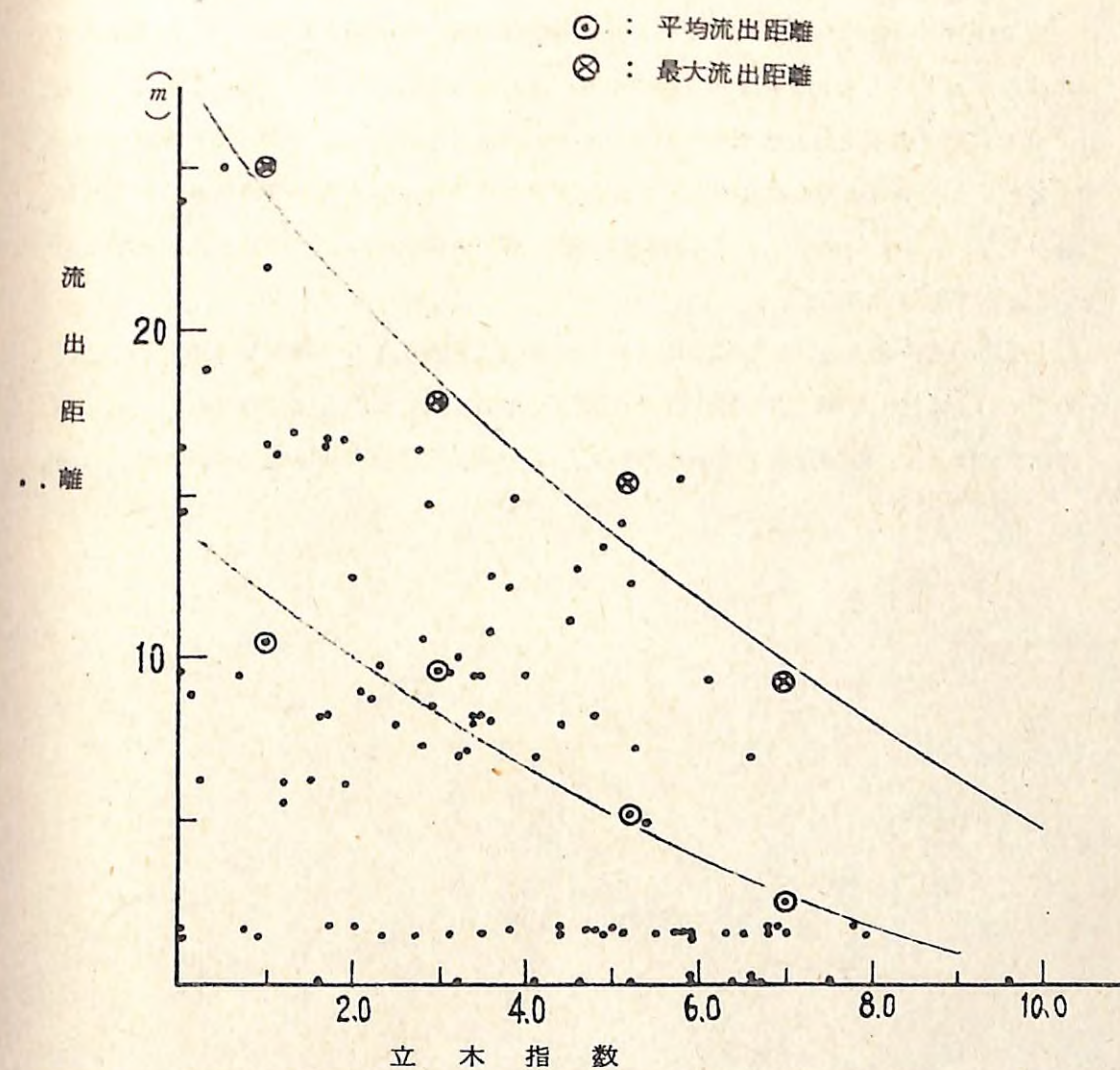


図-9 立木指数と流出距離



以上の4階級である。立木指数も指数が増大すると、流出距離は平均値、最大値とも減少して、林木が土石の流出抑止に影響の少ないことが予想される。

図-10は草本指数と土石流出距離の関係を示したものである。この図から両者の関係は一定の傾向がみられない。草本は高・低木の密度が大きくなると小さくなる傾向があり、草本指数が大きいことは高・低木指数が小さいことになる。したがって図-5~7でみられるように高・低木指数と流出距離が明らかな傾向を示したことから、図-8の関係から予想すると、土石の流出抑止には土石の粒径が関連して高木、低木の影響は大きいが草本は影響の少ないものといえる。とくに粒径の大きい礫・破碎岩についてはほとんど抵抗し得ないことが予想される。

以上土石の流出に直接影響している傾斜と樹草指数を因子として検討してみたが、各因子の値に対する流出距離は変化が大きく両者間で相関を求めることは適当でない。したがってここでは各因子の測定値とこれに対応した最大および平均流出距離について検討した。

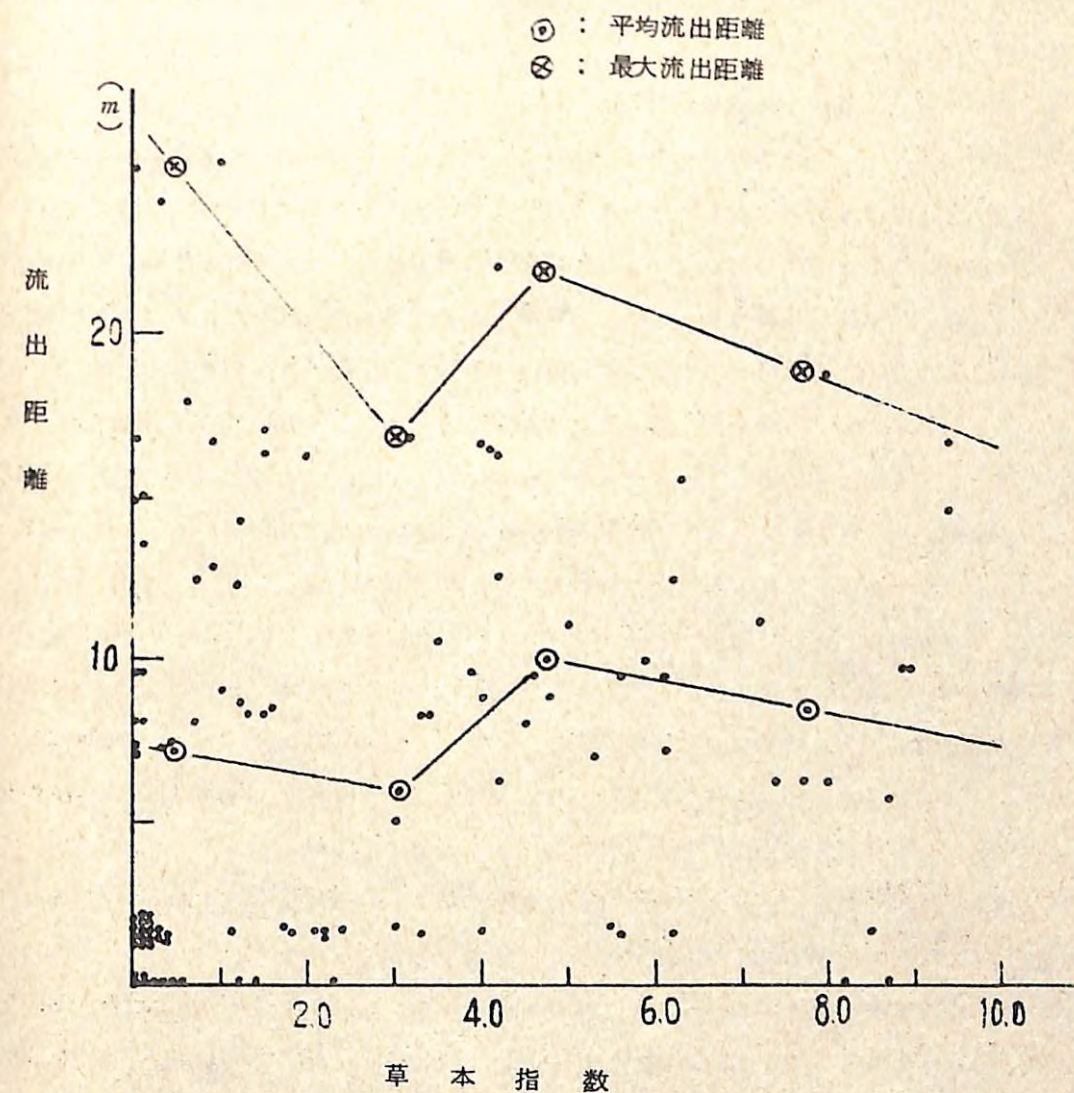


図-10 草本指数と流出距離



#### (4) 被害の発生状況

被害は損傷木として転石、破碎岩による剥皮と発破による幹枝の折損および倒木に区分したが、幹枝の折損被害はまれに発生した程度にすぎなかったもので、剥皮と倒木についてとりまとめた。

##### (4)-1 損傷木（剥皮）の調査結果

調査地のうち剥皮の被害が発生した路線の結果は表-6のとおりである。剥皮の被害が発生する個所は傾斜が概して急である。急傾斜では土壌が薄く、林道の作設にあたっては基岩を切取る頻度の高くなることが多発する原因と予想される。また剥皮被害木は林縁に多いが、傾斜が強くなると発生は林縁からの距離が長くなることがかかる。剥皮は直径の大きい林分で多く発生する傾向がある。剥皮の大きさのうち幹周に対する剥皮幅をみると、10%前後から50%を超えるものまで、地形、岩石の種類あるいは樹種によって異なるものと予想されるが、20~30%程度のものが多い。剥皮被害木は直径が大で、林令の高い林分で発生が目立つので、この程度の被害でも生長停止あるいは病虫害を誘発して枯損の原因となることが予想される。

掛川署管内の調査では傾斜38度、林令50年、樹高約15m、胸高直径約25cm、根元直径約32cm、立木密度が15本/100m<sup>2</sup>のヒノキ林分では、地表から高さ30~50cm、剥皮幅/幹周が30~40%程度の被害が、幅5~6mにわたり斜距離にして30m以上も剥皮された個所があった。このような被害を受けた林分ではある程度の枯損は免れず、枯死に到らないまでも今後の生長は期待できない。

剥皮の被害は切り取り部分が岩石の場合に発生が多く、発破による岩石の飛散あるいは破碎された岩石を押し出すために加速されて被害を大きくしている。

本調査は調査方法で説明したとおり調査個所の林道から直角（最大傾斜線方向）に下方に幅2mのトランセクト内に発生したものについて調査したものである。したがって路線全体の発生割合は直接予想できないが、路線の状況から発生の傾向を予測する目安になる。

しかし最近ではこのような被害を軽減するため、施工前に、むしろ、古タイヤなどで樹幹を被覆する工法が多く採用されるため、剥皮による被害は少なくなりつつある。

##### (4)-2 倒木の調査結果

倒木の調査も被害木と同様に調査個所のトランセクトにかゝるものだけを対象とした。表-7は調査地のうち倒木の被害が発生した路線の調査結果を示したものである。倒木

表-6 損傷木（剥皮）調査地の概況と調査結果

| 管林局<br>名 | 林道名     | 全調査<br>個所 | 発生<br>個所 | 本数 | 傾斜<br>°       | 林縁～<br>損傷木<br>m | 樹種                   | 樹高<br>m       | 胸高<br>直径<br>cm | 剥<br>幅<br>cm  | 皮<br>長<br>cm   | 幅/幹周              |
|----------|---------|-----------|----------|----|---------------|-----------------|----------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------------|
| 旭川       | 鷹泊峠     | 21        | 5        | 5  | 15.2<br>8~22  | 1.2<br>0.4~2.9  | トドマツ、イタヤ、キハダ         | 9.8<br>6~15   | 18.2<br>3~36   | 3.8<br>2~6    | 15.4<br>5~26   | 0.12<br>0.04~0.21 |
| 帯広       | 不二川迂回   | 20        | 1        | 3  | 40.0          | 0               | トドマツ                 | 15.3<br>8~19  | 33.3<br>16~40  | 17.0<br>10~24 | 49.0<br>10~72  | 0.19<br>0.07~0.32 |
| 札幌       | 駅通の沢    | 21        | 2        | 2  | 30.0          | 8.6             | シラカバ、エゾマツ            | 20.5<br>18~23 | 37.5<br>25~50  | 7.0<br>4~10   | 12.5<br>5~20   | 0.06<br>0.05~0.06 |
| 秋田       | 杉沢・荒沢支線 | 21        | 9        | 15 | 38.0<br>17~55 | 1.37<br>1.5~4.0 | イタヤ、ナラ、ブナ、サワグルミ      | 17.0<br>11~35 | 25.0<br>14~60  | 31.3<br>6~94  | 55.9<br>15~125 | 0.36<br>0.11~0.80 |
| 前橋       | 上沢渡     | 18        | 7        | 10 | 32.4<br>10~45 | 7.9<br>0~17.4   | ヒノキ、スギ、ブナ            | 13.6<br>8~21  | 16.1<br>8~24   | 9.1<br>0~20   | 26.7<br>9~30   | 0.18<br>0.11~0.27 |
| 長野       | 笹川      | 26        | 6        | 6  | 35.7<br>32~42 | 3.6<br>1.5~6.2  | コメツガ、カンバ、サワラ         | 22.2<br>14~26 | 51.3<br>38~72  | 16.7<br>10~30 | 56.7<br>40~80  | 0.10<br>0.07~0.16 |
| 名古屋      | タツガヒゲ   | 21        | 3        | 3  | 35.7<br>28~43 | 1.1<br>0.7~1.8  | ヒノキ、サクラ              | 23.7<br>20~28 | 36.7<br>22~64  | 25.0<br>5~60  | 46.7<br>30~60  | 0.17<br>0.07~0.30 |
| 大阪       | 大台・堂倉支線 | 20        | 9        | 14 | 33.9<br>23~44 | 4.9<br>1.6~12.9 | ヒノキ、ツガ、カエデ、ミズキ、サワグルミ | 11.4<br>6~24  | 18.7<br>6~53   | 11.0<br>5~18  | 65.9<br>28~115 | 0.23<br>0.09~0.41 |
| 高知       | 正木      | 10        | 3        | 3  | 38.3<br>35~40 | 9.9<br>0~15.2   | ヒノキ                  | 6.7<br>6~8    | 8.3<br>7~10    | 5.0           | 58.3<br>40~80  | 0.20<br>0.16~0.23 |
| 熊本       | 犬ヶ八重    | 3         | 2        | 7  | 33.5<br>24~43 | 4.2<br>1.8~6.6  | コジイ、スギ               | 10.5<br>9~12  | 14.5<br>12~17  | 17.0<br>12~22 | 20.0<br>18~20  | 0.41<br>0.23~0.58 |
| "        | 小河内     | 10        | 1        | 3  | 38.0          | 7.9             | カゴノキ、イヌノキ            | 6.3<br>6~7    | 6.0<br>4~8     | 11.7<br>5~20  | 21.7<br>5~30   | 0.57<br>0.38~0.80 |



表一 7 倒木調査地の概況と調査結果

| 管 林 局 名 | 林 道 名   | 全調査<br>個 所 | 生 発<br>個 所 | 本 数 | 傾 斜           | 林 縁<br>倒 木      | 樹 種                      | 樹 高           | 胸 高<br>直 径    |
|---------|---------|------------|------------|-----|---------------|-----------------|--------------------------|---------------|---------------|
| 旭 川     | 鷹 泊 峠   | 21         | 3          | 3   | 16.0          | 1.7<br>0.8~2.2  | イタヤ, タモ                  | 9.0<br>7~12   | 13.3<br>7~20  |
| 青 森     | 六 枚 橋   | 12         | 1          | 1   | 28.0          | 4.4             | ブナ                       | 12.0          | 18.0          |
| 秋 田     | 杉沢・荒沢支線 | 21         | 2          | 3   | 51.5<br>45~48 | 4.9<br>3.5~6.2  | サクラ, ネズコ                 | 10.0          | 13.0          |
| 前 橋     | 上 沢 渡   | 18         | 4          | 5   | 42.5<br>38~48 | 0.3<br>0~1.3    | ブナ, シデ, クリ,<br>コナラ, ホホノキ | 14.0<br>11~17 | 13.8<br>10~18 |
| 大 阪     | 大台・堂倉支線 | 20         | 4          | 4   | 32.8<br>27~40 | 5.1<br>0.9~10.7 | ヒノキ, ヒメシヤラ               | 9.5<br>5~15   | 15.0<br>6~28  |
| 熊 本     | 犬 ヶ 八 重 | 3          | 2          | 5   | 25.5<br>24~27 | 0               | スギ, サクラ,<br>コジイ, タブ      | 8.0           | 9.0<br>7~11   |
| "       | 小 河 内   | 10         | 1          | 2   | 38.0          | 0               | ミズキ                      | 9.5<br>9~10   | 13.0<br>12~14 |

は剥皮被害にくらべるとはるかに発生は少なく、傾斜との関連はみられない。倒木での特徴は発生したものゝ多くが、林縁あるいはこれに近い個所で、林内で発生することは稀である。これは倒木が土石の堆積によるものであり、林道近くは最も堆積深の大きな部分であることによる。また倒木は林令が低く、生長量の小さい林令での発生が多く見受けられ、生長量は表一 6 の剥皮木にくらべてはるかに小さい。このように生長量の小さい幼若令林は、樹幹が柔軟で、根系の発達も十分とはいえないことが発生の原因といえる。

林道の施工に際して倒木の発生を予想して防止工法を実施することはほとんど見受けられないが、現場の一部ではロープを使用し、樹幹を上方に索引して捨土する方法を試みていた。しかし幼令あるいは若令林では捨土することは今後の生育に障害が大きく、捨土は運搬して処理するように工法を検討すべきであろう。

#### (5) 枯損木の処理

調査方法でのべたとおり開設後数年(5~10年を標準)を経過した路線で約1.000m前後を目途に調査したものである。表一 8 は調査地の概況を示したものである。林道開設後、調査までの経過年数は3年から10年で平均は約6年であった。林種は表一 1 の流出土石調査地とはほぼ同様で、北海道、東北は天然林、その他は人工林と天然林が混在している。平均標高は200m位から1,300mでは国有林の経営の中心となる地域といえる。調査個所の傾斜は平均約34度で流出土石調査地と大差はなく、堆積深は平均約0.7mで前者の0.6mにくらべてやゝ大きな値を示した。

これら枯損木を生じた個所に堆積している土石は一部侵食、崩壊している個所もあるが、大部分はほぼ安定状態とみられる。

表一 9 は枯損木の樹種、林令、生長量と林道沿長に対する枯損率、枯損度、枯損原因などに関する調査結果である。

本調査では枯損木を生じた林分の林令は38年~260年におよんでいて、平均86年と極めて高い林令であり、したがって胸高直径も平均約29cmと大径木が多い。このような傾向は老令化した立木では剥皮、埋没などの被害に対して抵抗力が弱く、生長する活力が低いことが予想されることである。枯損率は枯損本数を林道延長100m当りの本数で示したもので、東京局大平林道の0.06から熊本局豊栄林道の6.9までであって、平均2.3であった。



表-8 枯損木調査地の概況

| 営 林 局<br>名 | 事 業 区<br>名 | 林 道 名    | 開 設<br>年 次 | 調 査<br>年 次 | 調 査<br>個所数 | 林 種          | 平 均<br>標 高 |
|------------|------------|----------|------------|------------|------------|--------------|------------|
| 旭 川        | 名 寄        | 恩 根 内 越  | 昭和<br>38   | 昭和<br>48   | 33         | 天然林          |            |
| 北 見        | 留 辺 藁      | やちぶきの沢   | 41         | 48         | 4          | "            | 650        |
| 帯 広        | 本 別        | 本 別 沢    | 39         | 48         | 6          | "            | 300        |
| "          | 新 得        | パンケニコロベツ | 40         | 48         | 19         | "            | 850        |
| 函 館        | 木 古 内      | チ リ チ リ  | 43         | 49         | 6          | "            | 300        |
| 青 森        | 青 森        | 嘉 瀬 子 内  | 42         | 49         | 10         | "            |            |
| 秋 田        | 秋 田        | 仁 別      | 38         | 48         | 14         | 天然林<br>人工林   | 220        |
| 前 橋        | 沼 田        | 栗 原 川    | 43         | 48         | 5          | 天然林<br>人工林   | 1,200      |
| 東 京        | 東 京        | 大 平      | 42~45      | 49         | 6          | 人工林<br>(スギ)  | 500        |
| 長 野        | 藪 原        | 笹 川      | 43         | 48         | 22         | 人工林<br>(ヒノキ) | 1,300      |
| 名 古 屋      | 中 津 川      | 阿 木      | 40         | 49         | 21         | 人工林<br>(ヒノキ) | 1,100      |
| 大 阪        | 尾 鷲        | 大 台      | 43~44      | 48         | 19         | 天然林          | 1,100      |
| 高 知        | 宿 毛        | 正 木      | 46         | 49         | 10         | 人工林<br>(ヒノキ) | 450        |
| 熊 本        | 竹 田        | 豊 栄      | 45         | 49         | 69         | 天然林          | 650        |

| 傾 斜         | 堆 積 深                        | 林 縁 ~<br>枯 損 木            | 地 質                  | 土 性                | 備 考                     |
|-------------|------------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| 15<br>4~30  | 1.00 <sup>m</sup><br>0.6~1.9 | 15.0 <sup>m</sup><br>4~30 | 白 亜 紀 層<br>頁 岩 ・ 砂 岩 | 植 質 壤 土            | 安 定                     |
| 33<br>20~40 | 0.40<br>0.3~0.5              | 0.8<br>0~3                | 火 成 岩                | 植 質 土              | 安 定                     |
| 35          | 0.52<br>0.4~0.6              | 13.0<br>10~16             |                      |                    |                         |
| 33<br>30~45 | 0.27<br>0~0.6                | 0.9<br>0~8                | 熔 結 凝 灰 岩            | 乾 性 褐 色 土<br>森 林 土 | 安 定                     |
| 40<br>30~45 | 1.00<br>0.3~2.0              | 1.8<br>0~5                | 頁 岩                  | 壤 土                | 安定・不安定<br>ほと半々          |
| 36<br>20~48 | 0.70<br>0~1.5                | 6.2<br>1~20               | 凝 灰 岩                | 粘 性 土              | 安定                      |
| 47<br>40~65 | 0.41<br>0~1.0                | 22.0<br>4~40              | 粗 粒 玄 武 岩            | 砂 質 壤 土            | ほぼ安定<br>一部は崩壊あり不安定      |
| 44<br>38~50 | 0.17<br>0~0.8                | 13.9<br>10~25             | 輝 石 安 山 岩            | 砂 壤 土              | ほぼ安定                    |
| 30<br>25~40 | 1.50<br>1.0~2.0              | 1.8<br>1.5~2              | 千 枚 岩 質 粘 板 岩        | 壤 土                | ほぼ安定, 一部に浸食,<br>崩落あり不安定 |
| 30<br>11~40 | 1.00<br>0.6~2.5              | 9.5<br>1~31               | 粘 板 岩 ・ 砂 岩          | 砂 壤 土              | ほぼ安定                    |
| 29<br>13~42 | -                            | -                         | 花 崗 岩                | 砂 壤 土              | ほぼ安定<br>一部に崩壊あり不安定      |
| 37<br>28~42 | 0.90<br>0~2.0                | 13.5<br>0~42              | 頁 岩                  | 砂 壤 土 ・ 礫 土        | ほぼ安定                    |
| 36<br>30~45 | 0.80<br>0~1.5                | 6.1<br>2~12               | 砂 岩                  | 植 質 土              | 安 定                     |
| 37<br>25~50 | 0.66<br>0~2.5                | 19.2<br>1~40              | 流 紋 岩                | 砂 壤 土              | ほぼ安定                    |



表-9 枯損木の調査結果

| 林道名      | 枯 損 木                                    |        |       |       |             |
|----------|--|--------|-------|-------|-------------|
|          | 樹 種                                      | 樹 令    | 樹 高   | 胸高直径  | 本 数         |
| 恩 根 内 越  | トドマツ, ニレ<br>他広葉樹                         | 50 年   | 18 m  | 36 cm | 51 本        |
|          |  | 24~80  | 12~26 | 14~58 |             |
| やちぶきの沢   | トドマツ, エゾマツ                               | 70     | 11    | 17    | 9           |
|          |  | 45~100 | 8~16  | 10~26 |             |
| 本 別 沢    | トドマツ, エゾマツ, 広葉樹                          | 38     | 22    | 32    | 6           |
|          |  | 30~60  | 16~27 | 24~46 |             |
| パンコニコロベツ | トドマツ, エゾマツ                               | 74     | 16    | 28    | 19          |
|          |  | 25~180 | 6~30  | 10~56 |             |
| チ リ チ リ  | ブナ, イタヤ                                  | 150    | 11    | 20    | 9           |
|          |  |        | 6~14  | 6~34  |             |
| 嘉 瀬 子 内  | ヒバ, ブナ, ナラ<br>他広葉樹                       | 106    | 10    | 25    | 20          |
|          |  | 55~200 | 3~17  | 10~62 |             |
| 仁 別      | スギ                                       | 58     | 17    | 26    | 41          |
|          |  | 10~160 | 6~42  | 4~140 |             |
| 栗 原 川    | ブナ, ナラ, 他広葉樹,<br>ヒノキ (人工)                | 50     | 9     | 23    | (25m)<br>27 |
|          |  | 40~60  | 8~12  | 14~30 |             |
| 大 平      | スギ, ヒノキ                                  | 54     | 14    | 24    | 2           |
|          |  |        | 12~15 | 20~28 |             |
| 笹 川      | ヒノキ, カラマツ<br>アカマツ, サワラ<br>ネズコ            | 49     | 8     | 16    | 15          |
|          |  |        | 5~16  | 8~28  |             |
| 阿 木      | ヒノキ                                      | 47     |       |       | 0           |
|          |  | 45~54  |       |       |             |
| 大 台      | ツガ, ミズナラ<br>ブナ他広葉樹                       | 260    | 15    | 41    | 61          |
|          |  |        | 6~24  | 16~82 |             |
| 正 木      | ヒノキ                                      | 58     |       |       | 0           |
|          |  |        |       |       |             |
| 豊 栄      | ツガ, アカマツ,<br>カン, ミズメ他広<br>葉樹<br>ヒノキ (人工) | 63     | 14    | 24    | 69          |
|          |  | 30~150 | 8~18  | 12~58 |             |

| 林道延長       | 枯損率<br>(本/100m) | 枯損度 (%)      | 枯損原因 (%)              | 備 考 |
|------------|-----------------|--------------|-----------------------|-----|
| m<br>1,840 | 本<br>2.8        | a 84<br>b 16 | A 90<br>H 10          |     |
| 850        | 1.1             | a 100        | A 100                 |     |
| 500        | 1.2             | a 100        | H 6                   |     |
| 570        | 3.3             | a 95<br>b 5  | A 100                 |     |
| 900        | 1.0             | a 56<br>b 44 | A 67<br>D 33          |     |
| 1,020      | 2.0             | a 100        | A 60<br>C, D, F, G 40 |     |
| 870        | 4.7             | a 12<br>c 88 | A 100                 |     |
| 1,000      | 108.0           | a 100        | A 48<br>B 22<br>D 30  |     |
| 3,500      | 0.06            | a 100        | A 100                 |     |
| 1,050      | 1.4             | a 60<br>b 40 | A 100                 |     |
| 1,000      | 0               |              |                       |     |
| 1,150      | 5.3             | a 67<br>b 33 | A 98<br>C 2           |     |
| 100        | 0               |              |                       |     |
| 1,000      | 6.9             | a 96<br>b 4  | A 54<br>B 41<br>F 5   |     |



枯損度は表-10に示す区分にしたがって各調査地毎の枯損度の割合を示した。

表-10 枯損度区分とその割合

| 区 分         | 比 率 |
|-------------|-----|
| a 完 全 枯 死   | 76% |
| b 枯 死 移 行 型 | 13  |
| c 生 長 停 止   | 11  |

枯損原因は表-11に示す区分にしたがって各調査地の原因別の割合を示した。枯損原因の多くは捨土石を原因としているが、その他の原因は調査地あるいは個所の特性によることが考えられる。

表-11 枯損原因別区分とその割合

| 区 分       | 比 率 |
|-----------|-----|
| A 捨 土 石   | 79% |
| a 倒 木     | 8   |
| b 折 損     | 1   |
| c 剥 皮     | 49  |
| d 埋 没     | 21  |
| B 発 破     | 10  |
| C ワ イ ヤ ー | 1   |
| D 侵 食     | 4   |
| E 風 倒     | 1   |
| F 雪 害     | 1   |
| G 虫 害     | 1   |
| H 環 境 変 化 | 3   |

全体の枯損度は表-10のとおりで、開設後5年前後を経過してもH, 田の状態のものが24%を占めていることは、現在正常な生育をしているとみられるものの中でも、何らかの被害を受けているものは枯損への危険性を含んでいることが予想される。

枯損原因は表-11のとおり、捨土石によるとみられるものが約80%近くを占め、そ

のうちでも剥皮によるものが49%、埋没によるものが21%に達しこの両者が全体の70%を占める結果になった。林道作設に捨土石が各種の被害を生ずる主因であることは当然であるが、林分への被害である枯損木は岩石の落下による剥皮が、ほぼ半数を占めている。しかし最近剥皮の被害を防止するため施工前に、むしろ・板・古タイヤなどを立木に巻付ける工法がとられているので、今後この被害は減少することは明らかである。これに反し埋没による被害を防止することは極めて困難である。(3)項でのべたとおり堆積深は林道直下から数mの範囲が最大となるので、埋没による被害はこの部分に発生している。したがってこの部分の土石の処理を検討する必要がある。

その他Bの発破は岩石地に発生する被害であり、岩石地としての工法の開発に頼らざるを得ない。

またHの環境変化とみられるものが一部でみられたが、これは風、温度、湿度などの気象的被害とみられるが主として寒冷地、高海拔地帯に危険性が高い。

東京局河津署管内で標高約730m、稜線に近い西向の斜面で林道延長約400mの間で61本の枯損木が測定された。調査地は天然林を伐採して、スギ、ヒノキを植栽し調査時はⅧ令級の人工林となっている。現在もモミの大木が点在しているが、そのほとんどは枯死状態である。林道は昭和44年に開設され、林道から山側はスギ、谷側はヒノキが植栽されている。枯損木のうち約48%にあたるスギは林道開設が直接の原因とはいえず、スギには不適地といえる場所に植栽されたことに問題があり、生育も極めて不良である。谷側の枯損木のうちの約半数はヒノキでその他は天然生のモミ、ツガ、ブナ、アカガシその他広葉樹が半数を占めている。この部分のヒノキは林道開設による剥皮埋没が枯損の主因といえるが、天然生樹種は樹令も高く風衝、乾燥など環境の変化が影響していることも一因と考えられた。

#### (6) 流出土石の抑止工法

従来林道工事では路体と盛土面の安定保護のため編さくやフトン蛇籠などを、盛土の斜面あるいは法尻に施工することがある。しかし一般には盛土の施工と同時にあるいは完成後に設置されることが多く、作設に際して流出する土石を防止する目的のものはほとんど見当たらない。

したがって工法の検討のため現地試験を計画したが、この種の工法としては資料が乏しく室内実験により基礎的な資料を得る必要もあり、時間的に困難なことが予想されたので極く限られた範囲の現地調査により検討した。



東京局掛川署は大代国有林で施業体系の開発に高密路網の整備を基本手段として、路網作設の技術開発を強力に進めてきた。この路網は作業道が主体であるが、保全工法として作設に先行して各種の構造物を施工して効果を挙げている。この掛川署の計画と成果を中心に、現地調査と併せ検討することとした。

掛川署では路網開発の当初切取土石の流出に対する処置を考慮せずに進めてきたが、流出土石により、倒木、剥皮損傷、林内の下層植生の埋没など林地、林木の被害が多く、また強雨には捨土の流出により路肩の侵食、崩壊など少なからず被害が発生した。

これらの被害を防止するとともに、極力切取り土量を少なくし、路肩の欠落を防ぐために各種の構造物の施工を計画した。

構造物は土木的には簡易なもので、木えんてい、丸太積、編さく、金網さくなどが施工されている。これに使用される材料は金網さくを除くと、すべて現地で供給されるもので主として支障木とその枝条が使用されている。木えんていは土石が集中して流出する小沢に施工されるもので、高さ2～3m、巾4～8m程度までとする。丸太積は山腹に施工されるもので、路肩に近く路肩と丸太積の間に土石を残留させるもので路肩の安定に効果が大きい。高さは50cm前後を標準とし、高くすることは土石の堆積を増大して将来に不安を残す。編さくは丸太積より簡易で高さもこれと同等あるいは更に低くすべきである。ただ材料の入手に経費を要する。また丸太積より斜面下方に施工すべきものと考えられる。金網さくはとくに転石が多く、速くへ飛散する時には有利で高さは1m前後で施工している。

掛川署ではこれらの工事を昭和46年度から実施し予想以上の効果が得られた。通常小沢を道路が通過するときは山側へ追込まざるを得ないが、木えんていを入れることによって路線のセンターは谷側を通ることができてカーブの半径を大きくし、作業の能率も上がった。丸太積は設置したことにより切取土量が少なくなり、捨土量は半減されている。またブルドーザの作業が容易で作設費が軽減された。

こゝでの効果は作業道の場合で道路の幅員も約3mであって、一般林道にくらべると、はるかに狭い。したがって通過する車両の重量も軽く作設は技術的にかなり異なることが予想されるので、一般林道についても同程度の効果を発揮できるかは疑問である。

しかし捨土について現地で調査した結果はかなりの効果があることが明らかで、とくに捨土量の少ない部分では編さくを施工してもよく土砂の流出を防止し、林木と林床の被害を軽減していた。たゞ傾斜が強く捨土量が多くなり、転石、破碎岩が流下するような箇所

は斜面の下方まで数列を設置することも必要になるものと思われた。

## (7) 模型実験

土砂流出抑止対策にはいろいろあるが、その1つとして林木を活用する方法がある。しかし、林木がどの程度の土砂流出抑止機能を有するかについてはさまざまな調査検討が必要である。本実験はその基礎資料を得るための模型実験である。

### (7) 1 実験方法

#### i) 実験の組合せ

林道開設による残土砂の林内流出状態は気象、地質、地形、林地内の立木状態および下層植生、残土砂量等によって異なるが、本実験では傾斜、立木を想定した杭密度、土砂の粒径、杭の配列、杭径の大小の5因子を取り、さらにこれらの因子を次のように細分して108通りの組合せをつくり実験を行なった。

傾 斜： 20° 30° 39°  
砂 の 粒 径： 0.6mm以下 0.6mm～1.2mm 1.2mm～2.5mm 2.5mm～5.0mm

杭 径：小（直径2.5mm 高さ8cm）

大（直径10mm 高さ10cm）

杭密度と配列：配列 杭密度（本/m<sup>2</sup>）

杭小の格子 0 1 5 6 6 2 5 2 5 0 0 1 0 0 0 0

杭小の千鳥 6 2 5 2 5 0 0

杭大の格子 1 5 6

杭大の千鳥 1 5 6

#### ii) 実験砂

実験用の砂は一度洗ってから空気乾燥させたもので砂の粒径別含水率および息角は表-12の通りである。

表-12 実 験 砂

| 粒 径 (mm)  | 含 水 率 (%) | 息 角 (°) |
|-----------|-----------|---------|
| 0.6 以下    | 0.8       | 21      |
| 0.6 ～ 1.2 | 0.4       | 21      |
| 1.2 ～ 2.5 | 0.4       | 22      |
| 2.5 ～ 5.0 | 0.3       | 23      |

#### iii) 実験装置

図-11のように傾斜が変換できる装置の上に長さ2m（上部45cmは砂の貯留、



下部15.5cmは砂の流出斜面), 幅30cm, 厚さ3cmの板を載せたものである。砂の流出斜面には適当な傾斜で実験ができるように凹凸のある生ゴム板をはりつけ, これに穴をあけて立木用の杭を立てた。

#### (7)-2 測定法

図-11の上部45cmの所に約6Kgの実験用の砂を入れ仕切蓋を上げて, 砂が斜面を流出した距離を測定した。なお, 測定値は同一の実験を3回繰返してその平均値をとった。また, 斜面15.5cm以上転げ落ちた砂の重量を測定し, それが全重量の1割以上であれば砂の流出距離を無限大とした。この他に砂の堆積状態をチェックするために, 砂の流出中心線に沿って最初の2点は5cm間隔, それ以後は間隔8cmごとに砂の堆積深さを測定した。

#### (7)-3 結果

108通りの実験結果は表-13の通りである。傾斜, 杭密度, 砂の粒径等の違いによる砂の堆積状態をチェックするために, 砂の最大堆積深と砂の流出距離(図-12)の関係をみると, 杭密度および杭の配列, 砂の粒径の違いがあっても傾斜 $20^\circ$ か傾斜 $30^\circ$ のいずれかのグループに属しており, 因子の違いによって特異な砂の最大堆積深があらわれたり, 流出距離になったりはしないようである。傾斜 $20^\circ$ と傾斜 $30^\circ$ で砂の流出距離が同じ場合は傾斜 $30^\circ$ の方が砂の最大堆積深が小さい。これは傾斜 $30^\circ$ の方が傾斜 $20^\circ$ のときより最大堆積深に近い堆積状態が続いていることを示している。次に, 砂の堆積傾斜 $\tan \theta$ (砂の最大堆積深/その地点より砂の最終到達地点までの距離)と砂の流出距離(図-13)の関係から砂の堆積状態をみると, 傾斜による差もなくなり, すべての点が同一曲線上にのってしまい, 因子が異っていても特異な形状で堆積するのではなく同じような堆積傾向をもって堆積していくようである。

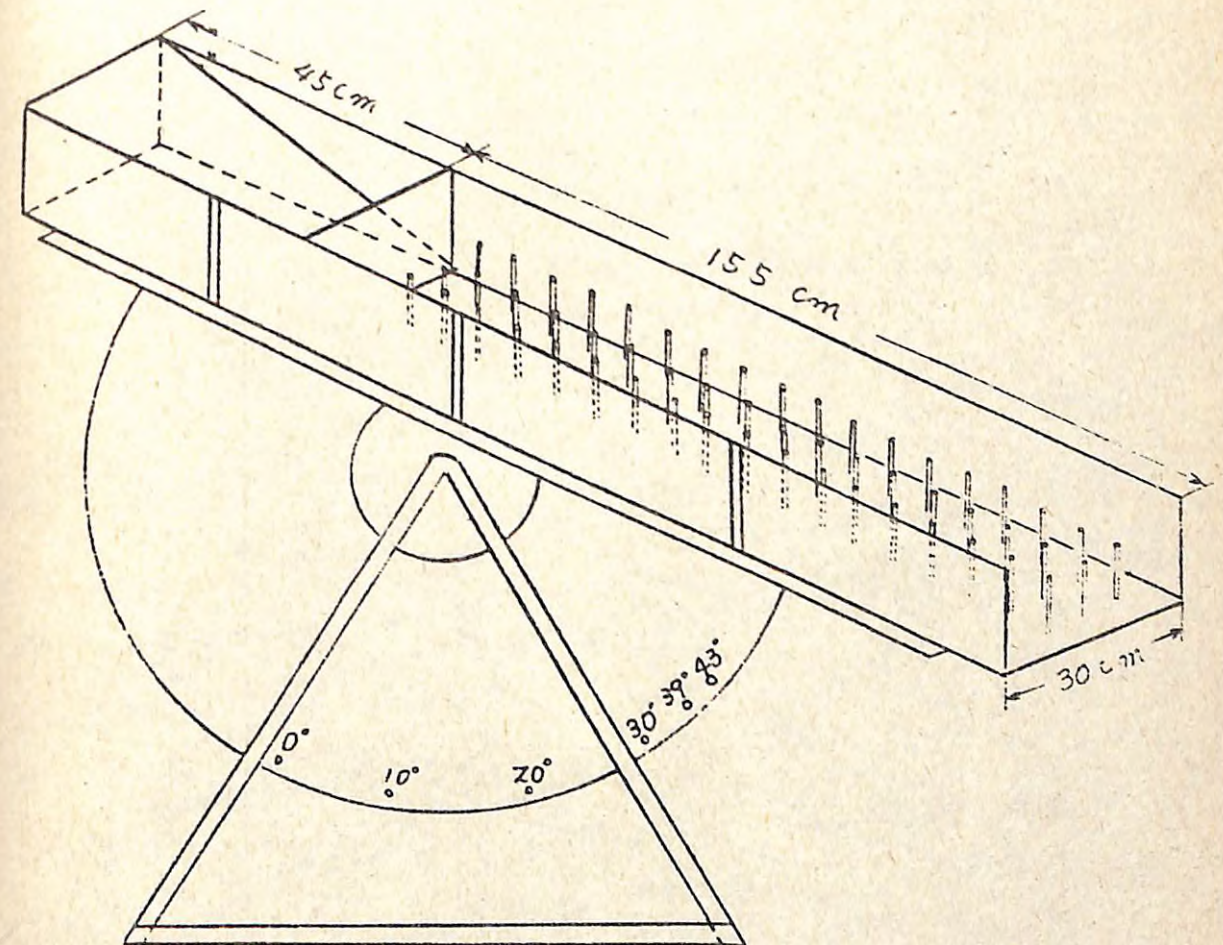


図-11 実験装置



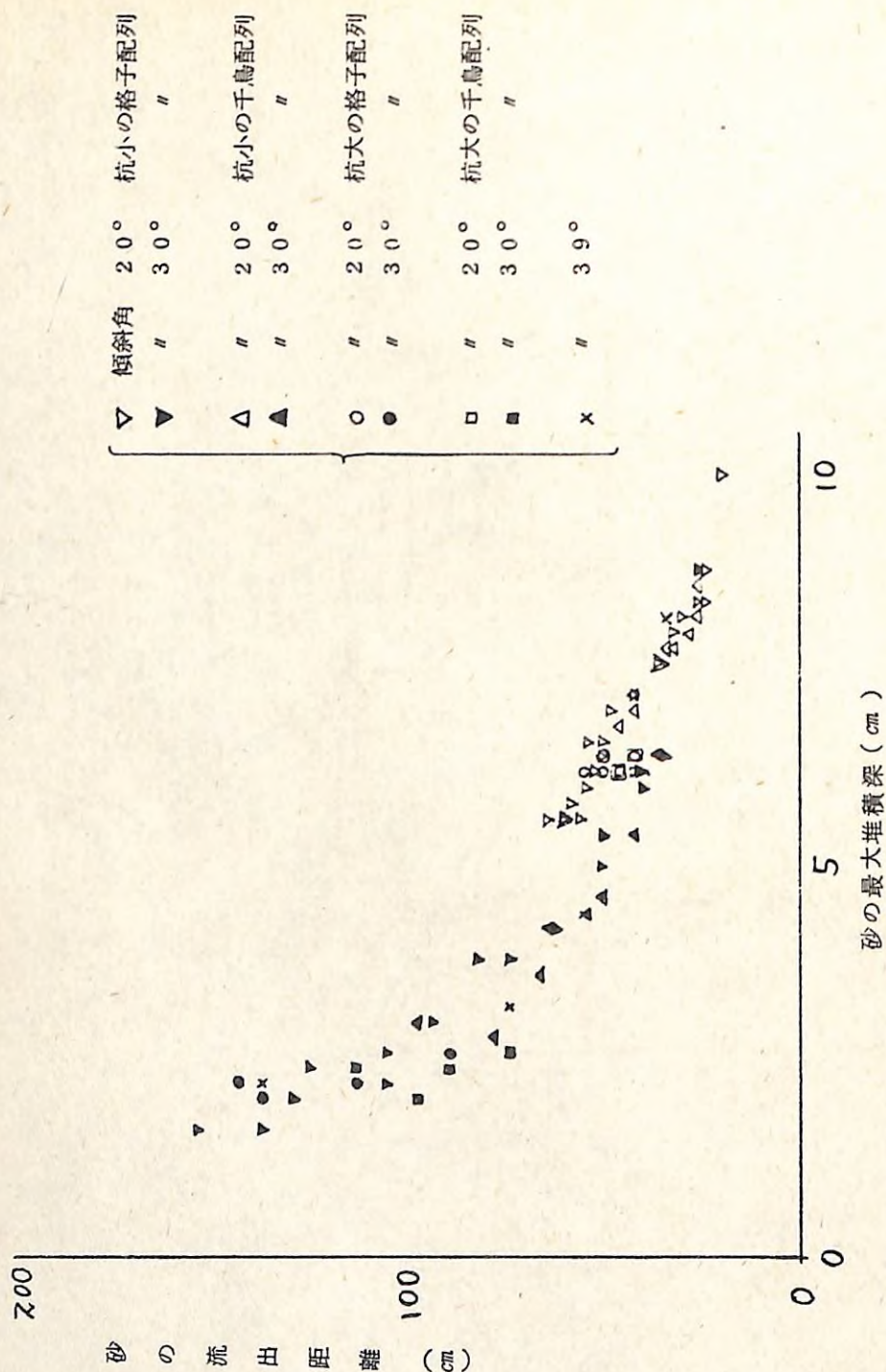


図-12 砂の最大堆積深と砂の流出距離



表-13 砂の流出距離

| 杭の<br>大小 | 杭の<br>配列 | 杭<br>密度<br>(本/m <sup>2</sup> ) | 傾斜角<br>(°) | 砂の<br>粒 径<br>(mm) | 流 出<br>距 離<br>(cm) | 堆積角<br>(tan θ)   | 落 重<br>量<br>(kg)        | 最 大<br>堆積深<br>(cm)                                       | 距 離 別 堆 積 深 さ (cm)  |
|----------|----------|--------------------------------|------------|-------------------|--------------------|--|-------------------------|--|---|
| 杭<br>小   |          | 0                              | 20         | 0.6以下             | 64                 | 0.09   | 0.00                    | 5.6  | 0・5・10・18・26・34・42・50・58・66・74・82・90・98・106・114・122・130・138・146・154 |
|          |          |                                |            | 0.6~1.2           | 60                 | 0.10   | 0.00                    | 5.6  | 5.6 50 40 30 18 10 06 02 02   |
|          |          |                                |            | 1.2~2.5           | 60                 | 0.09   | 0.01                    | 5.6  | 5.6 52 42 32 20 12 06 02 02   |
|          |          |                                |            | 2.5~5.0           | 56                 | 0.10   | 0.06                    | 5.6  | 5.6 52 46 34 22 14 08 04 04   |
|          |          | 30                             | 0.6以下      | ∞                 | 0.01               | 1.10   | 1.2                     | 12 10 10 10 08 08 08 08 08 06 06 06 06 06 04 02 02 02    |   |
|          |          |                                | 0.6~1.2    | ∞                 | 0.01               | 0.26   | 1.2                     | 12 12 12 12 10 10 08 08 08 08 08 06 06 06 06 06 04 02    |   |
|          |          |                                | 1.2~2.5    | ∞                 | 0.01               | 0.46   | 1.2                     | 12 12 12 12 10 10 10 10 08 08 08 06 06 06 04 02 02 02    |   |
|          |          |                                | 2.5~5.0    | ∞                 | 0.01               | 2.04   | 1.2                     | 12 12 12 12 10 10 10 10 08 06 06 06 04 04 02 02 02 02    |   |
|          |          | 39                             | 0.6以下      | ∞                 | 0.00               | 5.20   | (0.1)                   | 0.1 0.1 0.0 " " " " " " " " " " " "                      |   |
|          |          |                                | 0.6~1.2    | ∞                 | 0.00               | 5.20   | (0.1)                   | 0.1 0.1 0.1 0.1 0.0 " " " " " " " " " " " "              |   |
|          |          |                                | 1.2~2.5    | ∞                 | 0.00               | 5.76   | 0.2                     | 0.2 0.2 0.2 0.0 " " " " " " " " " " " "                  |   |
|          |          |                                | 2.5~5.0    | ∞                 | 0.00               | 5.96   | 0.0                     | 0.0 " " " " " " " " " " " " " " " "                      |   |
| 格<br>子   |          | 156                            | 20         | 0.6以下             | 58                 | 0.10   | 0.00                    | 5.8  | 58 56 48 36 26 14 08 04 02  |
|          |          |                                |            | 0.6~1.2           | 54                 | 0.11   | 0.00                    | 6.0  | 60 54 46 34 22 14 08 04   |
|          |          |                                |            | 1.2~2.5           | 52                 | 0.12   | 0.00                    | 6.2  | 62 56 48 36 24 14 06 02   |
|          |          |                                |            | 2.5~5.0           | 50                 | 0.13   | 0.02                    | 6.4  | 64 58 52 36 24 14 06 04   |
|          |          | 30                             | 0.6以下      | 154               | 0.01               | 0.08   | 1.6                     | 16 16 16 14 12 12 10 10 08 08 08 08 08 06 06 06 06 06 04 |   |
|          |          |                                | 0.6~1.2    | 138               | 0.01               | 0.02   | 1.6                     | 16 16 16 14 14 12 12 10 10 10 10 10 10 08 08 06 04 02    |   |
|          |          |                                | 1.2~2.5    | 130               | 0.02               | 0.16   | 2.0                     | 20 20 20 18 16 14 14 12 12 10 10 10 08 08 06 04 02 02    |   |
|          |          |                                | 2.5~5.0    | 106               | 0.02               | 0.70   | 2.2                     | 22 22 20 20 18 16 16 14 12 10 10 08 05 04 02             |   |
|          |          | 39                             | 0.6以下      | ∞                 | 0.00               | 5.06   | 0.1                     | 0.1 " " " " " " " " " " " " " " " "                      |   |
|          |          |                                | 0.6~1.2    | ∞                 | 0.00               | 4.88   | 0.2                     | 0.2 0.2 0.1 " " " " " " " " " " " "                      |   |
|          |          |                                | 1.2~2.5    | ∞                 | 0.00               | 5.40   | 0.2                     | 0.2 0.2 0.2 0.1 " " " " " " " " " " " "                  |   |
|          |          |                                | 2.5~5.0    | ∞                 | 0.00               | 5.96   | 0.0                     | 0.0 " " " " " " " " " " " " " " " "                      |   |
| 625      | 20       | 0.6以下                          | 54         | 0.12              | 0.00               | 6.6  | 66 58 50 34 22 10 06 02 |  |   |
|          |          | 0.6~1.2                        | 50         | 0.13              | 0.00               | 6.6  | 66 60 50 34 20 10 04 02 |  |   |
|          |          | 1.2~2.5                        | 48         | 0.14              | 0.00               | 7.0  | 70 62 54 36 20 10 04    |  |   |
|          |          | 2.5~5.0                        | 42         | 0.17              | 0.01               | 7.2  | 72 66 56 36 18 06 04    |  |   |
| 30       | 0.6以下    | 126                            | 0.02       | 0.00              | 2.4                | 24 24 22 18 18 16 14 12 10 10 08 08 06 06 06 06 04       |                         |  |   |
|          | 0.6~1.2  | 106                            | 0.03       | 0.01              | 2.6                | 26 26 24 20 20 16 14 12 12 10 10 08 06 04 02             |                         |  |   |
|          | 1.2~2.5  | 94                             | 0.03       | 0.02              | 3.0                | 30 30 30 26 24 20 18 14 10 08 06 04 02                   |                         |  |   |
|          | 2.5~5.0  | 74                             | 0.05       | 0.26              | 3.8                | 38 38 38 30 26 20 14 10 08 04 02                         |                         |  |   |
| 39       | 0.6以下    | ∞                              | 0.00       | 5.08              | 0.1                | 0.1 " " " " " " " " " " " " " " " "                      |                         |  |   |
|          | 0.6~1.2  | ∞                              | 0.00       | 4.84              | 0.2                | 0.2 0.2 0.1 " " " " " " " " " " " "                      |                         |  |   |
|          | 1.2~2.5  | ∞                              | 0.00       | 5.09              | 0.2                | 0.2 " " " " " " " " " " " " " " " "                      |                         |  |   |
|          | 2.5~5.0  | ∞                              | 0.00       | 5.91              | 0.0                | 0.0 " " " " " " " " " " " " " " " "                      |                         |  |   |
| 2500     |          | 20                             | 0.6以下      | 36                | 0.21               | 0.00   | 7.6                     | 76 65 54 36 20 06  |   |
|          |          |                                | 0.6~1.2    | 36                | 0.21               | 0.00   | 7.6                     | 76 64 56 34 14 02  |   |
|          |          |                                | 1.2~2.5    | 32                | 0.25               | 0.00   | 8.0                     | 80 70 58 32 10 02  |   |
|          |          |                                | 2.5~5.0    | 26                | 0.32               | 0.00   | 8.4                     | 84 72 60 24 04   |   |
|          |          | 30                             | 0.6以下      | 82                | 0.05               | 0.00   | 3.8                     | 38 36 32 26 22 18 16 14 10 06 04 02                      |   |
|          |          |                                | 0.6~1.2    | 62                | 0.08               | 0.00   | 4.2                     | 42 42 40 34 28 20 14 08 04                               |   |
|          |          |                                | 1.2~2.5    | 50                | 0.10               | 0.01   | 5.0                     | 50 50 48 40 30 18 08 02                                  |   |
|          |          |                                | 2.5~5.0    | 40                | 0.17               | 0.04   | 6.2                     | 62 62 58 40 26 10  |   |
|          |          | 39                             | 0.6以下      | ∞                 | 0.00               | 4.98   | 0.1                     | 0.1 " " " " " " " " " " " " " " " "                      |   |
|          |          |                                | 0.6~1.2    | ∞                 | 0.00               | 4.66   | 0.2                     | 0.2 " " " " " " " " " " " " " " " "                      |   |
|          |          |                                | 1.2~2.5    | ∞                 | 0.00               | 3.56   | 0.6                     | 0.2 04 06 04 " " " " " " " " " " " "                     |   |
|          |          |                                | 2.5~5.0    | ∞                 | 0.00               | 5.78   | 0.0                     | 0.0 " " " " " " " " " " " " " " " "                      |   |
| 20       | 0.6以下    | 30                             | 0.27       | 0.00              | 8.2                | 82 72 62 40 14   |                         |  |   |
|          | 0.6~1.2  | 24                             | 0.35       | 0.00              | 8.4                | 84 72 58 28 0  |                         |  |   |
|          | 1.2~2.5  | 24                             | 0.37       | 0.00              | 8.8                | 88 78 64 18  |                         |  |   |
|          | 2.5~5.0  | 20                             | 0.50       | 0.00              | 10.0               | 100 92 82 08   |                         |  |   |
| 10000    | 30       | 0.6以下                          | 50         | 0.11              | 5.4                | 54 52 46 36 28 20 12 04                                  |                         |  |   |
|          |          | 0.6~1.2                        | 40         | 0.19              | 6.0                | 60 60 54 40 26 12  |                         |  |   |
|          |          | 1.2~2.5                        | 34         | 0.19              | 6.4                | 64 62 60 42 22 04  |                         |  |   |
|          |          | 2.5~5.0                        | 26         | 0.42              | 8.8                | 88 82 80 32 04   |                         |  |   |
| 39       | 0.6以下    | ∞                              | 0.00       | 4.66              | 0.2                | 0.1 " " " " " " " " " " " " " " " "                      |                         |  |   |
|          | 0.6~1.2  | 138                            | 0.02       | 0.06              | 2.2                | 16 20 22 18 16 14 14 12 12 10 10 08 08 06 06 04 02 02 02 |                         |  |   |
|          | 1.2~2.5  | 55                             | 0.10       | 0.06              | 4.4                | 38 42 44 34 28 22 16 08                                  |                         |  |   |
|          | 2.5~5.0  | 34                             | 0.34       | 0.01              | 8.2                | 66 76 82 36 14 04  |                         |  |   |







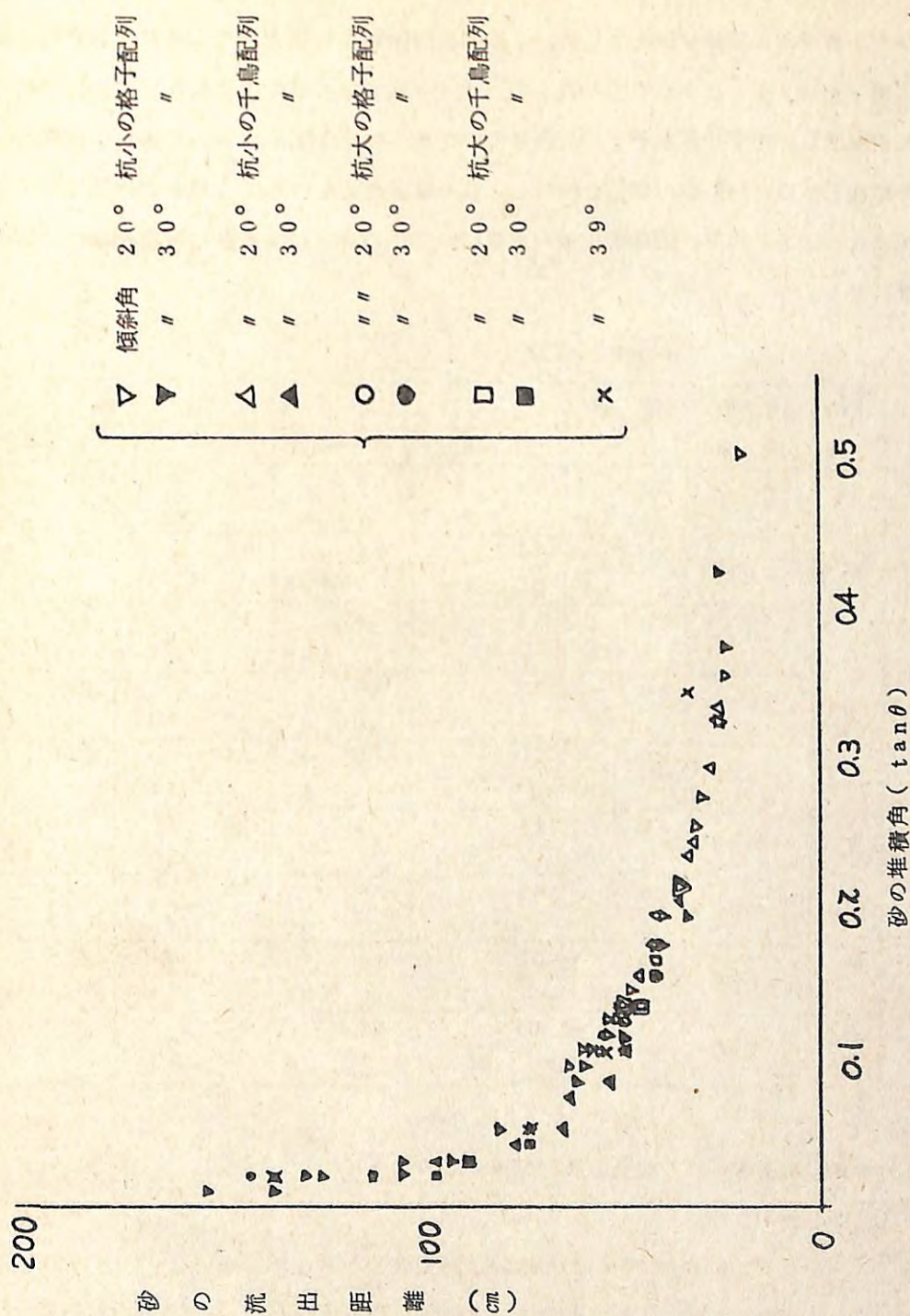


図-13 砂の堆積角と砂の流出距離



砂の流出距離については、傾斜 $39^\circ$ の場合は一部を除き実験砂約6Kgの1割以上の砂が155cmの斜面を越えてしまい、砂の流出距離が無限大となったので参考程度にとどめ、傾斜 $20^\circ$ と $30^\circ$ での値(表-14)によって砂の流出に及ぼす各因子について検討する。まず、各因子との組合せの中で杭小の格子配列において傾斜、杭密度、砂の粒径と砂の流出距離の関係を検討し、この結果をもとにして、杭小の格子配列と千鳥配列における砂の流出距離の比較および杭の大小の違いによる砂の流出距離の比較検討を行なう。

表-14 砂の流出距離(cm)

| 杭の<br>大小                                   | 杭の<br>配列           | 杭密度<br>本/m <sup>2</sup> | 傾斜<br>° | 砂の粒径mm |         |         |         |
|--|--------------------|-------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|
|  |                    |                         |         | ~0.6   | 0.6~1.2 | 1.2~2.5 | 2.5~5.0 |
| 杭<br><br><br><br><br><br><br><br><br><br>小 | 格<br><br><br><br>子 | 0                       | 20      | 64     | 60      | 60      | 56      |
|  |                    |                         | 30      | ∞      | ∞       | ∞       | ∞       |
|  |                    | 156                     | 20      | 58     | 54      | 52      | 50      |
|  |                    |                         | 30      | 154    | 138     | 130     | 106     |
|  |                    | 625                     | 20      | 54     | 50      | 48      | 42      |
|  |                    |                         | 30      | 126    | 106     | 94      | 74      |
|  |                    | 2,500                   | 20      | 36     | 36      | 32      | 26      |
|  |                    |                         | 30      | 82     | 62      | 50      | 40      |
|  | 千<br><br>鳥         | 10,000                  | 20      | 30     | 24      | 24      | 20      |
|  |                    |                         | 30      | 50     | 40      | 34      | 26      |
| 杭<br><br><br>大                             | 格<br><br>子         | 156                     | 20      | 55     | 50      | 50      | 42      |
|  |                    |                         | 30      | 144    | 138     | 114     | 90      |
|  | 千<br><br>鳥         | 156                     | 20      | 46     | 46      | 42      | 42      |
|  |                    |                         | 30      | 114    | 98      | 90      | 74      |

# 1) 傾斜、杭密度、砂の粒径と砂の流出距離の関係

## ① 傾斜

傾斜 $39^\circ$ の場合、砂の流出距離が無限大となったが、傾斜 $20^\circ$ と傾斜 $30^\circ$ の流出距離と比較しても両者の間にはかなりの差がみられ、その差は杭密度が大きくなるにしたがって小さくなる(図-14)。傾斜 $20^\circ$ と $30^\circ$ の砂の流出距離割合は砂の粒径変化も加味すると、杭密度156本/m<sup>2</sup>、砂の粒径0.6mm以下の場

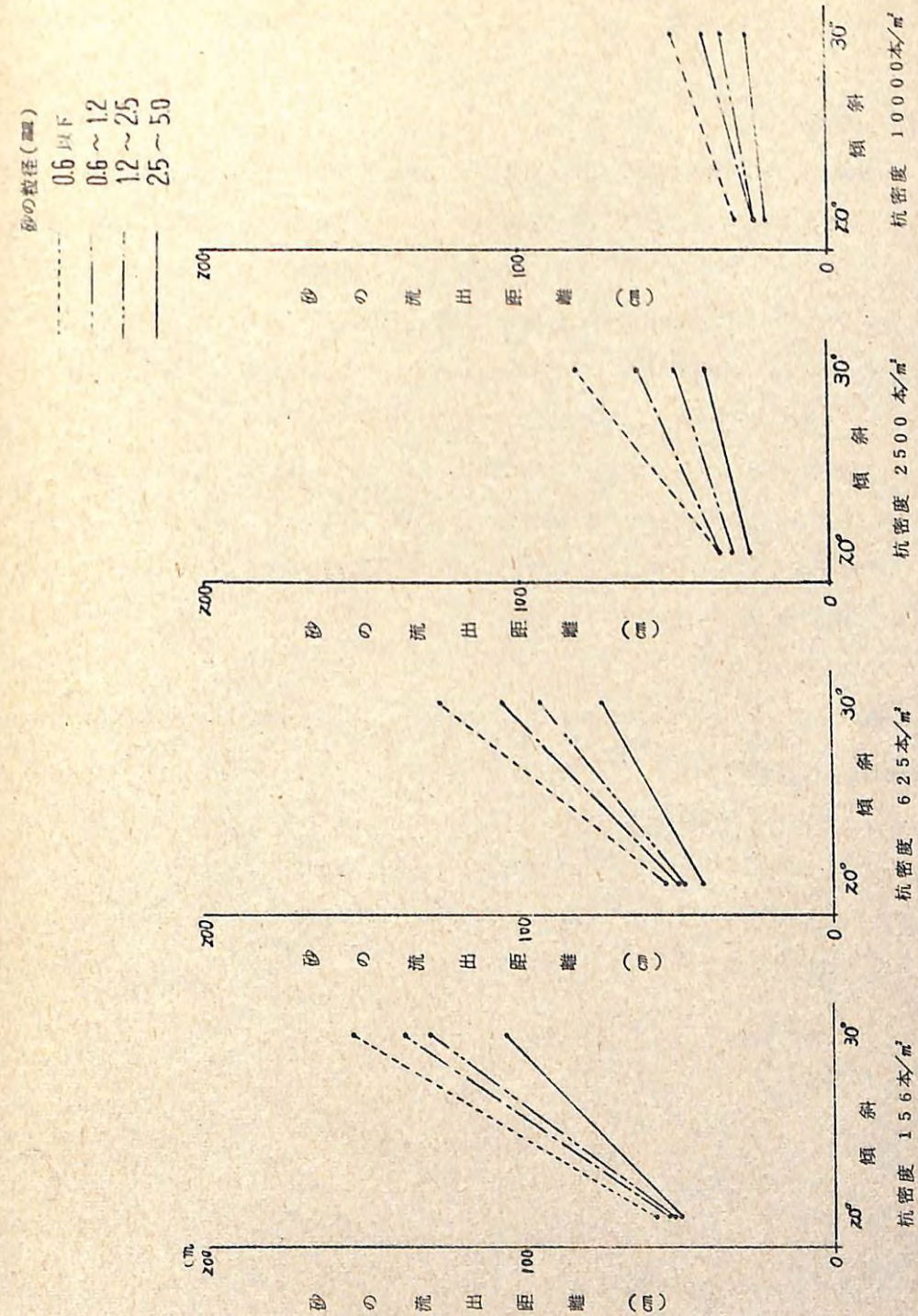


図-14 傾斜と砂の流出距離  
(杭小の格子配列)



合は2.7倍にもなっているのに対し杭密度10000本/ $m^2$ 、砂の粒径2.5mm～5.0mmでは1.3倍にまで小さくなっており、砂の流出距離は傾斜によって大きく変化する。

## ② 杭密度

杭密度と砂の流出距離の関係をみるためには杭密度0本/ $m^2$ (無立木の場合)での砂の流出距離を基準にすべきであるが表-14より傾斜30°では砂の流出距離が無限大となり基準とすることができないので、杭密度156本/ $m^2$ 、傾斜20°および30°での砂の流出距離を基準にして各杭密度での効果を検討する。杭密度625本/ $m^2$ 、傾斜20°のときの流出距離割合の範囲は0.93～0.84、傾斜30°では0.82～0.70、杭密度2500本/ $m^2$ では0.62～0.52と0.53～0.38、杭密度10000本/ $m^2$ では0.52～0.40、0.32～0.25となり、杭密度が大きくなるほど砂の流出距離は減少している。図-15からも傾斜20°よりも傾斜30°の方が減少割合が大きいことが一目で理解でき、杭による砂の流出抑止効果が発揮されている。

## ③ 砂の粒径

砂の粒径0.6mm以下と2.5mm～5.0mmの場合の砂の流出距離を表-14を用いて比較すると、杭密度156本/ $m^2$ 、傾斜20°では0.86、30°では0.69、杭密度526本/ $m^2$ ではそれぞれ0.78、0.59、杭密度2500本/ $m^2$ では0.72、0.49、杭密度10000本/ $m^2$ では0.67、0.52となって図-16からも明らかなように、砂の粒径が大きくなると砂の流出距離は小さくなり、しかも、傾斜20°のときより30°の方がその傾向は強い。

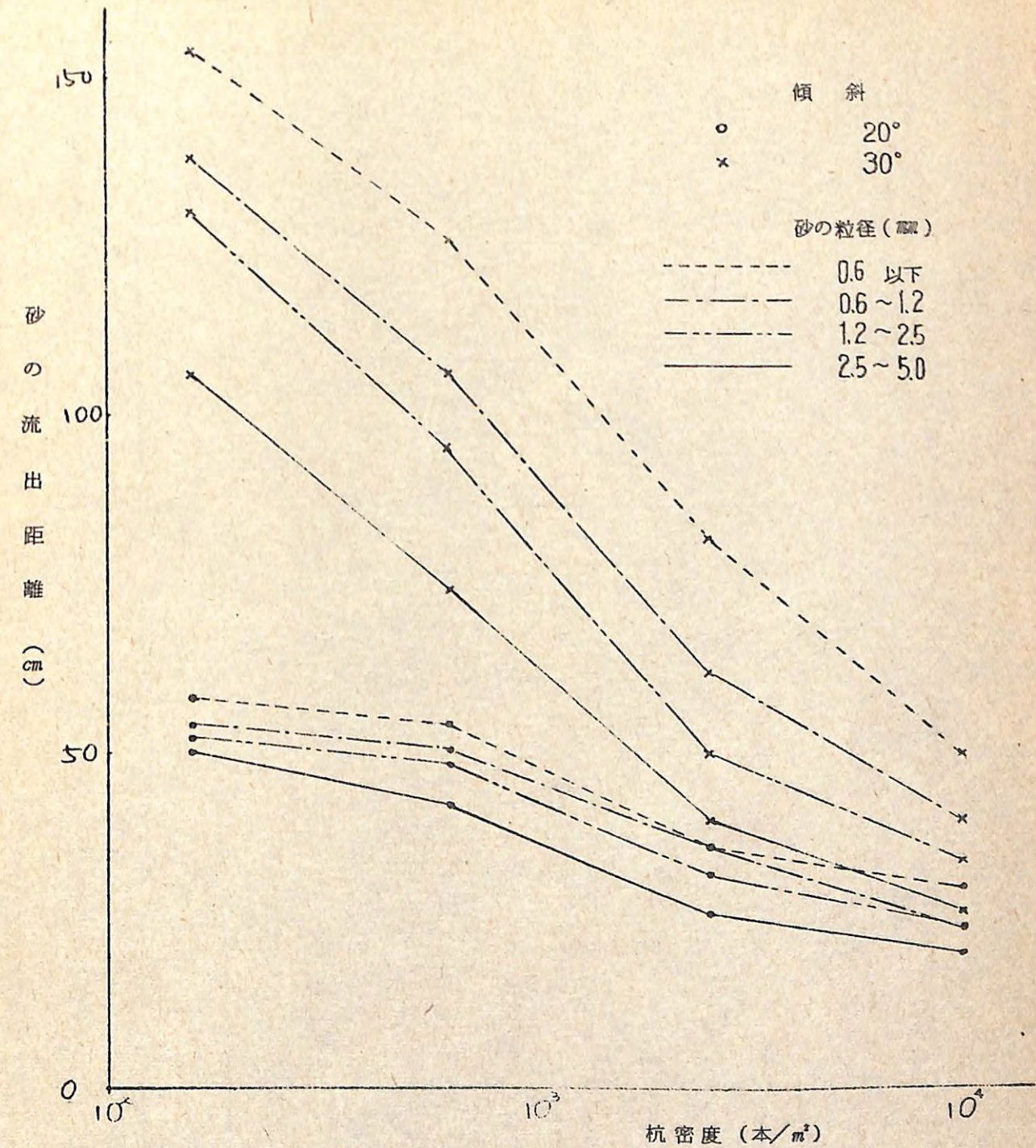
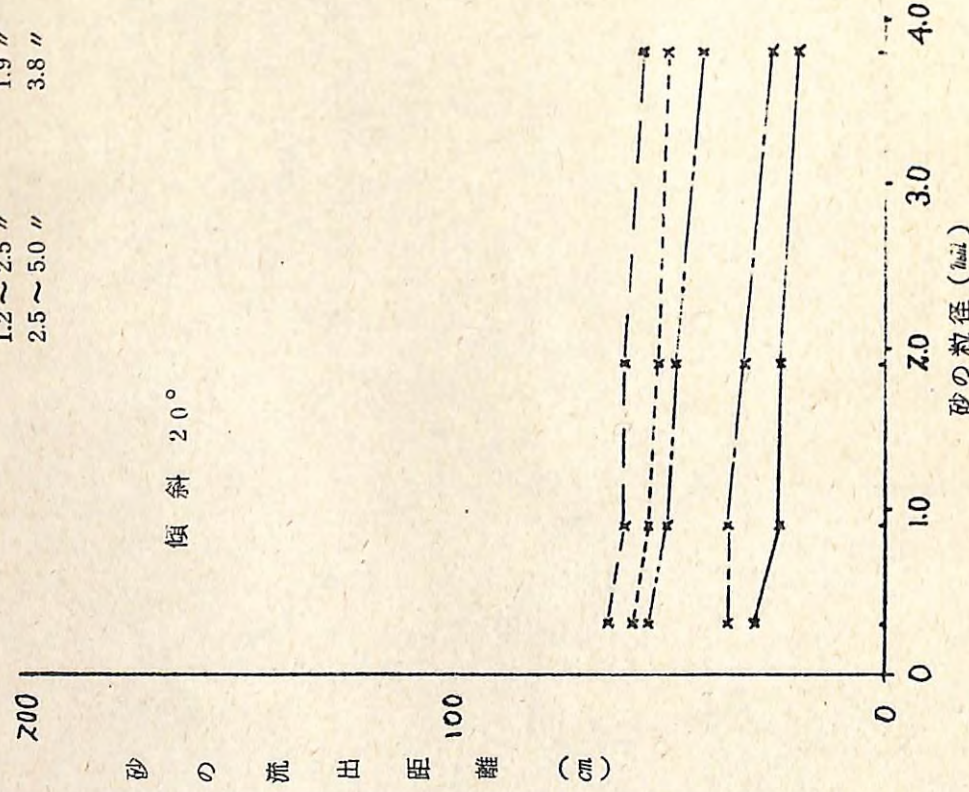


図-15 杭密度と砂の流出距離  
(杭小の格子配列)

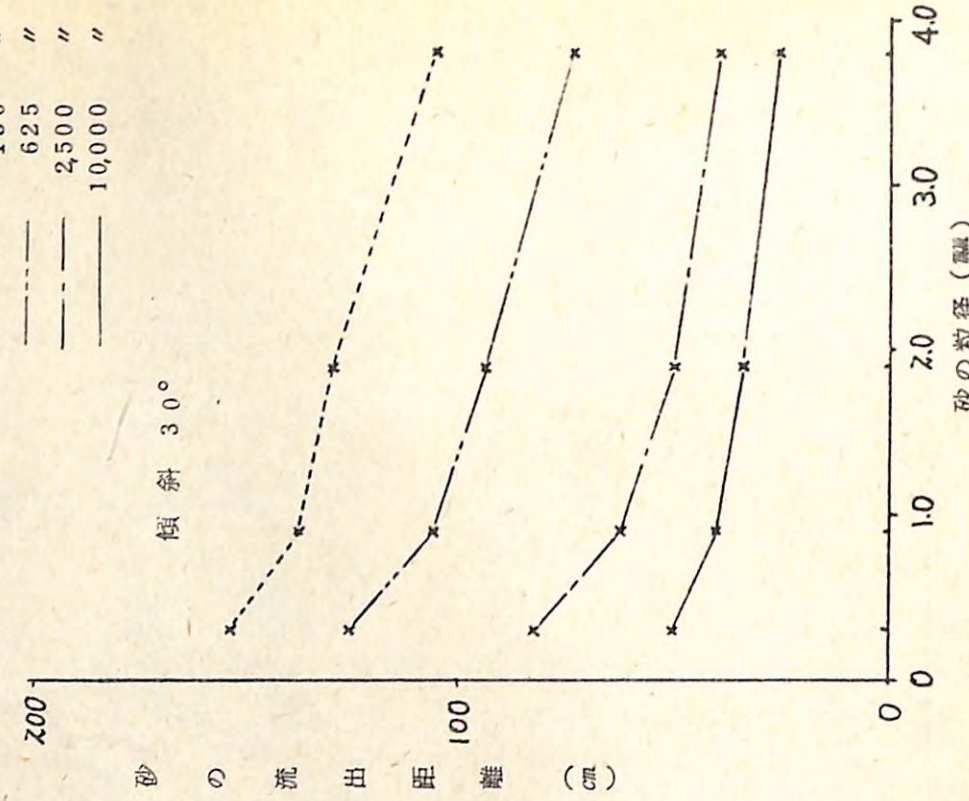


砂の粒径  
0.6mm以下  
0.6~1.2mm  
1.2~2.5"  
2.5~5.0"

平均粒径  
0.3mm  
0.9"  
1.9"  
3.8"



杭密度  
0 本/m<sup>2</sup>  
156 "  
625 "  
2500 "  
10000 "



図一16 砂の粒径と砂の流出距離 (杭小の格子配列)

#### ④ 3因子と砂の流出距離

傾斜, 杭密度, 砂の粒径のいずれも砂の流出に及ぶ影響は大きい。図一13によれば, 杭密度の変化に伴って, 傾斜と砂の流出距離の変化割合は傾斜20°より傾斜30°の方が大であり, 砂の粒径の違いによる砂の流出距離の変化幅も傾斜30°の方が大きい。すなわち, 杭密度, 砂の粒径が同じ場合の砂の流出抑止効果を考えると, 傾斜20°のときより傾斜30°の方がよりよい効果を発揮できる。また, 砂の流出距離を小さくするためには, 傾斜が緩, 杭密度大, 砂の粒径が大の状態である。この3因子と砂の流出距離を用いて分散分析を行なった結果, 傾斜, 杭密度はともに0.1%で有意性があり, 砂の粒径は5%水準で有意性が認められた。

#### II) 杭の配列と砂の流出距離

杭の配列の違いによって砂の流出距離がどのようにかわるか, 杭小の格子配列と千鳥配列とで比較すると, 傾斜および砂の粒径と砂の流出距離の関係は格子配列の場合と似ているが, 杭密度との関係は千鳥配列の方が格子配列より勝っている。

#### III) 杭径の大小と砂の流出距離

杭大の密度156本/m<sup>2</sup>は直径合計では杭小の密度625本/m<sup>2</sup>, 杭の断面積合計では杭小の密度10000本/m<sup>2</sup>に相当する。傾斜20°において, 杭大の格子配列, 密度156本/m<sup>2</sup>は杭小の格子配列, 密度625本/m<sup>2</sup>, 杭大の千鳥配列, 密度156本/m<sup>2</sup>は杭小の千鳥配列, 密度625本/m<sup>2</sup>とそれぞれ同じような効果がみられる。しかし, 傾斜30°ではこのような傾向が認められない。杭小の場合は傾斜20°より傾斜30°の方が効果があったのに比べ, 杭大は傾斜による砂の流出抑止効果は杭小ほどではない。

#### (7)-4 考察

林木の土砂流出抑止効果を高めるためには, 立木密度を大きくすることであり, 同じ立木密度であれば格子配列より千鳥配列の方が望ましい。また, 立木の細いものより太いものの方がよく, それも立木直径合計と何らかの関係をもって土砂流出抑止効果を発揮するようである。さらに捨土砂の粒径が大きく, 斜面の急な方が林木の土砂流出抑止機能をより多く発揮させる条件である。

しかし, 林木によって長期的に土砂流出抑止を目的とするには, 林木が土砂によって枯死させられてはならず, それには, 土砂の堆積深や土砂の衝撃による林木の被害状況を把握する必要がある。単純に土砂の流出距離を小さくして土砂を厚く堆積させること



が良策か否か疑問である。

本実験の結果、砂の粒径は大きい方がより杭による砂の流出抑止効果を期待し得るようになったが、距離を測定する場合、斜面を転り落ちる多少の砂を無視しての距離であり、現地を想定した場合、かえってここで無視した砂に対応する土砂が加害の要因になる場合には別途の検討が必要となる。

#### IV ま と め

本調査における保護樹帯とは林道沿線の保護樹帯であって、対象とした林道は国有林の事業林道である。公団林道である特定森林地域開発林道（スーパー）、大規模林業園開発林道など、作設に多額の経費と高度の技術を要する林道は対象としていない。また事業林道に直結した作業道も一部について調査した。

林道捨土石は下方斜面に流出堆積し、堆積土は強雨でさらに流出するとともに、林地斜面を侵食して林地と下流の被害を増大する。また林道の開発は伐期に近い林地を通過することが多く、林木の被害をなるべく軽減することも考慮されなければならない。近時は景観保護の面からも林帯の設置が要求される個所も少なくない。

以上のように林道沿線保護樹帯はいくつかの効果が期待されるが、本調査は開設にともなう捨土石の態様と被害を明らかにして、保護樹帯設置に関する基準の検討資料を得るために実施した。この調査の結果から保護樹帯として、必要な幅と維持管理、更新時期と方法あるいは林地、林木の保護と、林帯では抑止できない土石の流出防止工法などについて2・3の考察を加えて検討を試みたものである。

#### 1 地形、林相と流出土石

林道の開設に際して地形、林相と流出土石の態様はⅢ-2-(2), (3)のとおりであるがこの調査結果と模型実験の結果から地形、林相に応じた保護樹帯の幅について検討してみる。

表-4ならびに図-5から傾斜25度から45度までの間が、林帯が土石の流出抑止効果に影響する範囲であると推定されたので、表-4の傾斜26度から45度までについて、土石の流出距離と傾斜、樹草指数の関係を配列を変えてみたものが表-15である。この表でみると流出距離が短い(10m以下)場合は傾斜(a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>)に関係なく度数の差は少ないが、流出距離が長く(11m以上)になると傾斜急(a<sub>2</sub>)の度数がa<sub>1</sub>にくらべてはるかに多くなり、傾斜による流出距離への影響が明らかである。

立木指数と流出距離の関係は、傾斜緩(a<sub>1</sub>)ではb<sub>1</sub>~b<sub>4</sub>まで大きな変化はないが、傾

表-15 傾斜、樹草指数別流出距離の度数分布

| 傾 斜 | 流出距離 |      | m   | m     | m     | 計   |    |    |
|-----|------|------|-----|-------|-------|-----|----|----|
|     | 立木指数 | 草本指数 | ~10 | 11~20 | 21~30 | c   | b  | a  |
| a 1 | b 1  | c 1  | 1   | 1     |       | 2   | 9  | 47 |
|     |      | 2    |     |       |       |     |    |    |
|     |      | 3    |     |       |       |     |    |    |
|     |      | 4    | 6   | 1     |       | 7   |    |    |
|     | b 2  | c 1  | 6   | 1     | 1     | 8   | 13 |    |
|     |      | 2    | 2   | 1     |       | 3   |    |    |
|     |      | 3    |     |       |       |     |    |    |
|     |      | 4    | 2   |       |       | 2   |    |    |
|     | b 3  | c 1  | 8   | 2     |       | 10  | 14 |    |
|     |      | 2    | 3   |       |       | 3   |    |    |
|     |      | 3    |     |       |       |     |    |    |
|     |      | 4    | 1   |       |       | 1   |    |    |
|     | b 4  | c 1  | 10  |       |       | 10  | 11 |    |
|     |      | 2    |     |       |       |     |    |    |
|     |      | 3    | 1   |       |       | 1   |    |    |
|     |      | 4    |     |       |       |     |    |    |
| 計   |      |      | 40  | 6     | 1     | 47  | 47 |    |
| a 2 | b 1  | c 1  | 4   | 2     | 2     | 8   | 21 | 63 |
|     |      | 2    | 4   | 2     |       | 6   |    |    |
|     |      | 3    | 2   | 1     | 1     | 4   |    |    |
|     |      | 4    |     | 3     |       | 3   |    |    |
|     | b 2  | c 1  | 6   | 5     | 1     | 12  | 22 |    |
|     |      | 2    | 1   |       |       | 1   |    |    |
|     |      | 3    | 3   | 3     |       | 6   |    |    |
|     |      | 4    | 3   |       |       | 3   |    |    |
|     | b 3  | c 1  | 6   | 2     |       | 8   | 14 |    |
|     |      | 2    | 3   |       |       | 3   |    |    |
|     |      | 3    | 1   |       |       | 1   |    |    |
|     |      | 4    |     | 2     |       | 2   |    |    |
|     | b 4  | c 1  | 4   |       |       | 4   | 6  |    |
|     |      | 2    |     |       |       |     |    |    |
|     |      | 3    | 1   | 1     |       | 2   |    |    |
|     |      | 4    |     |       |       |     |    |    |
| 計   |      |      | 38  | 21    | 4     | 63  | 63 |    |
| 合 計 |      |      | 78  | 27    | 5     | 110 |    |    |

注 傾 斜 a<sub>1</sub>: 26~35°, 2: 36~45°  
立木指数 b<sub>1</sub>: ~2.0, 2: 2.1~4.0, 3: 4.1~6.0, 4: 6.1~  
草本指数 c<sub>1</sub>: ~2.0, 2: 2.1~4.0, 3: 4.1~6.0, 4: 6.1~



斜急 ( $a_2$ ) になると,  $b_1 \rightarrow b_4$  と指数が大きくなるとともに, 度数が減少して, 立木指数が傾斜の急な場合に土石の流出抑止効果が大いことを示して, 模型実験の結果と同様な傾向を示した。

草本指数は立木指数と流出距離のそれぞれの階級のなかで, 指数が大きくなると度数が少なる傾向がみられて, 草本も流出抑止効果のあることが明らかである。

立木指数と草本指数の関係は図-17に示したように, それぞれの最大値は, 立木指数が大きくなると草本指数が小さくなる。すなわち, 立木指数が大きい場合は草本指数の大きな値はなく, 草本指数の大きな値は立木指数の小さな値の場合にプロットされている。しかし個々の関係は最大値の推定線までの中に散在してバラツキの幅は大きい。一般に林分を群落としてみた場合, 高木層と草本層の関係は本調査の指数を用いても, ほぼ推定線の傾向で, プロットされるものと予想され, 立木指数と草本指数は林分ごとには相反した値をとるはずである。また草本などの下層の植生は高木層の形態と量によって左右される。

林道作設による土石の粒径は土砂から破碎岩まで大きな幅があり, これを林帯で抑止するには, 高木・低木・草本によって抑止効果は異なる。これらすべての径の土砂石礫に対して抑止効果を期待できるのは高木であり, 低木, 草本と抑止効果のある粒径は小さくなる。

以上のような点から, 林帯は立木指数 (高木, 低木の合計値) に注目し, 傾斜と関連して, 保護樹帯の幅について検討してみる。

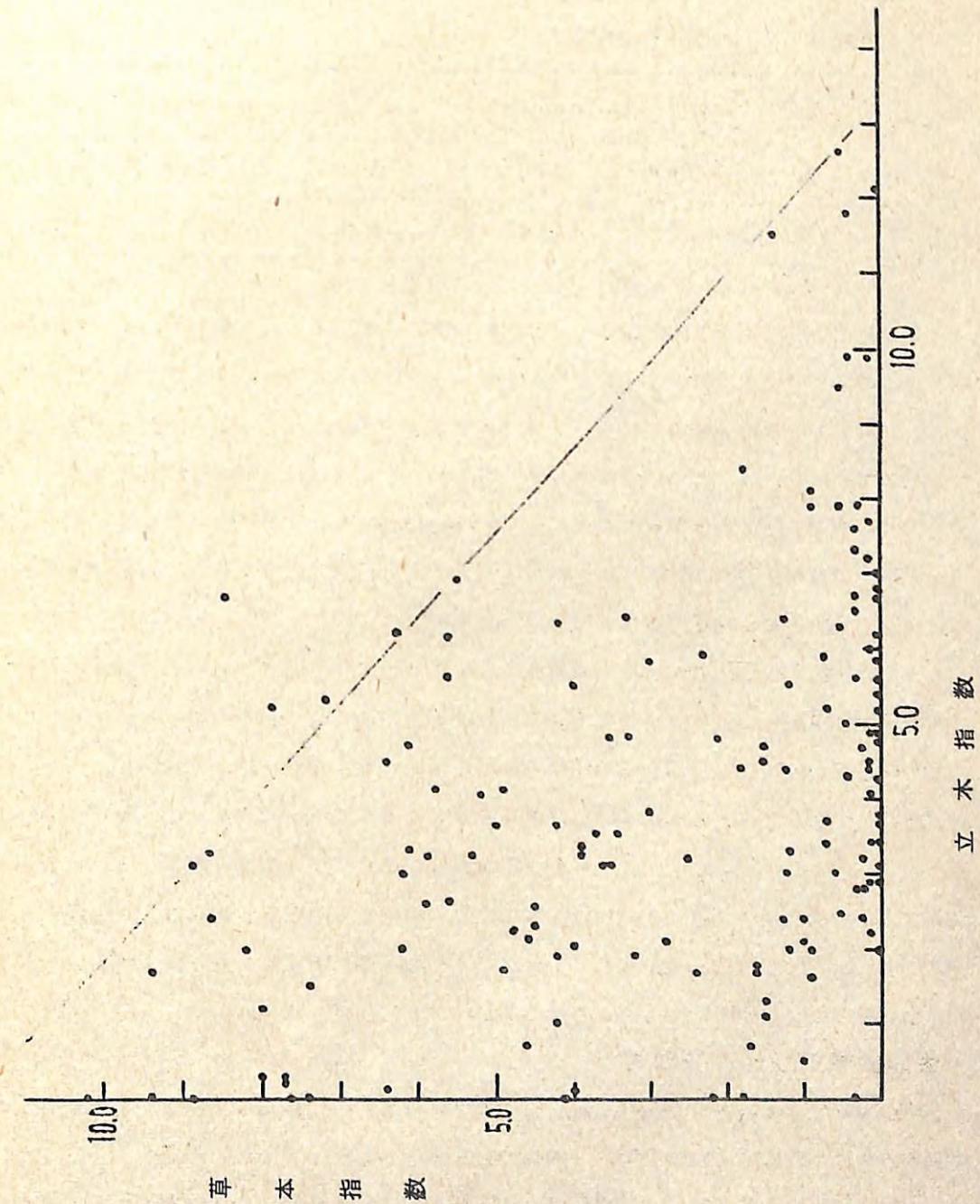


図-17 立木指数と草本指数の関係



図-5, 表-4から傾斜別の最大流出距離と平均流出距離を示すと表-16のごとくなる。

表-16 傾斜別流出距離

| 傾斜<br>流出距離 | ～15°  | 16～25° | 26～35° | 36～45° | 46°～   |
|------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 最 大        | 2.0 m | 3.5 m  | 18.9 m | 25.2 m | 52.8 m |
| 平 均        | 1.9   | 1.6    | 5.1    | 9.5    | 25.6   |

土石の流出が問題になるのは、こゝでは最大流出距離であるという前提で、図-5から傾斜25度の最大流出距離を推定すると約10m、35度では20m、45度では40mに近いが、プロットされた測定値でみると、25度までは5mに足らず、35度では10m以下、45度までは20m以下に大部分がプロットされていることがわかり、それぞれの傾斜に対する流出距離のバラツキは樹草の影響によるものと思われる。またこれまでも述べたように45度以上の急傾斜地では林帯だけで抑止することは不可能に近くなるので樹帯の設置と同時に林道の作設方法、防止工法などの開発が重要になる。

このような結果から傾斜からみた保護樹帯としての幅は25度までは10m、35度までは15m、45度までは20m程度で、大部分は抑止できるものと予想される。図-9, 10に示された樹草の指数と土石の流出距離の関係について立木指数を中心に検討してみる。指数が2.0までは25m、4.0までは20m、6.0までは15m、8.0までは10mが土石の最大流出距離となり、同じ指数における流出距離の差異は傾斜の影響とみられる。したがって最大流出距離の推定曲線はその立木指数の最大傾斜面での距離と予想される。指数が最も少ない2.0以下の場合でも測定値の大部分は20m以下の流出距離であって、林帯があればほぼ20m前後で土砂の流出は抑止されることになる。

## 2 保護樹帯の設定と管理更新

前項から幅20mの林帯があれば流出土砂の大部分は抑止出来ることが予想された。しかし保護樹帯の幅は傾斜と林相の両者の関連で決定すべきものと考えられる。

また保護樹帯の維持管理および更新は、地域あるいは個所の特性などの要因から、当初に設定する樹帯の位置と幅が計画されなければならない。

一般に使用頻度が高く管理のよい林道の切取法面と盛土面は開設後5～10年では安定する傾向がうかがえたが、計画を越える強雨があると、法面の崩落が多発して測溝、横断溝

が土砂で埋まり、流水は路面とともに、路肩をも破壊して下方斜面の林地の侵食、崩壊を誘発することも少なくない。切取法面、盛土面の安定状態から更新は開設後10～15年で可能になると予想したが、特殊な地質、地形、降雨の条件を考慮しなければならないところでは、管理方法と更新方法にも十分意を用いなければならない。

図-5, 図-9から予想される立木指数に対する土石流出距離の関係を傾斜ごとに示したのが図-18である。この流出土石の抑止距離を基準に保護樹帯の幅を予測する場合、地質、地形、降雨などの因子のうち地質、降雨特性などは地域、地区で考慮されるべき因子であるので、これを除き地形（傾斜）について検討してみる。開設時点の土石の流出は傾斜が急になると転石、破砕岩の落下速度が早く、林木の被害が多くなり枯損の一因になることも考えられる。また開設後の維持管理も容易でないことが予想されるので、傾斜が急になると緩な場合より流出抑止距離に対する樹帯幅の割合を大きくして安全性を確保する必要がある。

こゝで保護樹帯は流出抑止距離に対して、25度は1.5倍、35度は1.75倍、45度は2.0倍を立木指数に応じた保護樹帯の幅と推定して図-18に示した。この図から立木指数3.0についてみると傾斜が45度なら樹帯幅は約30m、35度は20m、25度は10m前後となる。立木指数3.0とはスギ50年生がほぼこれに相当する。立木指数は根元直径と立木密度から算出したのでスギを例にとると林令10年-3.8, 20年-4.1, 30年-3.5, 40年-3.2というような変化をする。またこの樹帯幅は水平距離なので斜距離としてみると、それぞれ45度は43m、35度は25m、25度は11mとなる。



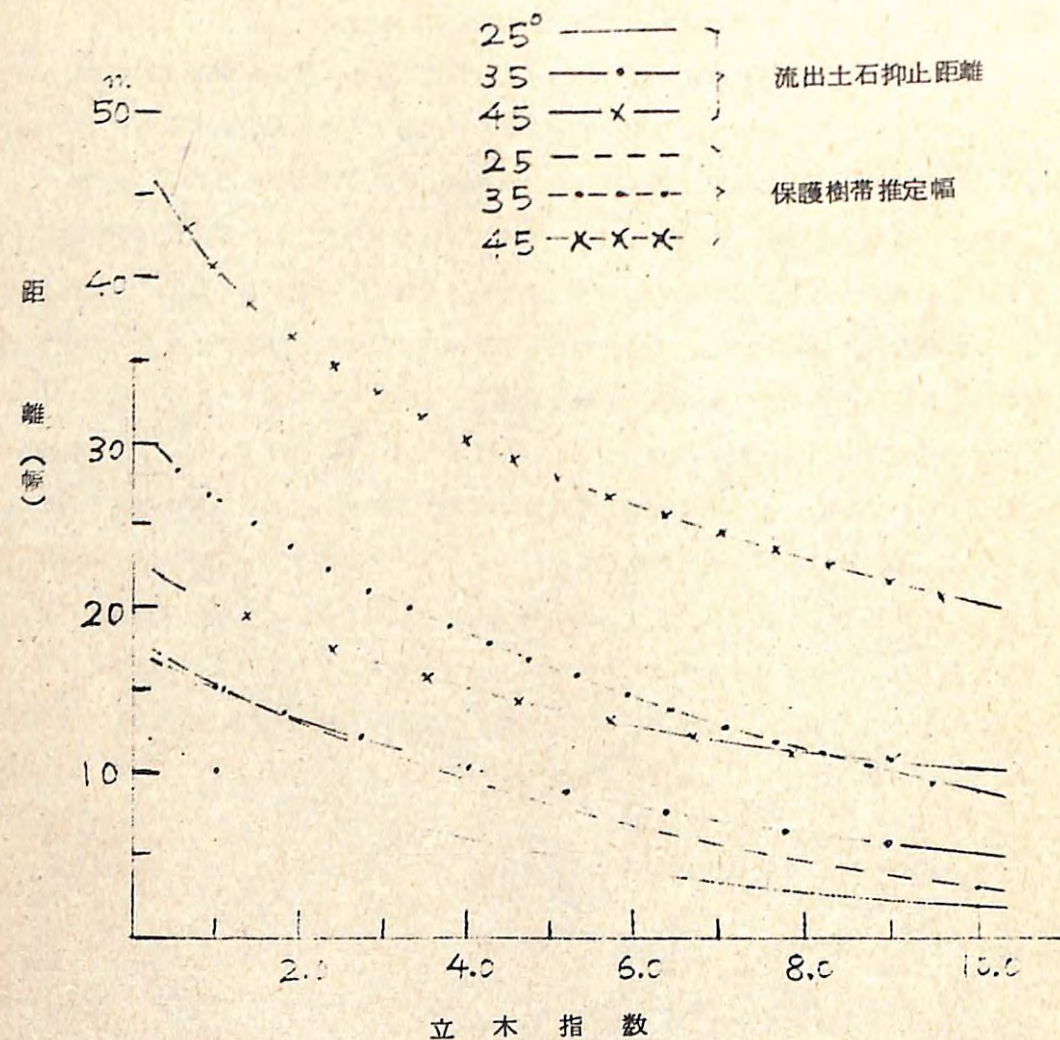


図-18 傾斜・立木指数と土石抑止距離  
および樹帯推定幅

表-17, 18は林道開設後の経過年数と林道路肩から林縁までの間の斜面の安定度を侵食と植生状態によって調査した結果である。

表-17は掛川署内で昭和45~47年度開設の作業道について調査(昭和49年9月), 表-18は河津署管内の昭和37~48年度に開設された林道について調査(昭和49年9月)したものである。調査は掛川署では延長約9,000m, 350mに1個所の割合, 河津署では延長約13,000m, 450mに1個所の割合で調査個所をとり路肩と林縁の間に2×2mのコドラートを設置して測定した。

調査の結果ガリ侵食は5年以上(昭和44年以前の開設)を経過した個所では見当らなかった。リル侵食も開設後の経過年数が増せば頻度が低くなり安定して来たことがわかる。植生の被覆状況では中層(低木層に当る樹高1~6m)の被度が, 開設後5年以上を経過すると増しているのが目につき, 侵食状態と安定度の傾向が類似した傾向を示した。

一般に林道施工では, 路肩直下の盛土面と, 切取斜面は植生の吹付工事が実施されて, 安定保護に良い結果がみられる。しかしこれら導入樹草のほか, 自然に侵入する植生が安定度を判断する上では重要でとくに中層(低木層)に注目した。上記調査の結果で中層を占める樹種は, ニシキウツギ, アカメガシワ, ヤマハンノキ, ニワトコ, ヤマグル, オオバヤシヤブシ, タラノキ, ホオノキ, クサギなどの自然侵入のものが大部分であった。

本調査のなかで上記の調査のほか, 測定値は得られなかったが, 一般には開設後10年を経過した林道では, 盛土, 捨土斜面とともに切取法面もほとんど安定していることが観察された。したがって表-17, 18の調査の結果もあわせて考察すると, 保護樹帯の更新はほぼ10~15年で可能と考えてよい。しかし豪雨による被害を考慮すると地質, 地形など地域特性に応じた更新の方法を検討することが緊要である。



表-17 捨土(上部)の安定度調査結果—東京局掛川署作業道

| No | 開設<br>年度 | 傾斜   | 林種  | 樹種     | 林令<br>年 | 粒度分布(%) |      |      |     |     |
|----|----------|------|-----|--------|---------|---------|------|------|-----|-----|
|    |          |      |     |        |         | 土砂      | 砂利   | 礫    | 転石  | 破碎岩 |
| 1  | S45      | 38°  | 人   | ヒノキ    | 55      | +       | 50   | 50   | -   | -   |
| 2  | "        | 42   | "   | "      | "       | +       | 45   | 50   | 5   | -   |
| 3  | "        | 36   | "   | "      | "       | +       | 70   | 30   | -   | -   |
| 4  | "        | 41   | "   | "      | 50      | +       | 60   | 40   | +   | -   |
| 5  | "        | 40   | "   | "      | "       | +       | 70   | 30   | +   | -   |
| 6  | "        | 38   | "   | "      | "       | 30      | 60   | 10   | -   | -   |
| 7  | "        | 37   | "   | "      | "       | 10      | 50   | 30   | 10  | -   |
| 8  | "        | 28   | "   | "      | "       | 10      | 55   | 30   | 5   | -   |
| 9  | "        | 41   | "   | "      | "       | 10      | 40   | 40   | 10  | -   |
| 10 | "        | 35   | "   | "      | "       | 5       | 60   | 30   | 5   | -   |
| 11 | S46      | 31   | "   | "      | 17      | -       | 50   | 50   | +   | -   |
| 12 | "        | 31   | "   | "      | "       | -       | 50   | 50   | -   | -   |
| 13 | "        | 40   | "   | "      | "       | 20      | 30   | 40   | 10  | -   |
| 14 | "        | 33   | "   | "      | "       | +       | 30   | 60   | 10  | +   |
| 15 | "        | 40   | 人,天 | ヒノキ,デ  | "       | +       | 40   | 50   | 10  | -   |
| 16 | "        | 36   | 人   | ヒノキ    | "       | 20      | 60   | 20   | +   | -   |
| 17 | "        | 35   | "   | スギ,ヒノキ | 16      | 5       | 50   | 40   | 5   | -   |
| 18 | "        | 40   | "   | ヒノキ    | "       | +       | 80   | 20   | +   | +   |
| 19 | "        | 40   | "   | "      | 55      | +       | 80   | 20   | -   | -   |
| 20 | "        | 34   | "   | "      | "       | +       | 70   | 30   | +   | -   |
| 21 | "        | 30   | "   | "      | "       | +       | 60   | 40   | +   | -   |
| 22 | "        | 37   | "   | "      | "       | +       | 50   | 50   | +   | -   |
| 23 | "        | 43   | "   | "      | "       | +       | 50   | 45   | 5   | -   |
| 24 | S47      | 40   | "   | "      | 50      | 5       | 70   | 20   | 5   | +   |
| 25 | "        | 40   | "   | "      | "       | 5       | 55   | 40   | -   | -   |
| 26 | "        | 42   | "   | "      | "       | 5       | 70   | 25   | -   | -   |
| 平均 |          | 37.2 |     |        | 41.3    | 11.4    | 56.0 | 36.2 | 8.0 |     |

| 堆積<br>深          | ガリ<br>深×幅×延長 | リル<br>% | 植生被度(%) |      |      |      |
|------------------|--------------|---------|---------|------|------|------|
|                  |              |         | 上層      | 中層   | 下層   | 全層   |
| 0.8 <sup>m</sup> | -            | -       | 100     | -    | 100  | 100  |
| 0.8              | 0.3×0.5×2.0  | -       | 90      | -    | 85   | 95   |
| 1.0              | -            | -       | 90      | -    | 95   | 95   |
| 0.8              | -            | -       | 20      | -    | 80   | 80   |
| 1.0              | -            | 100     | -       | -    | 80   | 80   |
| 1.0              | -            | 100     | 90      | -    | 20   | 90   |
| 1.0              | -            | 100     | -       | -    | 80   | 80   |
| 0.8              | -            | -       | 10      | 40   | 70   | 100  |
| 1.0              | 0.15×0.2×2.0 | 50      | 10      | -    | 80   | 90   |
| 1.0              | -            | 10      | -       | 10   | 80   | 90   |
| 1.5              | 0.5×2.0×2.0  | -       | 30      | -    | 80   | 100  |
| 1.5              | -            | -       | 20      | -    | 100  | 100  |
| 1.0              | -            | -       | -       | -    | 100  | 100  |
| 1.0              | -            | -       | -       | -    | 100  | 100  |
| 0.6              | -            | -       | 90      | -    | 70   | 100  |
| 0.5              | -            | 100     | -       | -    | 45   | 45   |
| 0.5              | -            | 100     | -       | 70   | 30   | 90   |
| 0.5              | -            | -       | -       | -    | 100  | 100  |
| 1.0              | -            | 30      | -       | -    | 90   | 90   |
| 0.6              | 0.5×0.8×2.0  | -       | 60      | -    | 90   | 100  |
| 0.6              | -            | -       | -       | 100  | 30   | 100  |
| 1.0              | -            | -       | -       | -    | 100  | 100  |
| 1.0              | 0.2×0.3×3.0  | -       | -       | 90   | 80   | 100  |
| 0.5              | -            | 100     | 70      | -    | 60   | 90   |
| 1.0              | -            | 30      | -       | -    | 85   | 85   |
| 1.0              | -            | 100     | 50      | -    | 30   | 70   |
| 0.88             |              | 74.5    | 56.2    | 62.0 | 75.4 | 91.2 |



表-18 捨土(上部)の安定度調査結果—東京局河津署林道

| No | 開設<br>年度 | 傾斜   | 林種  | 樹種    | 林令   | 粒度分布(%) |      |      |      |      |
|----|----------|------|-----|-------|------|---------|------|------|------|------|
|    |          |      |     |       |      | 土砂      | 砂利   | 礫    | 転石   | 破碎岩  |
| 1  | S37      | 42°  | 人   | 伐跡    | 年—   | 10      | 40   | 20   | 30   | +    |
| 2  | "        | 38   | "   | "     | —    | 20      | 60   | 10   | 10   | —    |
| 3  | S38      | 28   | "   | ヒノキ   | 40   | 10      | 80   | 10   | —    | —    |
| 4  | "        | 31   | "   | "     | 40   | 10      | 30   | 50   | 10   | +    |
| 5  | S39      | 33   | "   | "     | 35   | 20      | 50   | 20   | 10   | —    |
| 6  | "        | 42   | "   | "     | 30   | 20      | 60   | 20   | —    | —    |
| 7  | S40      | 38   | "   | 伐跡    | —    | 10      | 40   | 40   | 10   | +    |
| 8  | "        | 37   | "   | スギ    | 40   | +       | 50   | 20   | 30   | —    |
| 9  | S41      | 42   | "   | ヒノキ   | 35   | 20      | 60   | 10   | 10   | —    |
| 10 | "        | 40   | 人,天 | スギ,カシ | 40   | 10      | 70   | 10   | 10   | —    |
| 11 | S42      | 42   | 天   | 広葉    | 40   | 20      | 60   | 10   | —    | 10   |
| 12 | "        | 36   | 人   | スギ    | 55   | 10      | 80   | 10   | +    | —    |
| 13 | "        | 40   | "   | "     | 45   | 10      | 80   | 10   | +    | —    |
| 14 | "        | 38   | "   | "     | 40   | 10      | 70   | 10   | 10   | —    |
| 15 | S44      | 38   | "   | "     | 45   | 20      | 60   | 20   | —    | —    |
| 16 | "        | 40   | 天   | 広葉    | —    | 10      | 70   | 20   | —    | —    |
| 17 | S45      | 42   | 人   | ヒノキ   | 35   | 10      | 70   | 20   | —    | —    |
| 18 | "        | 40   | 天   | 広葉    | —    | 10      | 50   | 25   | 5    | 10   |
| 19 | "        | 42   | 人   | ヒノキ   | 35   | 10      | 60   | 20   | 10   | —    |
| 20 | "        | 41   | 天   | 広葉    | —    | 5       | 50   | 25   | 20   | —    |
| 21 | "        | 38   | 人   | スギ    | 45   | 10      | 60   | 30   | +    | —    |
| 22 | S46      | 45   | 天   | 広葉    | —    | 10      | 30   | 30   | 10   | 20   |
| 23 | "        | 42   | "   | "     | —    | 10      | 40   | 30   | 20   | —    |
| 24 | S47      | 38   | 人   | スギ    | 2    | 20      | 70   | 10   | —    | —    |
| 25 | "        | 40   | "   | "     | 2    | 10      | 60   | 30   | +    | —    |
| 26 | S48      | 38   | "   | "     | 65   | 10      | 80   | 10   | —    | —    |
| 27 | "        | 35   | "   | 伐跡    | —    | 10      | 40   | 20   | 20   | 10   |
| 28 | "        | 37   | "   | "     | —    | 20      | 70   | 10   | —    | —    |
| 平均 |          | 38.7 |     |       | 37.2 | 12.3    | 58.6 | 19.6 | 14.3 | 12.5 |

| 堆積<br>深 | ガリ<br>深×幅×延長 | リル   | 植生被度(%) |      |      |     |
|---------|--------------|------|---------|------|------|-----|
|         |              |      | 上層      | 中層   | 下層   | 全層  |
| m       | m            | %    |         |      |      |     |
| 1.0     | —            | —    | —       | 100  | 60   | 100 |
| 1.0     | —            | 20   | —       | 80   | 100  | 100 |
| 0.5     | —            | 30   | 100     | —    | 60   | 100 |
| 1.0     | —            | —    | —       | 90   | 80   | 100 |
| 1.0     | —            | —    | —       | 90   | 70   | 100 |
| 1.5     | —            | —    | —       | 100  | 80   | 100 |
| 1.0     | —            | 40   | —       | 60   | 60   | 100 |
| 0.5     | —            | —    | —       | 80   | 60   | 100 |
| 1.0     | —            | —    | 100     | 60   | 30   | 100 |
| 0.5     | —            | 10   | 100     | 20   | 80   | 100 |
| 0.5     | —            | —    | —       | 60   | 100  | 100 |
| 1.0     | —            | 20   | —       | 100  | 60   | 100 |
| 1.5     | —            | —    | —       | 100  | 50   | 100 |
| 1.5     | —            | 10   | —       | 80   | 80   | 100 |
| 1.0     | —            | —    | —       | 60   | 100  | 100 |
| 1.0     | —            | —    | —       | 90   | 100  | 100 |
| 1.5     | —            | —    | 100     | —    | 90   | 100 |
| 1.0     | —            | 40   | 100     | —    | 100  | 100 |
| 1.5     | —            | —    | —       | —    | 100  | 100 |
| 1.0     | —            | 80   | 100     | 40   | 20   | 100 |
| 1.0     | —            | —    | —       | —    | 100  | 100 |
| 1.5     | —            | 20   | —       | 20   | 100  | 100 |
| 1.5     | —            | 20   | —       | —    | 100  | 100 |
| 1.5     | —            | 30   | —       | —    | 100  | 100 |
| 1.0     | —            | 100  | —       | —    | 100  | 100 |
| 1.5     | —            | 100  | —       | —    | 100  | 100 |
| 1.5     | 0.1×0.2×2.0  | 30   | —       | —    | 100  | 100 |
| 1.5     | 0.15×0.3×2.0 | 30   | —       | —    | 100  | 100 |
| 1.1     |              | 38.7 | 100     | 72.9 | 81.4 | 100 |



### 3 安定補完工法

林道の捨土石は1個所に多量に堆積すると、強雨の際に危険性が高い。また林木の根元を埋没して、生育を阻害し、枯損の原因ともなる。したがって林帯で抑止が困難な土石の流出に対する補完工法もこの点に留意して位置と工法を考える必要がある。

工法は掛川署が実施している先行施工を前提とし工種もほぼこれを標準として検討する。捨土石を林縁で完全に抑止することは林床被害を減少せしめる効果は大きいですが、林縁に多量の土石を堆積せしめて、丸太積、編さくなどの腐朽も考慮すると長期的な安定法ではない。捨土石はなるべく薄く林内に分布せしめることができれば堆積による林木と林床の被害を軽減することができる。このような捨土石の処理には、低い丸太積、編さくなどを林内に施工することにより効果を期待することができる。

これらの施工は林道と平行に下方の斜面に、土砂の量、傾斜に応じて、列数を考慮して設置する方法をとれば、治山の山腹工法と同様に傾斜を緩にして土石の安定に効果は少ないものと予想する。その高さはなるべく低く、50cm前後を標準とするので、材料が腐朽して破壊されても被害は少なく、堆積も浅いので林木、林床の被害も少ない。転石、破碎岩の個所は表土が浅く、杭打が困難ならば立木を利用することもできる。またこの様な個所は、石、岩の落下による林木の損傷(剥皮)が生じ易いので林縁から10~20m程度まで下方斜面の林木は衝撃、剥皮防止のため、古タイヤ、むしろなどを巻付けることも必要である。

通常林縁には支障木の枝条、抜根などが集積されて、捨土はよく抑止されるが、かえって堆積が過大になり被害を発生しているものも観察された。したがって林縁にはなるべく枝条、抜根を集積せしめず、施工も林縁から3~5mの位置に1列目を配置することが効果があり被害を軽減できるものといえる。

### V 今後の問題点

林道作設による土石の流出と林地、林木の被害は、適正な保護樹帯の設置と、安定補完工法の施工によって、路線の大部分の捨土は流出を抑止し、被害を防止する可能性がある。しかし急傾斜地、岩石地では保護樹帯による土石の流出抑止限界を越える個所も少なくない。このような個所は土石の切取り、運搬など作設に関する技術開発を更に進める必要があり、とくに急傾斜地や岩石地の多い地域では、路線の選定が最も優先して検討されることが望まれる。

したがって林道の計画には各営林局で施行されている森林施業基準、保護樹帯設置基準のなかで地域の特性を重視して、保護樹帯の設置、管理、更新方法を確立し、林道の設計施工要領

保全工法実施基準などの充実に計る必要がある。

また保護樹帯の土石流出抑止効果を補完し、林地、林木の被害を防止する工法については、現地試験を経て、位置、構造、規格などの基準を検討することも緊要であろう。