

# 昭和33年伊豆水害の山地の崩壊、 土石流出とその防止対策

川口 武雄<sup>(1)</sup>・難波 宣士<sup>(2)</sup>  
滝口 喜代志<sup>(3)</sup>・河野 良治<sup>(4)</sup>  
岸 岡 孝<sup>(5)</sup>

## は し が き

昭和33年9月26日の台風22号(狩野川台風)によつて、静岡県下特に伊豆地方は、はなはだしい被害を受けたので、その被害中心地域の山地の崩壊・土石流出状況を明らかにし、今後の治山特に予防治山の基礎資料としてその防止対策を考究するために現地調査を行なつた。調査は北伊豆治山災害調査団<sup>9)</sup>として昭和33年11月下旬に5日間と、同じく12月中旬に4日間と2回行ない、さらに昭和34年2月に治山第一研究室として北伊豆地方を6日間、南伊豆地方を6日間と災害地の土壌採取とともに調査を行なつた。

しかし、広範な伊豆地方の災害地に対しては短時日の調査であり、まづたくの踏査程度で概ぼうをつかむのにも困難な点もあつたが、東京営林局<sup>12) 18) 19) 20)</sup>・静岡県林務部<sup>16) 21)</sup>の山地荒廃の調査結果などを参照し、山地災害の特徴やその防止対策を中心として取りまとめたものを報告するしだいである。なお本報告の一部北伊豆地方については、さきに伊豆治山災害調査報告書の第III章<sup>9)</sup>として発表した部分もある。

調査地域は伊豆地方の山地災害の激じん地といわれた狩野川上流地区(修善寺橋から上流の狩野川本流筋、桂川流域、船原川流域、吉奈川流域、持越川流域、猫越川流域、本谷川流域、長野川流域)、大見川地区(大見川本流筋、筏場川流域、地藏堂川流域、菅引川流域、城・上白岩・小川などの大見川下流の支流、冷川流域)、伊東地区(烏川その他宇佐美付近と寺田川・大川・冷川峠など松川流域の一部)、城東地区(白田川流域)、河津・萩の入地区(河津本谷川流域、萩乗川流域)、仁科地区(大滝川流域、仁科本谷川流域)の6地区と、洪水被害の中心地といわれた狩野川下流地区(修善寺橋から下流蛇が橋へいたる狩野川本流筋)と計7地区である。

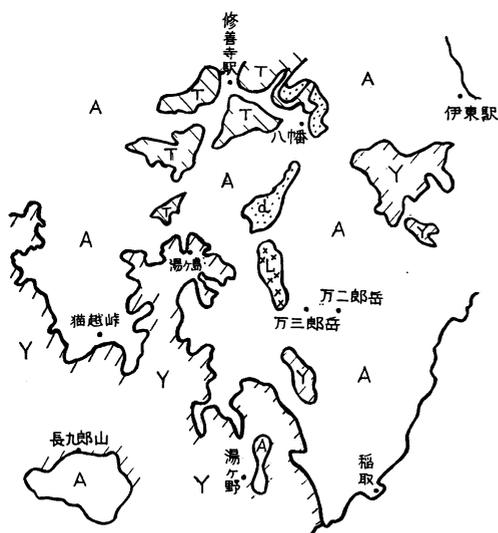
調査にあつていろいろ便宜を与えられた調査当時の林野庁治山課若江課長・岩崎技官・池田事務官、東京営林局治山課尾ヶ井課長・横山技官・富永技官・榎技官、天城営林署森西署長・矢藤経営課長・各担当区主任、河津営林署佐藤署長・益子経営課長・各担当区主任、静岡県林務部治山課渡辺課長・石橋課長補佐・菅沼技師、伊豆林業災害復興事務所風間所長・福永技師、日本治山治水協会近藤・宗宮の両氏など関係各位に深じんな謝意を表する。

## I 調査地域の概況

### 1. 調査地域の地況

伊豆半島は箱根連山が南にのびる富士火山系の火山群で構成されている半島で、東西約30km、南北約

(1) 防災部防災第一科長 (2) (3) (4) (5) 防災部防災第一科治山第一研究室員



A: 安山岩噴火山噴出物 Y: 変朽安山岩  
T: 凝灰岩 L: 流紋岩 d: 洪積礫層  
第 1 図 調査地域の概略の地質図

50 km で、その中央からやや南を東西方向に走る遠笠山 (1,197 m)・万二郎岳 (1,300 m)・万三郎岳 (1,407 m)・猫越峠 (1,035 m) などの天城山系・猫越山系で北伊豆と南伊豆に 2 分される。

北伊豆では天城山系・猫越山系を水源とする船原川・持越川・本谷川などの諸支流が合流して狩野川本流となり、修善寺駅で天城山系を水源とする大見川を合わせて、田方平野をゆるやかに北流する狩野川となる。北伊豆はすべてこの狩野川に集水されて扇を閉じるような形であるのに対し、南伊豆では天城山系・猫越山系を水源とする白田川・河津川・那賀川・仁科川などの小河川がそれぞれ放射状に海にそそぎ、河筋も短かく平野も少なく、扇を拡げるような形となっている。一般に中央山岳地帯は急しゆんで、漸次下降するにしたがつてゆるやかな丘陵地帯となるが、北伊豆では

その約 2/3 は傾斜急 (30° 以上)、中 (15~30°) で、南伊豆ではその約 3/4 は傾斜急、中となっている。

伊豆半島の基底をなす地質は第三紀の湯ヶ島層であるが、第三紀中新世——鮮新世の海底火山活動の結果、まず猫越火山・宇佐美火山などが噴出し、ついで第四紀に天城火山群が噴出し、その噴出物は各地に溶岩流または砕せつ物として堆積した。伊豆半島のおもな基岩は湯ヶ島層の変朽安山岩とその後噴出した輝石安山岩など安山岩質火山岩で、局部的には流紋岩・凝灰岩・玄武岩などが介在する。地域的には多賀火山・宇佐美火山・大室火山・天城火山・猫越火山・棚場火山・達磨火山などの諸火山噴出物でおおわれ、一部には軽石質砂礫層のシラス台地を形成するところもある。ごく概略の地質図は第 1 図<sup>1)</sup>のごとくである。

土壌は筏場川の軽石地帯、火山灰・礫の段丘地帯を除いては、一般に壤土で腐植質に富んで理化学性良好であり、狩野川下流の低地は沖積層の埴壤土である。

伊豆地方の平均年雨量は 2,000 mm を越し、年平均気温も 15~17°C と、温暖多雨である。ただ高所では冬の寒さはかなりきびしく、また強い季節風のための林木の生立しない箇所もある。

伊豆半島の土地利用状況は第 1 表のようである。

第 1 表 土地利用区分<sup>1)</sup>

| 基本区<br>森林区       | 総面積<br>(ha)     | 農地<br>(ha)     | 国有林<br>(ha)    | 民有林<br>(ha)    | 森林計<br>(ha)    | 原野<br>(ha)    | その他<br>(ha)    |
|------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| 北伊豆<br>静岡 B 6~11 | 91,945<br>(100) | 11,652<br>(13) | 10,997<br>(12) | 50,843<br>(55) | 61,840<br>(67) | 2,251<br>(2)  | 16,202<br>(18) |
| 南伊豆<br>静岡 A 1~5  | 57,817<br>(100) | 3,709<br>(6)   | 10,189<br>(18) | 33,047<br>(57) | 43,236<br>(75) | 5,964<br>(10) | 4,908<br>(8)   |

備考：( ) は総面積に対する %

主要産業は北伊豆で鉱業・農業・水産業，南伊豆では水産業・農業・林業である。伊豆半島は平地が少なく，耕地率は北伊豆で 13%，南伊豆で 6% にすぎない。

2. 調査地域の林況

第 1 表でわかるように，伊豆地方の森林面積 10.5 万 ha の約 2 割の 2.1 万 ha が国有林であり，国有林は半島の中央山岳地帯の水源地域に分布し，用材林がおもでその平均蓄積も第 2 表のように 80 m<sup>3</sup> を越え，生育もかなり良好である。

温暖多雨に恵まれて林木の生育は良好であるが，このことは伊豆の森林蓄積が豊富であることを意味するものでなく，森林面積の約 8 割を占める国有林は平均蓄積は 40~50 m<sup>3</sup> 程度にすぎない。国有林はスギ・ヒノキなどの用材林は生育良好であるが，その占める割合は北伊豆で 38%，南伊豆で 16% にすぎず，国有林の大半はクヌギなどの薪炭林で，短伐期の皆伐をくりかえし，その平均蓄積も 20 m<sup>3</sup> 程度である。

伊豆地方の樹種としては，海拔 800 m 以下の暖帯林はモミ・ケヤキ・シラカシ・ウバメガシ・ヒメユズリハなどが固有樹種で，ヒノキ・スギ・クロマツ・クヌギなどが人工造林され，800 m 以上の温帯林はブナ・ヒメシヤラ・イヌツゲ・アセビなどが固有樹種で，ヒノキ・スギ・クロマツが人工造林されている。

3. 調査地域の狩野川台風による被害概況

グアム島付近に発生した熱帯性低気圧は，9 月 21 日に台風 22 号となつて西進し，22 日に北上しはじめてから発達して，24 日には最低気圧 877 mb を記録したが，26 日には中心気圧 940 mb となつて伊豆南端をかすめて関東に上陸し，急速に衰弱した。

伊豆半島では 25 日昼ごろから雨が降りだし，26 日昼すぎから強くなり，特に台風の最も近づいた 19 h~23 h が一番強く，湯ヶ島では 21 h~22 h に時雨量 120 mm が観測されたが，夜半すぎには雨はやんで天気は回復した。9 月 25 日~26 日の伊豆半島の降雨量は第 3 表のようで，降雨量は湯ヶ島を中心として多く，それより離れるにしたがつて少ないが，北伊豆・南伊豆ともその水源地域の山間部は 400 mm を越す雨量があつたことがわかる。静岡県下の雨量は伊豆地方を除いては比較的少なかつた。

第 2 表 針広別蓄積<sup>14)</sup>

| 地区   | 所有別 | 針広別    | 面積 (ha) | 蓄積 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | haあたり平均蓄積 (m <sup>3</sup> ) |
|------|-----|--------|---------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 北伊豆  | 国有林 | 針葉樹    | 12,014  | 908                                  | 76                          |
|      |     | 広葉樹    | 2,675   | 244                                  | 91                          |
|      |     | 計      | 14,689  | 1,152                                | 78                          |
|      | 民有林 | 針葉樹    | 24,578  | 2,724                                | 111                         |
| 広葉樹計 |     | 39,630 | 942     | 24                                   |                             |
| 南伊豆  | 国有林 | 針葉樹    | 8,599   | 711                                  | 83                          |
|      |     | 広葉樹    | 1,590   | 124                                  | 78                          |
|      |     | 計      | 10,189  | 835                                  | 82                          |
|      | 民有林 | 針葉樹    | 5,233   | 705                                  | 135                         |
|      |     | 広葉樹    | 27,813  | 713                                  | 26                          |
|      |     | 計      | 33,046  | 1,418                                | 43                          |

備考：北伊豆は C 基本区 12, 13 森林区を含む。天城管林署管内国有林は 7,758 ha, 102 万 m<sup>3</sup> で平均蓄積は 130 m<sup>3</sup>/ha を越す。

第 3 表 狩野川台風時の降雨量<sup>16)19)</sup>

| 地名       | 三島    | 戸田    | 大仁    | 網代    | 伊東     | 遠笠山    | 地藏堂   | 湯ヶ島   | 天城山   |
|----------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 降雨量 (mm) | 89.2  | 247.7 | 274.0 | 237.2 | 353.1  | 543    | 510.9 | 748.6 | 206   |
| 地名       | 稲取    | 河津浜   | 下田    | 松崎    | 三階滝事業所 | 荻の入事業所 | 寒天事業所 | 佐ヶ野畑  | 白田事業所 |
| 降雨量 (mm) | 341.9 | 248.7 | 277.7 | 223.5 | 260    | 276    | 530   | 247   | 550   |

台風による最大風速は静岡県東部では 20~25 m/s であったが、伊豆半島南部の海岸地方では 35 m/s 以上に達した所もあった。

伊豆地方では河川はん濫による被害が大きく、狩野川、伊東の烏川・寺田川・大川、城東の白田川、賀茂の宇久須川、松崎的那賀川、西伊豆の仁科川などがはげしく、最も被害の大きかったのは狩野川である。

狩野川の水位は、大仁で 26 日 14 h に警戒水位 2.10 m、千歳橋で 26 日 16 h に警戒水位 4.10 m に達し、22 h には大仁 3.80 m、千歳橋 6.90 m となり、以後急激に増水して計画高水位（大仁 4.77 m、千歳橋 7.12 m）を越え、各所で溢流・破堤して観測不能となっている。狩野川は建設中の放水路が未完成であり、長岡の計画洪水量は 3,000 m<sup>3</sup>/s で、流域の日雨量 300 mm が限度とのことで、今回は水源地帯に 700 mm の豪雨があり、修善寺橋では狩野川本流と大見川の洪水ピークがほぼ同時に集中し、洪水量は 6,000 m<sup>3</sup>/s に達したといわれる。また、災害時が夜で瞬時の出水で待避する余裕が無く、上流からの流材（2万石といわれ、家屋・橋りょうの破壊・流失によるものが大部分で、国有林の丸太・立木の流出は 800 石にすぎない）に加速されて、経済的に最も発達した下流修善寺——三島間の低地帯の河筋近くに密集している部落にいちじるしい洪水被害を生じた。

狩野川台風による伊豆地方の被害は、人的被害 2,443 人、家屋被害 15,818 戸、施設・生産物・農業・林業被害合計額約 140 億円で、その内訳はつぎのとおりで<sup>16) 21)</sup>、その他水産・観光関係の被害も大きい。

- (1) 人的被害：死者・行方不明者 926 人、傷者 1,517 人
- (2) 家屋被害：全壊流失 1,248 戸、半壊 940 戸、浸水 13,630 戸
- (3) 施設被害：河川 3,724 箇所・39.0 億円、砂防 160 箇所・1.7 億円、道路 1,183 箇所・6.7 億円、橋りょう 369 箇所・10.4 億円、港湾 27 箇所・1.2 億円、漁港 13 箇所・0.3 億円、文教 145 箇所・1.2 億円、農業 1,410 箇所・14.8 億円
- (4) 生産物被害：農作物 16.0 億円、林産物 1.8 億円、家畜 0.5 億円
- (5) 農地被害：2,202 町・26.2 億円
- (6) 林業被害：林道 292 箇所・10,758 m・1.1 億円、荒廃地 4,944 箇所・643 ha・15.8 億円

## Ⅱ 調査地域の山地の崩壊・土石流出概況

### 1. 調査地域の山地崩壊の概況

静岡県林務部<sup>16) 21)</sup>および東京営林局<sup>18) 19)</sup>の調査によると、伊豆地方の民有林・国有林の崩壊状況は第 4 表のとおりである。

民有林では伊豆地方に合計 3,452 箇所・555.99 ha の山地崩壊が発生しているが、そのうち約 8 割程度にあたるものが北伊豆の田方郡に発生し、なかでも大見川流域の中伊豆町、狩野川本流上流の上狩野村に崩壊が集中的に発生し、ついで中狩野村・伊東市に多い。国有林では伊豆地方の天城・河津両営林署管内で計 1,392 箇所・86.93 ha の山地崩壊が発生しているが、やはりそのうち約 8 割程度が中伊豆町・上狩野村地内の天城営林署管内の国有林に集中的に発生していることがわかる。

第 4 表は調査方法・精度がそれぞれ異なる国有林・民有林の数字を合計したものであり、また民有林の第 2 次調査結果<sup>21)</sup>（第 4 表の（ ）を付さない数字）は崩壊地のなかには荒廃けい流面積も含んでいると考えられるので、北伊豆・南伊豆の純然たる山地崩壊状況の概数を同じような精度で推算してみると第 5 表のようになる。

第 4 表 山地崩壊状況

| 町村名       | 民 有 林            |                    | 国 有 林            |                  | 計                |                    |
|-----------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|
|           | 崩壊箇所数            | 崩壊面積 (ha)          | 崩壊箇所数            | 崩壊面積 (ha)        | 崩壊箇所数            | 崩壊面積 (ha)          |
| 熱海市       | (4)<br>7         | (0.60)<br>0.90     |                  |                  | (4)<br>7         | (0.60)<br>0.90     |
| 伊東市       | (276)<br>298     | (32.00)<br>74.70   |                  |                  | (276)<br>298     | (32.00)<br>74.70   |
| 田方郡計      | (1,791)<br>2,882 | (169.95)<br>438.91 | (1,061)<br>1,061 | (68.73)<br>68.73 | (2,852)<br>3,943 | (238.68)<br>507.64 |
| 中伊豆町      | (959)<br>1,455   | (96.42)<br>219.51  | (125)<br>125     | (14.34)<br>14.34 | (1,084)<br>1,580 | (110.76)<br>233.85 |
| 修善寺町      | (20)<br>11       | (3.10)<br>5.00     |                  |                  | (20)<br>11       | (3.10)<br>5.00     |
| 北狩野村      | (47)<br>53       | (1.65)<br>5.24     |                  |                  | (47)<br>53       | (1.65)<br>5.24     |
| 中狩野村      | (244)<br>415     | (26.13)<br>57.97   |                  |                  | (244)<br>415     | (26.13)<br>57.97   |
| 上狩野村      | (504)<br>912     | (41.45)<br>145.19  | (936)<br>936     | (54.39)<br>54.39 | (1,440)<br>1,848 | (95.84)<br>199.58  |
| 土肥町       | (17)<br>36       | (1.20)<br>6.00     |                  |                  | (17)<br>36       | (1.20)<br>6.00     |
| 北伊豆計      | (2,071)<br>3,187 | (202.55)<br>514.51 | (1,061)<br>1,061 | (68.73)<br>68.73 | (3,132)<br>4,248 | (271.28)<br>583.24 |
| 城東村       | (16)<br>35       | (2.64)<br>7.57     | (41)<br>41       | (5.47)<br>5.47   | (57)<br>76       | (8.11)<br>13.04    |
| 河津町       | (8)<br>10        | (1.20)<br>2.76     | (126)<br>126     | (6.75)<br>6.75   | (134)<br>136     | (7.95)<br>9.51     |
| 南伊豆町      | (3)<br>17        | (0.20)<br>1.45     |                  |                  | (3)<br>17        | (0.20)<br>1.45     |
| 松崎町       | (63)<br>82       | (8.33)<br>8.43     | (70)<br>70       | (3.02)<br>3.02   | (133)<br>152     | (11.35)<br>11.45   |
| 西伊豆町      | (15)<br>62       | (2.60)<br>6.72     | (94)<br>94       | (2.96)<br>2.96   | (148)<br>215     | (11.33)<br>24.23   |
| 賀茂村       | (39)<br>59       | (5.77)<br>14.55    |                  |                  |                  |                    |
| 南伊豆(賀茂郡)計 | (144)<br>265     | (20.74)<br>41.48   | (331)<br>331     | (18.20)<br>18.20 | (475)<br>596     | (38.94)<br>59.68   |
| 総計        | (2,215)<br>3,452 | (223.29)<br>555.99 | (1,392)<br>1,392 | (86.93)<br>86.93 | (3,607)<br>4,844 | (310.22)<br>642.92 |

備考：( ) は災害直後の調査結果。北伊豆国有林内の 0.5 a 以下の崩壊 100 箇所は本表では除外してある。

第 5 表で伊豆地方には約 4,000 箇所・500ha の山地崩壊が発生したとみられる。

東京営林局調査<sup>19)</sup>による天城・河津国有林内の地区・支流別の山地崩壊状況は第 6 表のようである。

第 6 表で国有林 100 ha あたりの崩壊箇所数の大きいのは猫越川・持越川・吉奈川・長野川であり、国有林 100 ha に 1 ha 以上の崩壊を生じたすなわち荒廃率 1% 以上を示すのは猫越川・長野川・菅引川で、また、崩壊 1 箇所の平均面積の大きいのは白田川・地藏堂川・菅引川・片瀬川と奈良本川・天城の本谷川・長野川である。

また東京営林局調査<sup>19)</sup>によると、北伊豆の水源地域約 78 km<sup>2</sup> の天城国有林内に発生した山地崩壊 1,161

第 5 表 山地崩壊状況概数

| 地区  | 民 有 林 |           | 国 有 林 |           | 計     |           |
|-----|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|
|     | 崩壊箇所数 | 崩壊面積 (ha) | 崩壊箇所数 | 崩壊面積 (ha) | 崩壊箇所数 | 崩壊面積 (ha) |
| 北伊豆 | 2,600 | 360       | 1,100 | 70        | 3,700 | 430       |
| 南伊豆 | 200   | 30        | 300   | 20        | 500   | 50        |
| 計   | 2,800 | 390       | 1,400 | 90        | 4,200 | 480       |

第 6 表 国有林の支流別崩壊状況

| 署         | 地区    | 支流   | 国有林面積<br>(ha) | 崩壊箇所数 | 崩壊面積<br>(ha) | 国有林 100haあたり<br>崩壊箇所数 | 国有林 100haあたり<br>崩壊面積<br>(ha) | 崩壊 1箇所<br>平均面積<br>(a) |
|-----------|-------|------|---------------|-------|--------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|
| 天城        | 狩野川上流 | 吉奈川  | 390           | 53    | 3.45         | 14                    | 0.9                          | 7                     |
|           |       | 持猫川  | 833           | 146   | 6.06         | 18                    | 0.7                          | 4                     |
|           |       | 越越川  | 1,248         | 549   | 24.92        | 44                    | 2.0                          | 5                     |
|           |       | 谷谷川  | 1,811         | 74    | 8.03         | 4                     | 0.4                          | 11                    |
|           |       | 野野川  | 1,073         | 114   | 11.93        | 11                    | 1.1                          | 10                    |
|           |       | 場場川  | 972           | 35    | 2.96         | 4                     | 0.3                          | 8                     |
|           |       | 地蔵堂川 | 749           | 30    | 3.77         | 4                     | 0.5                          | 13                    |
|           |       | 菅引川  | 683           | 60    | 7.61         | 9                     | 1.1                          | 13                    |
|           |       | 小計   | 7,759         | 1,061 | 68.73        | 14                    | 0.9                          | 6                     |
|           |       | 河津   | 仁科            | 大滝川   | 493          | 51                    | 1.71                         | 10                    |
| 仁科本谷川     | 781   |      |               | 43    | 1.25         | 6                     | 0.2                          | 3                     |
| 白那賀川      | 990   |      |               | 45    | 1.72         | 5                     | 0.2                          | 4                     |
| 大賀鍋川      | 663   |      |               | 25    | 1.30         | 4                     | 0.2                          | 5                     |
| 荻乘川       | 614   |      |               | 13    | 0.90         | 2                     | 0.1                          | 7                     |
| 河津本谷川     | 1,097 |      |               | 49    | 2.68         | 4                     | 0.2                          | 5                     |
| 奥原川, 本沢   | 998   |      |               | 38    | 1.71         | 4                     | 0.2                          | 5                     |
| 白田川       | 477   |      |               | 26    | 1.46         | 5                     | 0.3                          | 6                     |
| 片瀬川, 奈良本川 | 953   |      |               | 23    | 3.38         | 2                     | 0.4                          | 15                    |
| 小計        | 572   |      |               | 18    | 2.09         | 3                     | 0.4                          | 12                    |
| 小計        | 7,638 | 331  | 18.20         | 4     | 0.2          | 6                     |                              |                       |

第 7 表 山地崩壊の形状

| 形状  | 吉奈川 | 持越川 | 猫越川 | 本谷川 | 長野川 | 筏場川 | 地蔵堂川 | 菅引川 | 計     | 発生頻度<br>(%) |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-------|-------------|
| 円頭状 | 35  | 102 | 197 | 35  | 9   | 15  | 5    | 13  | 411   | 36          |
| 貝殻状 | 3   | 3   | 187 | 3   | 0   | 1   | 3    | 11  | 211   | 18          |
| 溝状  | 15  | 57  | 146 | 32  | 111 | 18  | 21   | 15  | 415   | 36          |
| 樹枝状 | 2   | 1   | 2   | 4   | 4   | 1   | 1    | 0   | 15    | 1           |
| 岸崩  | 4   | 7   | 76  | 0   | 0   | 0   | 0    | 22  | 109   | 9           |
| 計   | 59  | 170 | 608 | 74  | 124 | 35  | 30   | 61  | 1,161 | 100         |

第 8 表 山地崩壊の発生位置

| 地形  | 吉奈川 | 持越川 | 猫越川 | 本谷川 | 長野川 | 筏場川 | 地蔵堂川 | 菅引川 | 計     | 発生頻度<br>(%) |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-------|-------------|
| 山腹  | 53  | 162 | 299 | 57  | 115 | 22  | 30   | 33  | 771   | 66          |
| くぼ地 | 2   | 0   | 186 | 12  | 2   | 3   | 0    | 4   | 209   | 18          |
| けい岸 | 4   | 8   | 123 | 5   | 0   | 10  | 0    | 24  | 174   | 15          |
| 頭部  | 0   | 0   | 0   | 0   | 7   | 0   | 0    | 0   | 7     | 1           |
| 計   | 59  | 170 | 608 | 74  | 124 | 35  | 30   | 61  | 1,161 | 100         |

第 9 表 山地崩壊の傾斜

| 傾斜角   | 吉奈川 | 持越川 | 猫越川 | 本谷川 | 長野川 | 筏場川 | 地蔵堂川 | 菅引川 | 計     | 発生頻度<br>(%) |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-------|-------------|
| 0~10° | 3   | 1   | 0   | 0   | 0   | 1   | 0    | 10  | 15    | 1.3         |
| 11~15 | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 2   | 0    | 5   | 8     | 0.7         |
| 16~20 | 0   | 2   | 0   | 0   | 1   | 0   | 0    | 0   | 3     | 0.2         |
| 21~25 | 0   | 1   | 80  | 0   | 0   | 2   | 1    | 11  | 95    | 8.2         |
| 26~30 | 11  | 15  | 256 | 21  | 29  | 6   | 6    | 9   | 353   | 30.4        |
| 31~35 | 29  | 65  | 131 | 46  | 87  | 14  | 18   | 23  | 413   | 35.6        |
| 36~40 | 5   | 58  | 87  | 0   | 7   | 8   | 5    | 3   | 173   | 14.9        |
| 41~45 | 8   | 9   | 52  | 4   | 0   | 0   | 0    | 0   | 73    | 6.3         |
| 46以上  | 3   | 18  | 2   | 3   | 0   | 2   | 0    | 0   | 28    | 2.4         |
| 計     | 59  | 170 | 608 | 74  | 124 | 35  | 30   | 61  | 1,161 | 100         |

第 10 表 山地崩壊の方位

| 方位 | 吉奈川 | 持越川 | 猫越川 | 本谷川 | 長野川 | 筏場川 | 地藏堂川 | 菅引川 | 計     | 発生頻度 (%) |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-------|----------|
| N  | 32  | 46  | 78  | 16  | 28  | 3   | 7    | 9   | 219   | 18.9     |
| NE | 3   | 27  | 184 | 2   | 37  | 22  | 17   | 26  | 318   | 27.4     |
| E  | 10  | 23  | 23  | 0   | 7   | 3   | 3    | 15  | 104   | 8.9      |
| SE | 0   | 1   | 128 | 9   | 2   | 0   | 0    | 1   | 141   | 12.1     |
| S  | 13  | 21  | 27  | 6   | 16  | 0   | 1    | 0   | 84    | 7.2      |
| SW | 0   | 11  | 22  | 2   | 9   | 0   | 2    | 0   | 46    | 4.0      |
| W  | 1   | 13  | 5   | 5   | 17  | 0   | 0    | 4   | 45    | 3.9      |
| NW | 0   | 28  | 141 | 14  | 8   | 7   | 0    | 6   | 204   | 17.6     |
| 計  | 59  | 170 | 608 | 74  | 124 | 35  | 30   | 61  | 1,161 | 100      |

箇所は第 7～10 表のような状況で，海拔高では 400～800 m に集中している。

第 7・8 表と現地調査の結果をあわせ考えると，山腹の崩壊は円頭状・貝殻状・溝状が多く，くぼ地の崩壊は溝状・貝殻状・樹枝状が多く，けい岸の崩壊はけい流の浸食によつて生じたものはいわゆる岸崩であり，けい岸の崩壊が山腹の崩壊やくぼ地の崩壊とつながっているものはいろいろの形状となつている。

第 9 表では山地崩壊の約 8 割が傾斜 26～40° の斜面におこつていることがわかるが，これは今まで山地崩壊と傾斜との関係でいわれているとおりで，15° 以下の緩傾斜にも崩壊が発生しているのは，緩斜の岸崩が大部分で，他に緩斜のくぼ地が洗掘されて下の石礫や基岩が露出したものも調査時に崩壊のなかに加えられたためであろう。

第 10 表では NE・N・NW の北斜面の崩壊が 6 割以上となつているのは，台風の進路の関係でこの斜面に降雨が多かつたことと，もともと北面傾斜の山地が多いためであろう。

また，南伊豆の水源地域約 76 km<sup>2</sup> の河津国有林内に発生した山地崩壊 331 箇所は，その原因別の発生頻度<sup>19)</sup>はゆう水 17.2%，基盤軟弱 40.8%，けい流浸食 21.7%，林道法および集水 10.3%，幼令林 10.0% となつている。

調査地域内の山地災害激じん地における山地崩壊の概略の分布状況を静岡県林務部・東京営林局の調査結果によつて図示すると第 2 図（図には記入上の都合で山地崩壊の数は実際よりはるかに少なく記入されているが，各地区ごとの山地崩壊の密度の比は相対的に実際とあまり異ならぬように記入されている）のようになる。

## 2. 調査地域の山地からの土石流出の概況

以上の山地崩壊からの流出土石は，林地自体を荒らすだけでなく，さらに下流地域の被害を助長し，災害前からけい流に堆積していた土石と合体して土石流となつて流下する時が最もいちじるしい被害をおこす。

東京営林局調査による天城<sup>19)</sup>・河津<sup>19)</sup>両国有林内の山地崩壊からの推定流出土砂量は，第 11 表のようにそれぞれ 90×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>，26×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>（山地崩壊の生産土砂量はそれぞれ 179×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>，49×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>）となつている。第 11 表では推定流出土砂量の絶対量の多かつたのは長野川・猫越川・本谷川で，国有林 100 ha あたりの推定流出土砂量が 1×10<sup>3</sup>m<sup>3</sup> を越すのは長野川・猫越川・筏場川・本谷川となつている。

つぎに民有林の山地崩壊からの流出土砂量を推定するため，民有林の山地崩壊からも国有林の山地崩壊からの推定流出土砂量と同じような割合で土石が流出したとして計算してみる。

第 11 表 国有林の支流別推定流出土砂量

| 署  | 地区    | 支流          | 国有林面積<br>(ha) | 崩壊生産<br>土砂量<br>(m <sup>3</sup> ) | 推定流出<br>土砂量<br>(m <sup>3</sup> ) | 国有林 100<br>ha あたり<br>流出土砂量<br>(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) |
|----|-------|-------------|---------------|----------------------------------|----------------------------------|---|
| 天城 | 狩野川上流 | 吉 奈 川       | 390           | 5,940                            | 2,376                            | 0.6   |
| 〃  | 〃     | 持 越 川       | 833           | 10,325                           | 4,130                            | 0.5   |
| 〃  | 〃     | 猫 越 川       | 1,248         | 52,700                           | 21,080                           | 1.7   |
| 〃  | 〃     | 本 谷 川       | 1,811         | 25,715                           | 19,287                           | 1.1   |
| 〃  | 〃     | 長 野 川       | 1,073         | 29,175                           | 20,423                           | 1.9   |
| 〃  | 大見川   | 筏 場 川       | 972           | 29,050                           | 14,525                           | 1.5   |
| 〃  | 〃     | 地 蔵 川       | 749           | 6,085                            | 1,826                            | 0.2   |
| 〃  | 〃     | 菅 引 川       | 683           | 20,440                           | 6,132                            | 0.9   |
| 〃  | 小計    |             | 7,759         | 179,430                          | 89,779                           | 1.1   |
| 河津 | 仁科    | 大 滝 川       | 493           | 5,130                            | 3,591                            | 0.7   |
| 〃  | 〃     | 仁 本 谷 川     | 781           | 3,750                            | 2,625                            | 0.3   |
| 〃  | 松崎    | 白 那 川       | 990           | 3,440                            | 1,720                            | 0.2   |
| 〃  | 〃     | 那 賀 川       | 663           | 2,812                            | 1,584                            | 0.2   |
| 〃  | 荻の入   | 大 荻 川       | 614           | 1,800                            | 1,080                            | 0.2   |
| 〃  | 〃     | 荻 津 川       | 1,097         | 8,040                            | 1,608                            | 0.1   |
| 〃  | 河津    | 河 津 本 谷 川   | 998           | 5,130                            | 1,026                            | 0.1   |
| 〃  | 〃     | 奥 原 本 沢 川   | 477           | 3,910                            | 2,064                            | 0.4   |
| 〃  | 城東    | 白 田 川       | 953           | 10,140                           | 7,098                            | 0.7   |
| 〃  | 〃     | 片 瀬 川, 奈良本川 | 572           | 5,325                            | 3,717                            | 0.6   |
| 〃  | 小計    |             | 7,638         | 49,477                           | 26,113                           | 0.5   |

狩野川流域（修善寺橋から上流）
$$= \frac{169 \text{ ha (災害直後調査}^{16}) \text{面積} + 433 \text{ ha (再調査}^{21}) \text{面積}}{2} = 301 \text{ ha}$$
  
 流）民有林崩壊地推定面積

狩野川流域（修善寺橋から上流）民有林崩壊地からの推定流出土砂量
$$= 90 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ (天城国有林崩壊地からの推定流出土砂量)} \times \frac{301 \text{ ha (民有林崩壊地推定面積)}}{69 \text{ ha (天城国有林崩壊地面積)}} = 393 \times 10^3 \text{ m}^3$$

狩野川流域（修善寺橋から上流）崩壊地からの推定流出土砂量計
$$= 90 \times 10^3 \text{ m}^3 + 393 \times 10^3 \text{ m}^3 = 48 \times 10^4 \text{ m}^3$$

狩野川流域と同じように伊東市について計算すると、

伊東市民有林崩壊地推定面積
$$= \frac{32 \text{ ha (災害直後調査}^{16}) \text{面積} + 75 \text{ ha (再調査}^{21}) \text{面積}}{2} = 54 \text{ ha}$$

伊東市民有林崩壊地からの推定流出土砂量
$$= 90 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ (天城国有林崩壊地からの推定流出土砂量)} \times \frac{54 \text{ ha (民有林崩壊地推定面積)}}{69 \text{ ha (天城国有林崩壊地面積)}} = 7 \times 10^4 \text{ m}^3$$

また、南伊豆賀茂郡についても同じように計算すると、

南伊豆賀茂郡民有林崩壊地推定面積
$$= \frac{21 \text{ ha (災害直後調査}^{16}) \text{面積} + 41 \text{ ha (再調査}^{21}) \text{面積}}{2} = 31 \text{ ha}$$

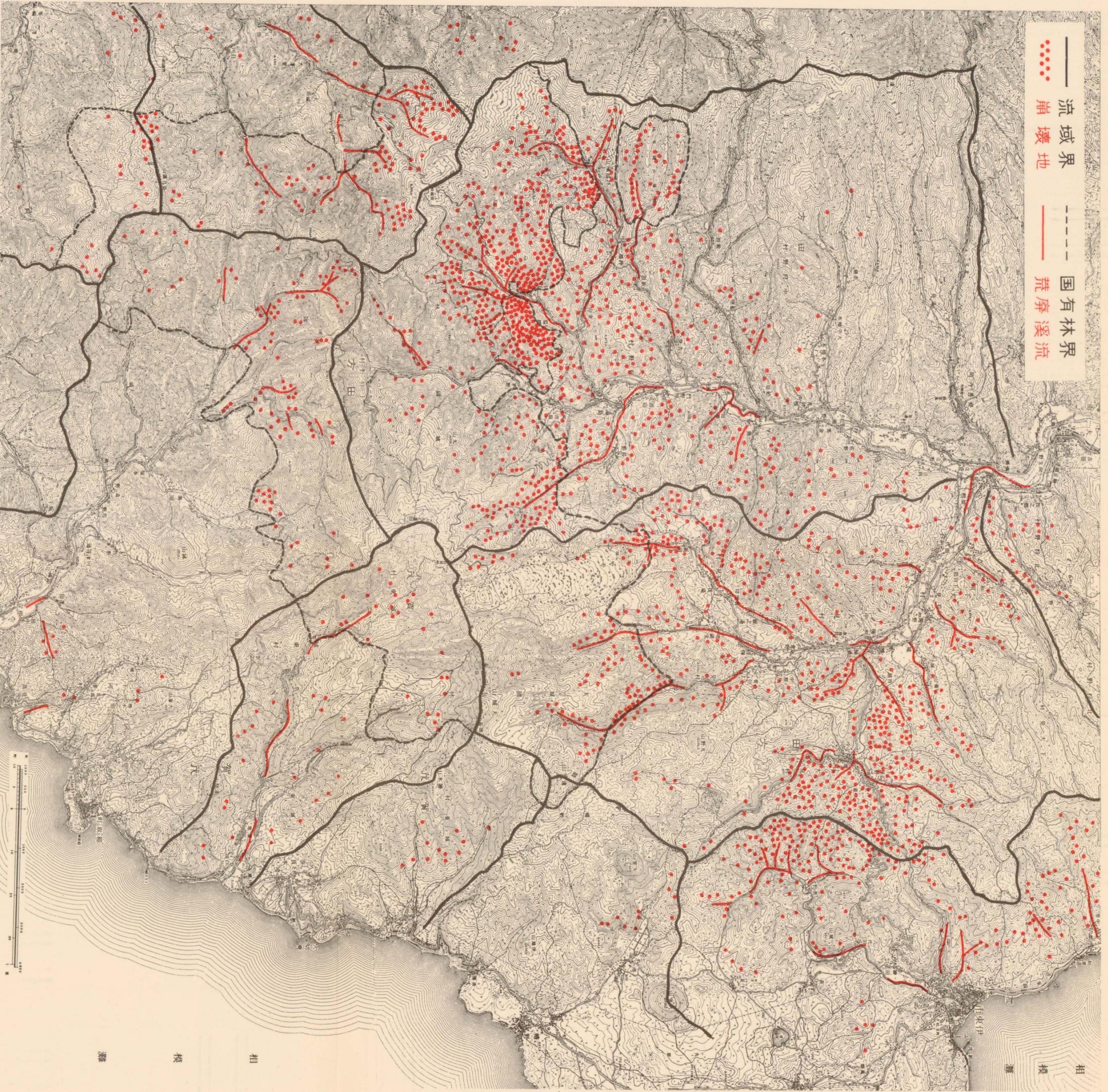
南伊豆賀茂郡民有林崩壊地からの推定流出土砂量
$$= 26 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ (河津国有林崩壊地からの推定流出土砂量)} \times \frac{31 \text{ ha (民有林崩壊地推定面積)}}{18 \text{ ha (河津国有林崩壊地面積)}} = 45 \times 10^3 \text{ m}^3$$

南伊豆賀茂郡崩壊地からの推定流出土砂量計
$$= 26 \times 10^3 \text{ m}^3 + 45 \times 10^3 \text{ m}^3 = 7 \times 10^4 \text{ m}^3$$

結局、狩野川流域（修善寺橋から上流）の山地崩壊から約 50 万 m<sup>3</sup>、伊東市の山地崩壊から 5~10 万 m<sup>3</sup>、南伊豆賀茂郡の山地崩壊から 5~10 万 m<sup>3</sup> の土石が流出した計算となる。

なお、山地からの流出土石量となると、この山地崩壊からの流出土石のほか、けい流その他からの流出

——— 流域界  
 ●●●●● 崩壊地  
 - - - - 国有林界  
 ——— 荒廃溪流



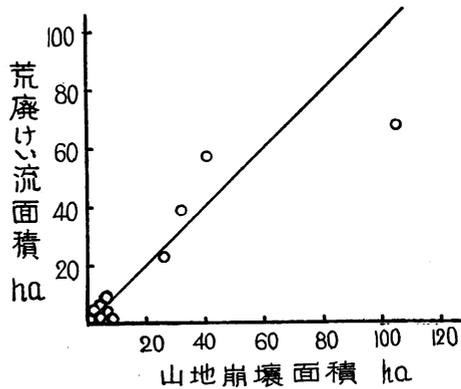
第2図 調査地域の山地崩壊および溪流荒廃分布図

土石も加わり，さらにその量は多くなるが，それについては後に述べることとする。

一方本調査地域の民有林の荒廃けい流面積は災害直後の静岡県林務部調査<sup>10)</sup>によると第 12 表のとおりである。この荒廃けい流面積の定義は一般に明確でないが，今回の豪雨によつて豪雨前とけい床状態がいちじるしく異なつた所と考えられ，一般には巨岩・大隙が雑然と堆積または露出した所が多く，時にはけい床洗掘部分や耕地・道路の浸食された部分も含まれると考えられる。第 12 表の町村別の荒廃けい流面積と第 4 表の町村別の山地崩壊面積（災害直後の調査の（ ）を付した方の数字）との関係を図示したのが第 3 図で，図から山地崩壊が発生すると，その山地崩壊を含む流域のけい流では，山地崩壊面積と相似たけい流面積が荒廃することがわかる。

第 12 表 民有林荒廃けい流面積

| 町 村 名   | 荒廃けい流面積 (ha) |
|---------|--------------|
| 熱 海 市   | 0.30         |
| 伊 東 市   | 39.40        |
| 田 方 郡 計 | 155.63       |
| 中 伊 豆 町 | 68.85        |
| 修 善 寺 町 | 0.90         |
| 北 狩 野 村 | 0.48         |
| 中 狩 野 村 | 22.79        |
| 上 狩 野 村 | 58.61        |
| 土 肥 町   | 4.00         |
| 賀 茂 郡 計 | 13.05        |
| 城 東 村   | 3.80         |
| 河 津 町   | 0.90         |
| 南 伊 豆 町 | 0.50         |
| 松 崎 町   | 0.25         |
| 西 伊 豆 町 | 0.30         |
| 賀 茂 村   | 7.30         |
| 総 計     | 208.38       |



第 3 図 民有林町村別山地崩壊面積と荒廃けい流面積との関係

以上のように山地崩壊と密接な関係でけい流が荒廃することと，国有林内のけい流も民有林の荒廃けい流面積と同じような割合で荒廃すると考えることをもととして，荒廃けい流面積を推定してみる。

狩野川流域（修善寺橋から上流）民有林荒廃けい流推定面積 = 152 ha（狩野川流域民有林荒廃けい

$$\text{流災害直後調査<sup>10)</sup>面積} \times \frac{301 \text{ ha (狩野川流域民有林崩壊地推定面積)}}{169 \text{ ha (狩野川流域民有林崩壊地災害直後調査面積)}} = 271 \text{ ha}$$

狩野川流域（修善寺橋から上流）国有林荒廃けい流推定面積 = 152 ha（狩野川流域民有林荒廃けい

$$\text{流災害直後調査面積} \times \frac{69 \text{ ha (天城国有林崩壊地面積)}}{169 \text{ ha (狩野川流域民有林崩壊地災害直後調査面積)}} = 62 \text{ ha}$$

狩野川流域（修善寺橋から上流）荒廃けい流推定面積計 = 271 ha + 62 ha = 333 ha

狩野川流域と同じように伊東市について計算すると，

$$\text{伊東市荒廃けい流推定面積} = 39 \text{ ha (伊東市荒廃けい流災害直後調査<sup>10)</sup>面積)} \times \frac{54 \text{ ha (伊東市崩壊地推定面積)}}{32 \text{ ha (伊東市崩壊地災害直後調査面積)}} = 66 \text{ ha}$$

また，南伊豆賀茂郡についても同じように計算すると，

南伊豆賀茂郡民有林荒廃けい流推定面積 = 14 ha（南伊豆賀茂郡民有林荒廃けい流災害直後調査<sup>10)</sup>面積

$$\text{積} \times \frac{31 \text{ ha (賀茂郡民有林崩壊地推定面積)}}{21 \text{ ha (賀茂郡民有林崩壊地災害直後調査面積)}} = 21 \text{ ha}$$

南伊豆賀茂郡国有林荒廃けい流推定面積 = 14 ha（南伊豆賀茂郡民有林荒廃けい流災害直後調査面積

$$\text{積}) \times \frac{18 \text{ ha (河津国有林崩壊地面積)}}{21 \text{ ha (賀茂郡民有林崩壊地災害直後調査面積)}} = 12 \text{ ha}$$

南伊豆賀茂郡荒廃けい流推定面積 = 21 ha + 12 ha = 33 ha

結局狩野川流域（修善寺橋から上流）で約 350 ha，伊東市で約 70 ha，南伊豆賀茂郡で約 30 ha のけい流面積が荒廃した計算となる。

以上の推算値その他を概数で整理してみると，第 13 表のようになり，修善寺橋から上流の狩野川流域が山地災害のあらゆる面で最もひどかったことがわかる。

第 13 表 山地荒廃状況の概略値

| 地 区           | 流域面積<br>(km <sup>2</sup> ) | 山地崩壊<br>箇所数 | 山地崩壊<br>面 積<br>(ha) | 山地崩壊から<br>の流出土砂量<br>(10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> ) | 荒廃けい<br>流 面 積<br>(ha) |
|---------------|----------------------------|-------------|---------------------|---|-----------------------|
| 狩野川(修善寺橋から上流) | 290                        | 3,500       | 350                 | 50  | 350                   |
| 伊 東 市         | 50                         | 300         | 50                  | 5~10  | 70                    |
| 南伊豆賀茂郡        | 580                        | 500         | 50                  | 5~10  | 30                    |

### Ⅲ 調査地区別の山地の崩壊・土石流出状況

#### 1. 狩野川上流地区の状況

湯ヶ島で9月26日に9h~24hで694mm(既往最大日雨量は483mm)の降雨量があり，最大時雨量は120mmを記録し，本地区は上流山地に豪雨があつたので約2,000箇所の山地崩壊が発生し，湯ヶ島から奥地に分布する国有林内だけでも936箇所の崩壊が発生している。本地区は狩野川本流を境として，左岸側は猫越山塊で主として変朽安山岩・石英安山岩などよりなり，右岸側は天城山塊で主として安山岩質溶岩・輝石安山岩などよりなり，猫越山塊の方が時代が古いといわれるが，旧猫越火山の中心地ではないかとみられる桑の木沢・白くんば沢の崩壊を除いては，天城山塊と猫越山塊の山地崩壊の様相はあまり差がなく，第6表でわかるように猫越山塊の方が崩壊箇所数は多いが個々の崩壊の規模は小さい。

##### 1-1 狩野川本流筋の状況

修善寺橋から上流湯ヶ島にいたる狩野川本流筋では，山地崩壊は本流右岸の急傾斜の民有林に小規模の滑落(写真1・2)が見られる程度で，左岸にはほとんど崩壊は見られない。

狩野川本流も長野川との合流点付近に大石(以下径40~50cm程度以上の人間が1人で運べぬ程度以上のものを意味することとする)の流出してきたものが見られる以外には，狩野川本流にそそぐ各支流との合流点付近には大石も見られず(写真2)，各支流山地から大量の流水はあつたが，それは大石をともなつて流出したとはみられない。ところどころ本流河床に見られる石礫は，大量の流水によつて河岸の耕地・宅地が浸食されて下の石礫が露出したか，またはそれが流送されて堆積したものとみられる。

##### 1-2 桂川流域の状況

修善寺温泉のある本流域では，降雨量も少なかったが，山地崩壊はほとんど無く，けい流も荒廃しなくて台風前と変化の無い状態とみられる。

##### 1-3 船原川流域の状況

山地崩壊がわずかに発生している程度で，けい流の荒廃も軽微である。

##### 1-4 吉奈川流域の状況

下流の民有林地区では幼令林や草地に山腹滑落（写真 3）がところどころ発生し、上流の棚場山国有林では、林地の崩壊や林地のくぼ地が大量の流水で洗掘され下の大石や基盤を露出したものがところどころ見られる。

吉奈川本流の国有林入口付近では、国有林内の崩壊地から流出した大石・立木がけい流に堆積（写真 4）し、新田部落のやや上流までは大石が連続的に堆積している。それから下流になると、支沢との合流点部分や山地崩壊直下のけい流部分が断続的に荒れている程度で、行基の滝から下流では、滝が天然ダムとなつて上流からの石礫は流送されていないが、滝を清水に近い状態で落下した多量の流水は、吉奈温泉上ではけい床およびけい岸付近をふたたび浸食している。

#### 1-5 持越川流域の状況

本流域の上流では国有林・民有林とも 5a 程度の小面積の山地崩壊が数多く発生（写真 5）している。特色のあるのは国有林内の白くんば沢で、旧猫越火山の中心地帯ではなからうかと考えられ、温泉作用などのためか基盤の変朽安山岩が粘土化し滑剤となつて発生する地すべり性崩壊（写真 6）が頻発し、その崩土の流出や沢の洗掘によつて持越事業所はかなりの被害を受けているが、白くんば沢の既設堰堤（写真 7）は被害がほとんど無く大石は留止している。下流湯ヶ島近くの民有林でも、基盤の安山岩質岩石は変質を受けて軟弱となり上の風化土層とともに浸透水によつて滑落し、幼令林地・灌木地（写真 8）・草地の山腹崩壊がところどころ見られる。

持越川本流も上流からの大石は金山上流までに堆積（写真 9）し、猫越川との合流点付近では大石はほとんど無く（写真 10）、湯ヶ島付近のけい床にまれに見られる大石は兩岸の浸食によつてあらわれたものである。

#### 1-6 猫越川流域の状況

国有林内の桑の木沢は、持越川の白くんば沢と同じ理由でか変朽安山岩・石英安山岩の粘土化がはげしく、地すべり性崩壊（写真 11・12）がところどころおこっている。最上流の既設堰堤 2 基は右岸側のそで部を破られている（写真 13）が、これは上流からの流出土石などのための破壊ではなく、左岸側の大規模な地すべりによるものである。この地すべりは 6～7 年前現地を調査した時にすでに発生しており、堰堤にもき裂がはいつて、地すべりの押出し土によるけい流の曲流で堰堤上流右岸の崩壊も進行しつつあった。今回の豪雨時に地すべりはさらに進行し、堰堤は左岸側が約 2m 下流へ動いたといわれ、地すべりの無い堰堤右岸側は動かず、堰堤中央部のき裂はますます大きくなつて（写真 14）、堰堤は右岸近くで折れてそで部が破壊し、堰堤上流右岸の既崩壊跡地は再崩壊（写真 15）した。桑の木沢一帯は過去の地すべり性崩壊の押し出した崩土がけい流の浸食によつて再崩壊（写真 16）した所も多く、河床に多量の石礫を供給（写真 17）しているが、最上流の地すべりによるそで部破壊の 2 基の堰堤以外の下流にある 10 基ぐらいの既設堰堤はほとんど無被害でよく大石を留止し（写真 18）、ただ上流の小沢からの押出しによる流心変更のためそでを抜かれたものが 1 基（写真 19）あるだけである。

桑の木沢を除いて猫越川流域も 5a 程度の小面積の山腹崩壊が多く、それも幼令林内（写真 20・21）に発生したのが多い。桐山峠付近には、小規模ではあるが粘土化した基盤の石英安山岩上を黄褐色の表土層がすべる地すべり性崩壊（写真 22）が見られる。

猫越川本流は上流は山地崩壊が密生するのでけい床は相当荒れ、滝の沢との合流点（写真 23）、桑の木沢との合流点（写真 24）、猫越事業所下（写真 25）では大石が見られるが、下流に行くにしたがつて荒

廃程度は少なくなり、持越川との合流点ではこぶし大の石礫しか河床には見られない。

#### 1—7 本谷川流域の状況

最上流の天城トンネル付近の国有林最奥部は、降雨量も湯ヶ島付近に比して少なかったゆえか、山地崩壊はほとんど無い。下つて出水沢・滑沢付近になると、くぼ地の溝状の崩壊（写真 26）・洗掘（写真 27）や小面積の山腹崩壊（写真 28）が見られる。

本谷川は上流でもわりに荒廃せず、本谷事業所下や桐山峠入口付近でもけい床は荒れていないが、浄蓮の滝付近で本流沿いのワサビ田が被害を受けている程度で、猫越川・長野川などに比してけい流荒廃の度が低く（写真 29）、湯ヶ島上流では本谷川の荒廃は大したことが無い。

#### 1—8 長野川流域の状況

本流域の山地崩壊は猫越山塊の 1 崩壊の平均面積  $5a$  に比してやや大きく  $10a$  程度であり、小面積の普通の山腹崩壊のほかに、くぼ地が崩壊したり、または多量の流水や土石流で洗掘されて下の大石を露出（写真 30）したりするのが多くなっている。

この流域では山地崩壊の多く発生した地域に降雨量が最も多かつたためか、山地からの流出土石は長野川の下流まで運ばれて長野川本流は荒廃し、さらにこれに下流の耕地が浸食され下の大石が洗い出されて流送されるものが加わり、長野川は大石を狩野川本流に押し出している。

### 2. 大見川地区の状況

大見川はいずれも国有林内に発する筏場・地藏堂・菅引の 3 川が合流して北下し、八幡で東方冷川方面からの支川をあわせて西流して、修善寺橋やや上で狩野川本流に合流している。地質的には本地区の大部分が天城火山の輝石安山岩など安山岩質で構成されているが、筏場川上流は流紋岩 軽石の緩斜地形が広く、筏場川中流はシラスに似た軽石質砂礫層の厚い堆積の段丘があり、冷川峠付近は変朽安山岩、大見川下流部には白色凝灰岩があり、また柏峠——修善寺橋を結ぶ線以北は宇佐美火山噴出の安山岩質でおおわれるなど多少異なつた地域もある。

水害時の降雨量は筏場・地藏堂・菅引の 3 川流域に多く、大見川下流に行くにしたがつて少なかった。本地区では冷川・菅引・地藏堂・筏場の各部落を結ぶ線以南は奥山的様相、それより下流は里山的様相を呈し、それによつて荒廃・被害の様相を異にしている。

#### 2—1 大見川本流筋の状況

筏場・地藏堂・菅引の 3 川合流点から下流の修善寺橋へいたる大見川本流筋では、大見川本流に合流する各支流が大見川本流に大量の土石を流出したとはみられず、大見川本流筋の荒廃は、大量の流水によつて本流筋の耕地・宅地・道路が浸食され、その下の大石を露出したり、またその大石が流送されて堆積したことによるのが大部分である。

#### 2—2 筏場川流域の状況

上流の国有林は大部分が緩斜の流紋岩軽石地帯で山地崩壊も無いが、筏場事業所近くでは本流沿いのやや傾斜急な斜面の荒廃（写真 31）で本流の荒廃が始まり（写真 32）、かわご沢も事業所近くでは荒廃（写真 33）している。本流およびかわご沢の荒廃に刺激された事業所付近のワサビ田の荒廃（写真 34・35）が非常に目立つ。事業所から下流ではシラスに似た軽石質砂礫層の崩壊（写真 36）がところどころ見られ、これは軽石質砂礫層と基盤の凝灰岩との境からゆう水することによるものが多い。新田部落下では今回の山地災害の最大の規模の蛇食の崩壊（写真 37）がある。この蛇食の崩壊は 1 箇所  $5\sim 10$  万  $m^3$  の土

砂を下流へ流出したもので，第 4 図のように筏場川がおそらくワサビ田のために不自然に曲流していたと思われる部分で，厚い軽石質砂礫層の神代スギ採掘跡の穴をもととしてくずれ，一山抜けて流路が変わつたものである。軽石質砂礫層に埋もれた神代スギの採掘はこの付近から貴僧坊にかけての筏場川中流地帯に多く，いたる所にその採掘跡の穴（写真 38）が見られ，これが崩壊（写真 39）を助長している。

筏場川本流は上流は山地崩壊からの大石（写真 40）で荒廃（写真 41）し，筏場事業所付近からは荒廃ワサビ田からの流出土石がこれに加わっているが，大石は新田部落付近（写真 42）まででとどまり，それから下流は蛇食の崩壊からの流出土砂などが主で，筏場川下流の河床はこまかい砂礫の堆積（写真 43）で，大石はあまり見られない。

### 2-3 地藏堂川流域の状況

上流の国有林内の崩壊（写真 44）は 1 箇所平均 10 a を越え，天城国有林の中では規模の大きい方である。本流沿いには国有林入口から約 3 km 上流まで民地のワサビ田がのぼつており，これが壊滅的な被害（写真 45）を受けている。

地藏堂川では国有林内・ワサビ田から流出した土石は，裏見の滝までの間に大石や流木は堆積（写真 46）し，滝から下流では川沿いの耕地・道路が浸食され，その流出土石によつて地藏堂部落はいちじるしい被害（写真 47・48）を受けている。

### 2-4 菅引川流域の状況

上流国有林内には，凹地の洗掘された型の細長い山地崩壊が 1 箇所ある以外は，小面積の山腹崩壊が散在する程度である。

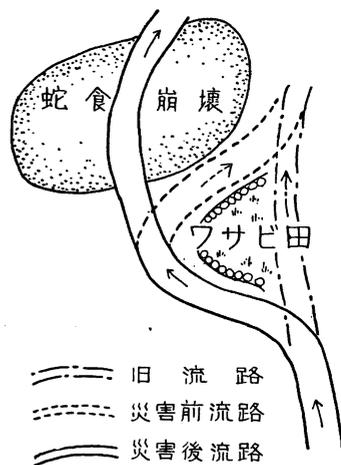
筏場川・地藏堂川と違ってワサビ田の無い本流筋の荒廃（写真 49）はひどく，天城国有林内のけい流では最大の荒廃程度を示している。しかし，上流からの流出土石も菅引部落上流（写真 50）からは大石が少なくなり，菅引部落付近（写真 51）では本流沿いの耕地の浸食によつて生じた大石がまた見られる。

### 2-5 下流の支流域の状況

大見川上流にあたる筏場川・地藏堂川・菅引川の各流域に比較して，大見川下流の諸支流では山地荒廃の程度はそれほどでないが，里山地帯であるため山地荒廃が人家・耕地などに与える影響は大きい。

調査した最勝院・城・上白岩・小川の各沢では，基盤の凝灰岩上の天子火山・宇佐美火山の噴出物である火山灰・安山岩質礫の表土層がゆう水によつて崩壊し，里山地帯で林相も上流国有林地帯に比していちじるしく悪く，雑木林（写真 52）・草地（写真 53）の崩壊が大部分である。山地崩壊から生産された土石のうち大石は崩壊直下から下流 20 m までぐらゐを移動（写真 52）するだけで，各沢とも大見川との合流点付近の下流は，沢筋の耕地が浸食（写真 54）されて土石を生産したことによる荒廃が大部分である。

これらの各沢はいずれも大見川本流との合流点付近では，宅地・耕地などの土地利用の程度が高く，ために上流よりはかえつて沢の断面が小さく，上流からの流水・土石がはけきれずあふれ，耕地・宅地に土石を堆積して荒廃させているが，大見川本流へはあまり土石を流出していない。



第 4 図 蛇食の崩壊

## 2-6 冷川流域の状況

冷川本流の最上流の冷川峠付近では、幼令林や灌木林の変朽安山岩上の火山灰土の浅い山腹滑落（写真 55・56）が数多く見られ、調査できなかつたが下尾野沢流域も典型的な山崩地形で、凝灰岩上の宇佐美火山噴出物の崩壊が多く、多量の土石を河床に供給しているようである<sup>1)</sup>。これも調査できなかつたが大幡野県有林に発する徳永川流域は、幼令林の崩壊のほかには山地崩壊は少ないようである。

冷川本流・下尾野沢・徳永川からの流水や土石流出によつて冷川部落一帯の河川沿いの宅地・耕地は荒廃（写真 57）し、徳永川と冷川との合流点では小学校が流出している。

## 3. 狩野川下流地区の状況

修善寺橋から下流の狩野川筋を指し、狩野川上流地区と大見川地区からの大きな洪水流量が合流して流れ、沿岸に大被害を与えているが、この地区には山地崩壊は見られない。

狩野川本流も修善寺橋（写真 58）から熊坂にいたる間は、上流の耕地からの流出土石やその間の宅地・耕地が浸食されて生産された土石が堆積し、人頭大の石礫も見られるが、これらは狩野川上流筋よりはる大見川筋からの供給が多いと考えられる。修善寺——葦山間の推定堆積量は約 40 万  $m^3$ <sup>13)</sup> といわれる。下流千歳橋（写真 59）では土砂・流材の通過・堆積は見られるが、石礫は運ばれていない。さらに下流蛇が橋では 1 万石<sup>24)</sup>に近い流材が漂着（写真 60）していた。

## 4. 伊東地区の状況

### 4-1 宇佐美付近の状況

烏川の亀石峠付近は多賀火山・宇佐美火山の噴出物でおおわれ、この里山の幼令林地・草地に山腹崩壊（写真 61）を生じている。

山地崩壊に刺激されて沢は荒れ、部落までの距離もわりに近いため耕地を浸食（写真 62）し、その生産土石が加わつて部落に被害を与えている。宇佐美地区の堆積土砂量は約 4 万  $m^3$ <sup>1)</sup> といわれる。

### 4-2 松川流域の状況

寺田川は下流は峡谷状の急こう配となつて伊東の市街地に流入するが、上流は緩こう配となつて水田もひらけている。流域の上流山地は変朽安山岩らしいものの上に火山噴出物がのり、この火山噴出物がところどころ崩壊して沢は荒廃（写真 63）し、温泉地帯の関係で人家が山地にのぼつているので、山地荒廃は下方の耕地の浸食とともに宅地に与える影響が大きい。

冷川峠近くの修善寺への道路両側には、宇佐美火山噴出物上の幼令林や林相のよくない広葉樹の小面積崩壊（写真 64）がある。また、この道路の奥野入口から奥野にいたる大昭和製紙社所有林の幼令林にも同様な小面積の浅い山腹滑落（写真 65）が発生し、けい流も奥野部落付近では荒れている。

奥野から南方の大川上流の変朽安山岩地帯は北の宇佐美火山噴出物地帯よりやや大きい崩壊（写真 66・67）が発生し、相川山林約 300 ha 中に約 300 箇所・20 ha 以上の山地崩壊・けい流荒廃がおきたといわれる。大川上流のけい流は山地崩壊からの流出土石に刺激されて荒廃（写真 68）し、けい流沿いの林道も決壊（写真 69）しているが、これらけい流の荒廃は奥野部落上流で一度治まり、下流八代田部落付近では十足方面からの流水も加わつて、ふたたび耕地・部落を浸食して大川はまた荒れている。

大室山・一碧湖付近は天城火山・大室火山噴出物でおおわれて地形も緩になり、降雨量もわりに少なかつたためか、十足付近のごく小さな崩壊数箇所を見るだけである。松川流域に接するさらに南方の八幡野方面にも、上流山地の崩壊以外には災害はほとんどおきていない。

旧伊東市内の堆積土砂量は約 40 万  $m^3$ <sup>1)</sup> といわれる。

### 5. 城東地区の状況

白田川上流の国有林内の変朽安山岩地帯では、くぼ地の細長く崩れたもの（写真 70）や、変朽安山岩が粘土化して不浸透性となり上の表土層も飽水してどろどろになつた流動性の地すべり性崩壊（写真 71）など、わりに大面積の山地崩壊が発生している。中流の天城火山噴出の安山岩質の民有林地帯になると、林相のよくない広葉樹林や灌木地に、小面積の山腹滑落や凹地の洗掘されたものがところどころ見られる。

白田川本流では上流国有林の山地崩壊からの流出土石は、大部分国有林内と発電所へいたるまでのけい床に堆積し、発電所から下流はほとんど荒廃していない。しかし、さらに中流の民有林の山地崩壊が発生する地域にくと、白田川本流はふたたびやや荒れるが、これも現在建設中の砂防堰堤までで治まる。海岸近くの下流白田部落付近にくと耕地が浸食され、その流出土石は部落にある数基のダムを満たし、さらにそのあふれたもので白田部落に被害を与えている。

### 6. 河津・萩の入地区の状況

#### 6-1 河津本谷川流域の状況

上流国有林の寒天事業所付近では、天城火山噴出の安山岩上の火山灰層が、伐採後の 3 年生幼令林地内で小面積の山腹滑落（写真 72）を 2 箇所おこしているのが見られる。その他修善寺——下田間の天城線道路沿いにも同様な小面積崩壊が見られる程度である。

河津本谷川のけい流荒廃については、上流寒天事業所付近はほとんど荒れていなく、崩壊直下のけい流部分や崩壊地を含む平時流水の無い小沢がわずかに荒れている程度であり、天城線道路西側の小面積崩壊がやや密集した支けいが最も荒れている。さらに下つて河津川となると、海岸近くの根岸で、左岸民有林内の崩壊が原因してかやや荒れているだけである。

#### 6-2 萩乗川流域の状況

沼の川で萩乗川に合流する支流こがわの洞では、上部急斜部分の火山灰層がくずれ（写真 73）たのがきつかけとなつて、下のくぼ地の薄い火山灰質の表土が洗掘され基盤の変朽安山岩が露出したくぼ地崩壊（写真 74）が見られるが、こがわの洞は崩壊直下から下流がわずかに荒れている程度である。この付近のワサビ田は第 5 図のように、石積護岸でけい流から保護され、またワサビ田の周囲はコンクリート水路で区画するなど、北伊豆地方のワサビ田よりは堅固な構造としてあるのが多い。

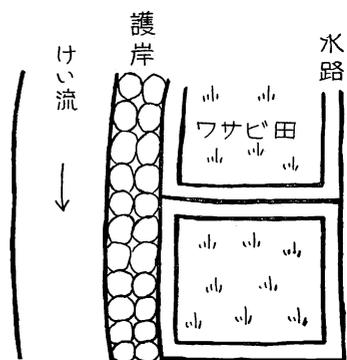
萩乗川本流の山地では、沼の川部落から上流の国有林内に急斜林地の崩壊（写真 75）や小面積の急斜幼令林地の崩壊（写真 76）がやや密集するのが見られるが、猿山付近までくると地形もやや緩となるためか、2、3 箇所の小面積崩壊を見るだけとなり、この地域では変朽安山岩の粘土化も行なわれていない。

萩乗川本流のけい流荒廃も沼の川部落近くの国有林内と沼の川部落やや下流までで、萩の入部落付近まで下がるとけい流は荒廃していない。

### 7. 仁科地区の状況

#### 7-1 仁科本谷川流域の状況

猿山西方に発する大入沢流域では、猿山直下の左岸山腹は急斜



第 5 図 けい岸のワサビ田

をなし、針葉樹林地のやや大きい崩壊数箇所が発生している。仁科本谷川本流では上流右岸に崩壊がやや密集しているようで、大入沢との合流点上でも急斜地に崩壊（写真 77）が見られ、宮ヶ原・大沢里の民有林では凹地の広葉樹林に崩壊（写真 78）・洗掘が見られる。

大入沢も平時は流水の無い部分が多いが、山地崩壊からの流出土石が沢に堆積（写真 79）してその下を潜流しているとみられ、今後の出水時に土石流発生の危険を蔵している。仁科本谷川本流も荒廃しているが、この荒廃は大入沢との合流点からやや下流で一度治まり、宮ヶ原部落にはいると曲流部の耕地を浸食してふたたび荒れるが、これも宮ヶ原部落内で治まっている。

仁科本谷川は大滝川と合流して仁科川となると、大滝川からの流出土石の方が目立ち、大沢里——禰宜の畑間では右岸の幼令広葉樹民有林内の凹地の崩壊・洗掘で仁科川は荒れるが、これも禰宜の畑部落で終わる。八重名野の発電所付近では両岸から供給されたと思われる大石がけい床に出現するが、一色部落より下流には大石は見られなくなる。

7-2 大滝川流域の状況

上流三階滝より奥の国有林内では、幼令林の変朽安山岩上の薄い表土層が滑落（写真 80）したものがところどころ見られる。国有林内でも皆伐地の木出し跡が浸食（写真 81）されつつあるのが見られるので、木出し時に優良な林地の表土を傷付けない工夫が必要である。

大滝川も上流国有林内では山地崩壊の影響を受けて荒廃（写真 82）し、三階滝事業所付近はけい流の浸食によるけい岸崩壊（写真 83）も出現しているが、これらの流出土石は事業所下流の大滝（写真 84）で大部分留止されている。大滝から下流では滝からの流下水のエネルギーで耕地が浸食され、その流出土石は仁科本谷川と合流して仁科川となる付近まで流送されている。

IV 山地崩壊の特徴

1. 既往水害の山地崩壊との比較

今回の水害で山地崩壊の最もひどかった天城営林署管内国有林あるいは狩野川上流域（修善寺橋から上流の大見川流域を含む民有林・国有林をあわせたもの）の数字と、戦後の主要水害の調査結果<sup>9) 5) 6) 7) 9)</sup> および林野庁治山課の既往の水害地について行なつた荒廃地基礎調査結果<sup>10) 11)</sup> の数字とを比較すると第 14 表のようになる。

第 14 表 各水害の山地崩壊の比較

| 地域名                  | 水害年次    | 調査対象<br>山地面積<br>( $km^2$ ) | 山地崩壊<br>箇所数 | 山地崩壊<br>面積<br>( $ha$ ) | 山地面積 1<br>$km^2$ あたり<br>崩壊箇所数 | 山地面積 1<br>$km^2$ あたり<br>崩壊面積<br>( $ha$ ) |
|----------------------|---------|----------------------------|-------------|------------------------|-------------------------------|--|
| 赤城沼尾川<br>(敷島)        | 昭和 22 年 | 10                         |             | 105                    |                               | 10.5                                     |
| 阿蘇山<br>(色見)          | 〃 〃     | 11                         | 211         | 52                     | 19                            | 4.7                                      |
| 門司市<br>有田川上流<br>(花園) | 〃 28 年  | 100                        |             | 350                    |                               | 3.5                                      |
| 〃 〃                  | 〃 〃     | 33                         | 1,371       | 169                    | 42                            | 5.1                                      |
| 〃 〃                  | 〃 〃     | 30                         | 568         | 57                     | 19                            | 1.9                                      |
| 〃 〃                  | 〃 〃     | 250                        |             | 600                    |                               | 2.4                                      |
| 〃 〃                  | 〃 〃     | 47                         | 584         | 213                    | 12                            | 4.5                                      |
| 長崎本明川                | 〃 32 年  | 14                         |             | 11                     |                               | 0.8                                      |
| 狩野川上流                | 〃 33 年  | 268                        | 3,000       | 350                    | 11                            | 1.3                                      |
| 天城                   | 〃 〃     | 78                         | 1,061       | 69                     | 14                            | 0.9                                      |

備考：（ ）内は荒廃地基礎調査結果で、それぞれその上欄に記載された地域の一部または近傍にあたるもの。

第 14 表では調査対象山地面積の広狭があるので、調査対象山地面積  $1 \text{ km}^2$  あたりの崩壊面積の数字がそのまま山地荒廃程度の比較とはならず、一般に調査対象山地面積が小さいほど、この数字は大になる傾向はあるが、それにしても今回の水害の山地崩壊は相当なものではあつたが、戦後の数例の大水害と比較すると、それらをりようがするものではなく、むしろやや下回るものといえよう。

東京営林局の天城・河津両国有林の調査結果<sup>13)19)</sup>から、崩壊地 1 箇所あたりの平均面積・平均深さを荒廃地基礎調査結果<sup>11)</sup>と比較すると第 15 表のようになる。

第 15 表 山地崩壊の平均面積・平均深さの比較

| 地区名       | 流域名  | 水害年次    | 主たる地質 | 地区山地面積 ( $\text{km}^2$ ) | 崩壊箇所数 | 崩壊面積 (ha) | 崩壊 1 箇所平均面積 (ha) | 崩壊の平均深さ (m) |
|-----------|--|---------|-------|--------------------------|-------|-----------|------------------|-------------|
| 敷色花園寒上野天河 | 島見園川<br>赤城沼尾川<br>阿蘇白川<br>有田川<br>日高川<br>木津川<br>狩野川<br>河津川ほか | 昭和 22 年 | 安山岩   | 11                       | 211   | 52.21     | 0.25             | 1.5         |
|           |  | 28 年    | 〃     | 33                       | 1,371 | 168.83    | 0.12             | 1.6         |
|           |  | 〃       | 中生層   | 47                       | 584   | 212.87    | 0.37             | 2.0         |
|           |  | 〃       | 〃     | 62                       | 597   | 142.67    | 0.24             | 3.5         |
|           |  | 〃       | 花崗岩   | 30                       | 1,208 | 106.51    | 0.09             | 0.3         |
|           |  | 33 年    | 安山岩   | 78                       | 1,061 | 68.73     | 0.06             | 0.3         |
|           |  | 〃       | 変朽安山岩 | 76                       | 331   | 18.20     | 0.06             | 0.3         |
|           |  | 〃       | 〃     | 〃                        | 〃     | 〃         | 〃                | 〃           |

崩壊 1 箇所の最大面積は天城国有林で  $0.80 \text{ ha}$ 、河津国有林で  $0.81 \text{ ha}$  と  $1 \text{ ha}$  を越すものはないが、第 15 表では 1 箇所あたりの平均面積は天城・河津両地区とも最低を示し、一般に小面積の崩壊が頻発する花崗岩地帯と同程度であり、第 5 表の概数からでも今回の伊豆水害の崩壊 1 箇所あたりの平均面積は  $0.1 \text{ ha}$  程度で、阿蘇の色見と同じくらいである。

第 15 表の崩壊の平均深さも天城・河津両地区とも最低を示し、一般に浅い崩壊が頻発する花崗岩地帯と同程度にすぎない。

また、この山地崩壊により生産される土砂量（この一部分が水害時の流出土砂量となる）は、東京営林局の天城・河津両国有林の調査結果<sup>13)19)</sup>ではそれぞれ約  $18 \text{ 万 m}^3$ 、 $5 \text{ 万 m}^3$  であり、これを荒廃地基礎調査結果など<sup>11)</sup>と比較すると第 16 表のようになる。

第 16 表 山地崩壊の生産土砂量の比較

| 地区名       | 流域名   | 水害年次    | 主たる地質 | 地区山地面積 ( $\text{km}^2$ ) | 崩壊の生産土砂量 ( $10^3 \text{ m}^3$ ) | 山地面積 $1 \text{ km}^2$ あたりの生産土砂量 ( $10^3 \text{ m}^3$ ) |
|-----------|---|---------|-------|--------------------------|---------------------------------|--|
| 敷色花園寒上野天河 | 島見園川<br>赤城沼尾川<br>阿蘇白川<br>有田川<br>日高川<br>木津川<br>長崎本明川<br>狩野川<br>河津川ほか | 昭和 22 年 | 安山岩   | 11                       | 770                             | 70   |
|           |   | 28 年    | 〃     | 33                       | 2,782                           | 84   |
|           |   | 〃       | 中生層   | 47                       | 4,301                           | 92   |
|           |   | 〃       | 〃     | 62                       | 4,976                           | 80   |
|           |   | 〃       | 花崗岩   | 30                       | 273                             | 9  |
|           |   | 32 年    | 安山岩   | 14                       | 116                             | 8  |
|           |   | 33 年    | 〃     | 78                       | 179                             | 2  |
|           |   | 〃       | 変朽安山岩 | 76                       | 49                              | 1  |

第 16 表では今回の天城・河津両地区は他の地区に比して地区山地面積が大きい、それにしても山地面積  $1 \text{ km}^2$  あたりの生産土砂量の数字からでは、今回の山地崩壊は大洪水というよりは中小洪水級といふことができよう。

## 2. 山地崩壊の型

山地崩壊の型については、そのくずれる場所・材料・形・移動状態・原因などによるいろいろの分類法があるが、山地崩壊の防止対策を考える上で重要な原因を主眼とした簡単な分類をしてみると、第 17 表

第 17 表 山地崩壊の分類

|             |   |  |
|-------------|---|--|
| 山地崩壊（狭義の山崩） | } | 1. 山腹崩壊：不連続が原因となることが多い山腹のくずれ               |
|             |   | {  |
|             |   | 1—1 山腹剥落<br>1—2 山腹滑落（山抜を含む）<br>1—3 地すべり性崩壊 |
|             |   | 2. けい岸崩壊：けい流の縦横浸食が原因となるけい岸のくずれ             |
|             |   | 3. くぼ地崩壊：集水が原因となる前 2 者の中間のくぼ地のくずれ          |

のような分類<sup>7)</sup>が考えられる。第 17 表の山地崩壊に地すべり・山津波（上流土石流）を加えたものが広義の山崩にあたると思われる。

山腹崩壊は、異なつた土質の土層界、土層と基岩の境、風化岩と未風化岩の境、粘土化しやすい基岩の存在など地下すなわち深さの方向の不連続<sup>8)</sup>と、道路との接点、土層と岩盤との接点、地表傾斜の変換点、林相変化点、地被物変化点などの地表の不連続<sup>9)</sup>という山腹自体の不連続が原因の大部分となつて山腹がくずれるものである。山腹崩壊のなかで、山腹の裸地または地被物の薄い所が地表水の浸食によつてわりにやすく幅狭く表土をはぎ取られるのが山腹剥落であり、一般に急斜地の山腹土壌が浸透水・ゆう水によつて板状に滑落するか、山腹の土層が浸透水によるせん断抵抗の低下などによつてレンズ状に山抜けするのが山腹滑落であり、すべりの原因となる特殊粘土を生ずる特殊岩石の存在部分で浸透水・ゆう水によつてすべり、同一崩壊地で何度も繰り返すべることがあり、比較的緩傾斜でもおこるのが地すべり性崩壊である。

けい岸崩壊はけい流（常時流水のあるような沢程度以上を指す）の曲流や土石流の通過などけい流の縦横浸食によつて、けい岸山腹には原因が無くとも、けい岸がくずれるものである。

くぼ地崩壊は凹地への集水が主原因であるが、凹地が上部は山腹滑落、中部は地表水集水による山腹剥落、下部はけい流浸食によるけい岸崩壊としてくずれることが多い。

本調査地域でも第 17 表の山地崩壊の各種の型が発生しているのが見られる。

山腹剥落は写真 53・76 のように草地や幼令林地で地被物が地表水の浸食に十分耐えうるほど密でない所におこっている。

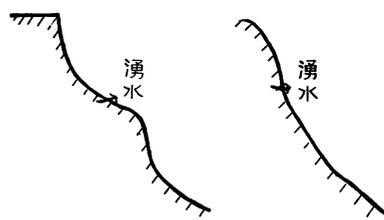
山腹滑落はその地下方向の不連続としては、異なつた土質の土層界には筏場川中流のシラス段丘の上部の軽石質砂礫層と下の城層群砂層<sup>1)</sup>または粘土質シラス層の境界や、火山灰表土層と下の安山岩質岩石の風化土層との境界などがあげられ、土層と基岩の境には、火山灰表土層と下の安山岩質岩石・変朽安山岩・凝灰角礫石<sup>1)</sup>の境と、筏場川中流の軽石質砂礫層と下の凝灰岩の境や、安山岩質岩石の風化土層と下の安山岩質基岩の境などがあげられ、異質または異種岩石の境には、安山岩質溶岩と下の凝灰岩の境や、同一岩石でも上の風化部分と下の未風化部分との境などがあげられる。これらはすべて上層の物質の浸透性が下層の物質の浸透性より良好で、その境界付近に滞水してゆう水することが滑落の原因であり、崩壊の深さを決定するのは、写真 85 のように崩壊頭部や下部にゆう水の噴出した穴が見られることや、第 18

第 18 表 崩壊地土壌の透水係数

| 土 壤 種 類 | 採 取 位 置      | 崩 壊 の 型 | 基 岩   | 透 水 係 数<br>(cm/sec)   |
|---------|--------------|---------|-------|-----------------------|
| 青 粘 土   | 猫越川の桑の木沢合流点下 | 地すべり性崩壊 | 変朽安山岩 | $4.12 \times 10^{-6}$ |
| 赤 粘 土   | 猫越川桑の木沢      | 〃       | 〃     | $9.16 \times 10^{-5}$ |
| 火山灰質上層土 | 本谷川滑沢 116 林班 | 山 腹 滑 落 | 輝石安山岩 | $2.50 \times 10^{-2}$ |
| 下 層 土   | 〃            | 〃       | 〃     | $4.18 \times 10^{-3}$ |

表の崩壊地採取土壌の上層土と下層土の透水係数の差からも十分考えられることである。

山腹滑落はまた地表の不連続としては，林道・歩道との接触点，土層と露出基岩部との接触点，写真 1・65・86 のように林相変化点，第 6 図のように地表傾斜変換点などがあげられ，やはりこの地表の不連続点で浸透水がゆう水することが滑落の原因となりやすく，崩壊の上端または下端を決定する。



第 6 図 地表傾斜変換点

地すべり性崩壊は持越川の白くんば沢（写真 6），猫越川の桑の木沢（写真 11・12）・桐山峠下（写真 22），白田川上流（写真 71）のように火山中心部またはそれに近い所で，基岩の変朽安山岩・石英安山岩が温泉作用などのためかいちじるしく粘土化している部分におこっている。この地すべり性崩壊地の粘土質土壌の透水性が一般の山腹滑落地土壌の透水性に比してけた違いに悪いことは，第 18 表の透水係数の測定例からも明らかである。

けい岸崩壊は一般にけい流のいちじるしい曲流部（写真 83）で流水の浸食や土石流の通過によつておこっているが，調査地域内で目立つのは，猫越川桑の木沢の以前の地すべり性崩壊の崩土の押出しがけい岸崩壊（写真 16）したのことが多いこと，筏場川中流の軽石質砂礫層が神代スギ採掘穴とけい流の曲流によつてけい岸崩壊（写真 37・87）が多いこと，ワサビ田の無い菅引川上流にけい岸崩壊がやや多いことである。

くぼ地崩壊は第 6 図左のような地形の所で，山陵平坦または緩斜部から下の凹形斜面の上腹部が山腹滑落し，直線形またはやや凸形斜面となる中腹部が山腹剥落して基岩を露出しているものが多い（写真 26・73・78）。

### 3. 山地崩壊分布の特性

本調査地域の今回の水害時の山地崩壊分布の状況を従来の他地域の水害とくらべてみると，つぎの特性をあげることができる。

(1) 上流山地に，わりにけい岸崩壊が少ないこと。天城国有林内だけでは第 8 表でけい岸の崩壊は山地崩壊全体の 15% となつてはいるが，これは発生位置による分類であり，第 17 表の原因による分類では山腹崩壊とすべきものも含まれるので，第 17 表のけい岸崩壊にあたるものは 15% よりもさらに少ないひん度となる。これは台風による降雨が最盛期後すぐやんだので，山腹からの流出土石はけい流に堆積する方が多く，また最盛期後の引水も少なくけい流の縦横浸食もはげしくなかつたためと，国有林内ではけい流沿いにワサビ田が多く，ワサビ田は荒廃したが，かえつてけい岸の山腹は崩壊することが少なかつたためと考えられる。

(2) くぼ地崩壊のなかには，崩壊というよりはくぼ地の洗掘という方が適するものが多いこと。これはくぼ地の上部に山腹滑落も発生せず，くぼ地がくずれるといよりは，多量の地表水によつて上層の土が洗い出され，下の石が露出した細長い溝状の洗掘であり（写真 27・30），この型のものは従来からしばしば同一地で繰り返えし発生している形跡がある。

(3) 比較的大面積の崩壊はそれぞれわりに狭い区域にそれぞれ異なつた型でおこつたこと。すなわち，比較的大面積の崩壊は，変朽安山岩・石英安山岩の粘土化のいちじるしい白くんば沢・桑の木沢・白田川上流の地すべり性崩壊，蛇食の崩壊を主とする筏場川中流の軽石質砂礫層のけい岸崩壊，長野川・地

蔵堂川上流国有林の山腹滑落というように限られた地域に違つた型の山地崩壊として発生している。

(4) 山地崩壊の大部分は小面積の浅い山腹滑落であり、これが伊豆地方という広範な地域に 3,000 箇所以上と数多く発生したこと。

## V 山地の土石流出の特徴

### 1. 既往水害の山地の土石流出との比較

東京営林局の天城国有林内の調査結果<sup>18)</sup>では、天城国有林の山地崩壊からの推定流出土石量は第 11 表のように約  $90 \times 10^3 m^3$  となつている。山地からの流出土石量としては、このほかにけい流自体その他からの流出土石も加わるが、今回の水害では上流山地のけい流は土石が堆積して荒廃したものが多く、けい流その他からさらに下流に流出した土石はわりに少ないと考えられるので、第 19 表の戦後の主要水害時の値から考えて、けい流自体その他から流出した土石量は山地崩壊からの流出土石量の 2 割ぐらいとみると、

$$90 \times 10^3 m^3 \times 0.2 = 18 \times 10^3 m^3$$

となり、山地崩壊からの流出土石量と合計すると、

$$90 \times 10^3 m^3 + 18 \times 10^3 m^3 = 11 \times 10^4 m^3$$

となる。

また、修善寺橋から上流の狩野川上流域（大見川流域を含む）については、山地崩壊からの流出土石量はさきに II.2. で推定計算した結果は  $48 \times 10^4 m^3$  となつている。狩野川本流では湯ヶ島から下流、大見川では戸倉野から下流に河岸段丘が発達し、筏場川では中流に軽石質砂礫層の段丘があり、これら段丘が水害時に侵食されて流出した土石量や河筋の耕地・宅地・道路の侵食により流出した土石量は多いとみられる。したがつて、山地崩壊以外のけい流自体その他から流出した土石量は第 19 表の戦後の主要水害時の値を参考として山地崩壊からの流出土石量と同じぐらいとみると、

$$48 \times 10^4 m^3 \times 1.0 = 48 \times 10^4 m^3$$

となり、山地崩壊からの流出土石量と合計すると、

$$48 \times 10^4 m^3 + 48 \times 10^4 m^3 = 96 \times 10^4 m^3$$

となる。

これらの値を戦後の主要水害<sup>3) 5) 6) 7) 17)</sup>と比較したのが第 19 表である。

第 19 表で集水山地面積  $1 km^2$  あたりの流出土石量は、既往の大水害と呼ばれるようなものは  $10^4 m^3$  単位であるが、今回の水害では  $10^3 m^3$  単位で中小洪水級<sup>4)</sup>であるのが特徴で、上流山地に豪雨があつて

第 19 表 各水害の流出土石量の比較

| 地区名   | 水害年次    | 集水山地<br>面積<br>( $km^2$ ) | 主たる地質 | 山地崩壊から<br>の流出土石量<br>( $10^4 m^3$ ) | けい流その他<br>からの流出<br>土 石<br>量<br>( $10^4 m^3$ ) | 流出土石量<br>( $10^4 m^3$ ) | 集水山地面積<br>$1 km^2$ あたり<br>流出土石量<br>( $10^4 m^3$ ) |
|-------|---------|--------------------------|-------|------------------------------------|---|-------------------------|---|
| 赤城沼尾川 | 昭和 22 年 | 10                       | 安山岩   | 32                                 | 29  | 61                      | 6.1   |
| 赤城荒低川 | 〃 〃     | 34                       | 〃     |                                    |   | 92                      | 2.7   |
| 阿蘇山   | 〃 28 年  | 100                      | 〃     | 130                                | 120   | 250                     | 2.5   |
| 門司市   | 〃 〃     | 30                       | 中古生層  | 50                                 | 10  | 60                      | 2.0   |
| 有田川上流 | 〃 〃     | 250                      | 〃     | 520                                | 90  | 610                     | 2.4   |
| 十津川   | 〃 〃     | 445                      | 中生層   |                                    |   | 4,000                   | 9.0   |
| 天城    | 〃 33 年  | 78                       | 安山岩   | 9                                  | 2   | 11                      | 0.1   |
| 狩野川上流 | 〃 〃     | 268                      | 〃     | 48                                 | 48  | 96                      | 0.4   |

出水し下流では大洪水となつたが，上流山地からの土石流出は中小洪水級で，山地の土石流出が水害の程度を増大させた割合は少ない。

## 2. 流出土石の流下距離

今回の豪雨によつてけい床にはかなりの土石が堆積（写真 9・23・24・32・40・47・49・51・63・68・79）し，各支流にその傾向が強い。しかし，この土石の堆積は各けい流の上流から下流まで連続的にあるわけではなく，特に大石（径 40～50 cm 程度以上の人間が 1 人で運べぬ程度以上を指し，立木が山地崩壊などによつて流失した流木もこの程度の石と一緒に停止していることが多く，流木との関連も考慮して概観的にこの程度の大きさの石に留意した）に着目してみると，大石が堆積するけい流の荒廃部分は断続的であり，調査地域の一部についてこの大石のあるけい流荒廃部分の概略は第 2 図に示すとおりである。

たとえば地藏堂川では，上流国有林内やワサビ田から流出した大石は裏見の滝までに堆積（写真 46）し，滝から下流の河沿いの耕地・道路が侵食されて流出した大石が地藏堂部落に堆積（写真 47・48）し，さらに下流大見川になつてから，大見川筋の段丘・耕地・宅地の侵食で流出した大石が八幡までに堆積している。また白田川では，上流国有林内からの大石は発電所にいたるまでに堆積し，発電所下流では民有林の山地崩壊からの大石は建設中の砂防堰堤までの間に堆積し，海岸近くの下流では白田部落の耕地から流出した大石が部落内の数基のダムを満たし一部はあふれている。けい流の上流から下流までの間に，供給源を異にした断続的な大石の堆積があることは，地藏堂川・白田川以外の吉奈川・筏場川・菅引川・大川・仁科本谷川・大滝川などでも明りようにかがわれ，大石の移動距離はわりに短い。

天城・河津両国有林では，第 11 表のように山地崩壊生産土砂量の約半分が流出したと推定され，山地崩壊の影響が大部分であるとみられる上流山地の各支流のけい床堆積はかなりの量であるが，山地崩壊からの大石・流木は国有林入口までくらいのある距離までで留止し，支流は本流まで山地崩壊からの大石を流出したとはみられず，本流との合流点までにけい流の荒廃しない部分がある。

水害時の大石の移動は雨の降り方に影響されることはもちろんであるが，今回の水害時においては，上流山地からの流水は山地崩壊からの土石を運んだが，大石はわりに短い距離を運ばれるだけであり，それより下流では流水はこまかい土石を含んだ泥流となり，水害前までは安定していた耕地などを侵食してその下にあつた大石をある距離運搬して堆積させ，さらに下流では流域面積の増大による流量の増加にともなつて，ふたたび耕地・宅地などを侵食して下の大石を運搬したものと考えられる。

大石の移動と雨の降り方の関連は，台風時の 9 月 26 日の雨量分布図<sup>10)</sup>を白田・寒天・萩の入などの各事業所の雨量測定値を入れて修正したものから，各支流の降雨量を上・中・下流の 3 部分につき 50mm 単位で出してみた第 20 表である程度明らかになる。

北伊豆では雨量が上中流部分は下流部より少なかつた支流が多く，これらの支流では上中流で山地崩壊を発生したが，それからの大石を下流まで運ぶにいたらなかつたものが多いが，中流部に 700 mm もの豪雨があつた長野川・筏場川・地藏堂川ではわりに遠くまで山地からの大石が運ばれている。南伊豆では雨量は上中流部分が下流部分より多いが，上流の山地崩壊からの大石を運ぶに重要とみられる中流部分の雨量の絶対値が北伊豆より少なく，ために全体としては北伊豆・南伊豆は相似た程度の山地崩壊からの大石の移動距離となつたものと考えられる。

第 20 表の国有林内崩壊地からの土石流出率は，国有林所在位置の雨量が多いほどその値も大きい傾向が全体としてはみられるが，これは降雨以外の地形・土壌などの因子も関係するので，降雨量だけとの簡

第 20 表 各支流の 9 月 26 日雨量

| 支 流 名                 | 上流部雨量<br>(mm) | 中流部雨量<br>(mm) | 下流部雨量<br>(mm) | 国有林位置   | 国有林内崩壊地<br>から土石流出率<br>(%) |        |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------|---------------------------|--------|
| 狩<br>野<br>川<br>本<br>流 | 桂 川           | 250           | 300           | 300     |                           |        |
|                       | 船原川           | 300           | 350           | 450     |                           |        |
|                       | 吉奈川           | 300           | 400           | 550     | 上 流                       | 40     |
|                       | 持越川           | 300           | 450           | 650     | 上 流                       | 40     |
|                       | 猫越川           | 350           | 500           | 持越川下流   | 上・中流                      | 40     |
|                       | 本谷川           | 450           | 550           | 650     | 上・中流                      | 75     |
|                       | 長野川           | 400           | 700           | 600     | 上・中流                      | 70     |
| 大<br>見<br>川           | 筏場川           | 300           | 700           | 350     | 上・中流                      | 50     |
|                       | 地藏堂川          | 300           | 700           | 400     | 上 流                       | 30     |
|                       | 菅引川           | 500           | 400           | 350     | 上・中流                      | 30     |
|                       | 冷 川           | 450           | 400           | 350     |                           |        |
|                       | 大見川下流右岸支流     | 250           | 250           | 300     |                           |        |
|                       | 大見川下流左岸支流     | 350           | 350           | 300     |                           |        |
|                       | 宇久須川          | 300           | 250           | 200     |                           |        |
| 仁<br>科<br>川           | 仁科本谷川         | 350           | 300           | 300     | 上 流                       | 70     |
|                       | 大滝川           | 350           | 300           | 仁科本谷川下流 | 上 流                       | 70     |
|                       | 白 川           | 350           | 300           | 300     | 上 流                       | 50     |
|                       | 那賀川           | 350           | 300           | 200     | 上 流                       | 40, 60 |
| 河<br>津<br>川           | 大鍋川           | 400           | 400           | 400     | 上・中流                      | 60     |
|                       | 荻乗川           | 350           | 450           | 400     | 上・中流                      | 20     |
|                       | 河津本谷川         | 450           | 400           | 400     | 上・中流                      | 20     |
|                       | 奥原川, 本沢       | 500           | 450           | 400     | 上 流                       | 30, 60 |
| 白<br>田<br>川           | 白田川           | 500           | 400           | 300     | 上 流                       | 70     |
|                       | 片瀬川, 奈良本川     | 500           | 400           | 白田川下流   | 上 流                       | 70     |

単な量的関係は判然と示し得ないのが当然であろう。

大石の移動距離はわりに短い<sup>が</sup>、山地崩壊からは大石のほかにかまかい石礫・土砂が流出するので、こうしたこまかいものは当然相当下流まで移動するものである。洪水時に狩野川下流蛇が橋まで流され救助された被災者は、流される間流水中のどろで目があげられなかつたということや、修善寺橋から下流の土砂の堆積が約 40 万 m<sup>3</sup> もあつたといわれることから、こまかい土砂は下流まで流出したことがわかる。もちろん下流に流出した土砂は、下流の河筋の段丘・耕地・宅地の浸食により生じたものが大部分であるが、上流山地からの流出土砂も一部分は含まれ、そのこまかいものは遠く海まで流出しているであろう。

しかし、今回の水害で最も問題となつた修善寺橋から下流の災害に対して、上流山地からの流出土石は、そのこまかい土砂は修善寺橋から下流まで流れてすこしは洪水位を高めたとは考えられるが、一般の他の水害地のように山地から流出した大石が下流で破壊作用を發揮した事実は認められない。

### 3. 山地崩壊とけい流荒廃の関係

斜面上部の山腹崩壊はけい流までの距離も大きいので、崩土の大部分が山腹に残り一部分がけい流に入り、斜面下部の山腹崩壊とけい岸崩壊・くぼ地崩壊はけい流までの距離が小さいか地形の関係から、崩土の大部分がけい流に入り一部分が山腹に残るものが多い。一般に山地崩壊からけい流に落下した土石はけい床にいちじるしい衝撃を与え、山地崩壊が山津波の型となつて落下する時が最もいちじるしいとみられる。本調査地域でも谷頭に山地崩壊を生じた小沢の多くは山津波をおこし、小沢とけい流の合流点付近に石礫の押し出し堆積地を生じているものが多い。

けい床は平時は流水に対して最も抵抗の強い形状をとつて安定しているが、水害時には山地崩壊からの落下土石はけい床に衝撃を与えてこの安定状態を乱し、けい床上の小さい砂礫が洗掘されることから始まつて、しだいに流況も乱流化して予想し得ないようなけい床の大石も移動するにいたり、またけい床自体

が土石流となつて流下することもあると考えられる。

下流では山地崩壊とは関係なくけい床の堆積が dam-up の破れなどで土石流となつて流下する下流土石流もおこるが，上流のけい流荒廃は山津波が原因するか，あるいは山地崩壊の落下土石および山津波の堆積物の破れなどが原因し，山地崩壊とは密接に関係すると考えられ，事実今回の水害では第 3 図に示したように，山地崩壊面積と相似たけい流面積が荒廃していることは，けい流荒廃には山地崩壊が密接に関係していることを示すものである。

## VI 森林・治山工と山地の崩壊・土石流出との関係

### 1. 森林と山地の崩壊・土石流出との関係

山地の崩壊は森林との関係だけでおこるものでなく，降雨・地質・地形・土壌・地被状態などの関係因子の総合された結果として発生するので，調査した山地荒廃現象のなかから森林との関係だけを取り出し て蔽密に論ずることはできないが，調査の範囲内では概略つぎのことがいえる。

伊豆地方では林野面積の約 2 割は天城・河津国有林であり，山地崩壊の最も多かつた狩野川上流地区・大見川地区では，森林面積の約 3 割が天城営林署管内の国有林で，国有林は狩野川本流・大見川・南伊豆の水源地帯を占めている。国有林は人工造林地が 85% を占め，スギ 60 年・ヒノキ 80 年の長伐期施業が行なわれ，1 伐区の大きさも 7~8 ha を最大とし，伐採後すぐ造林するので造林未済地無しという集約的経営で，平均蓄積は ha あたり 80 m<sup>3</sup> 程度（天城国有林では 130 m<sup>3</sup>/ha を越す）とみごとな美林が多い。

この国有林に対し，残余の民有林は人工造林地は 42% で，林業に対する依存度が低く共有林野が多いためか，貧弱な林相の広葉樹林が多く，平均蓄積も ha あたり 40~50 m<sup>3</sup> 程度であり，過半を占める薪炭林は短伐期の皆伐を繰り返えし，平均蓄積は ha あたり 20 m<sup>3</sup> 程度（北伊豆で 17 m<sup>3</sup>，南伊豆で 28 m<sup>3</sup>）で，美林といわれるようなものはほとんど無い。

この国有林と民有林の山地崩壊発生状況は第 21 表のようになる。

第 21 表 国有林と民有林の山地崩壊の比較

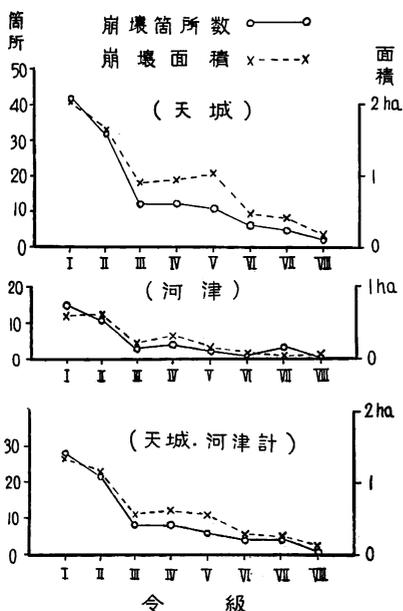
| 地 区                    | 所有別 | 占有面積<br>(km <sup>2</sup> ) | 山地崩壊<br>箇所数 | 山地崩壊<br>面積<br>(ha) | 占有面積<br>1 km <sup>2</sup> あたり<br>崩壊箇所数 | 占有面積<br>1 km <sup>2</sup> あたり<br>崩壊面積<br>(ha) |
|------------------------|-----|----------------------------|-------------|--------------------|--|---|
| 北伊豆狩野川上流（大見川を含む）       | 国有林 | 78                         | 1,061       | 68.73              | 14                                     | 0.9   |
|                        | 民有林 | 190                        | 約 2,300     | 約 300              | 約 12                                   | 約 1.6   |
| 南伊豆賀茂郡一部（城東・河津・西伊豆・賀茂） | 国有林 | 69                         | 261         | 15.18              | 4                                      | 0.2   |
|                        | 民有林 | 224                        | 約 120       | 約 22               | 約 1                                    | 約 0.1   |

第 21 表で占有面積 1 km<sup>2</sup> あたりの崩壊箇所数は国有林の方が民有林よりやや多いが，元来この数字は占有面積が小になるほど大になる傾向があるので，大体国有林と民有林は同程度の崩壊といえる。占有面積 1 km<sup>2</sup> あたりの崩壊面積は，南伊豆賀茂郡一部では国有林は民有林より地形がはるかに急，降雨量が多いため大きい，これは地形・降雨を考慮すると同程度の崩壊といえ，また北伊豆狩野川上流では，その一部八丁池付近を除くとはるかに降雨量も大，地形も急な国有林が，これより降雨量も小，地形が緩な民有林より低い程度の崩壊であるということは，気象・地形の悪条件を美林という森林条件が緩和したものと考えられる。

第22表 国有林の令級別崩壊状況

| 国有林名          | 令級          | 占有面積<br>(ha) | 崩壊<br>箇所数 | 崩壊面積<br>(ha) | 崩壊生産<br>土砂量<br>(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) | 占有面積<br>100ha<br>あたり<br>崩壊箇所数 | 占有面積<br>100ha<br>あたり<br>崩壊面積<br>(ha) | 占有面積<br>100ha<br>あたり<br>生産土砂量<br>(10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> ) |
|---------------|-------------|--------------|-----------|--------------|--|-------------------------------|--------------------------------------|--|
| 天城            | I           | 775          | 327       | 16.01        | 33.0   | 42                            | 2.06                                 | 4.3  |
|               | II          | 721          | 228       | 11.73        | 30.6   | 32                            | 1.63                                 | 4.2  |
|               | III         | 994          | 124       | 8.99         | 19.0   | 12                            | 0.90                                 | 1.9  |
|               | IV          | 981          | 118       | 9.22         | 22.7   | 12                            | 0.94                                 | 2.3  |
|               | V           | 1,013        | 112       | 10.46        | 31.3   | 11                            | 1.03                                 | 3.1  |
|               | VI          | 1,099        | 62        | 5.23         | 17.2   | 6                             | 0.48                                 | 1.6  |
|               | VII         | 1,029        | 44        | 4.11         | 17.0   | 5                             | 0.40                                 | 1.7  |
|               | VIII以上<br>計 | 888          | 21        | 1.68         | 5.6  | 2                             | 0.19                                 | 0.6  |
| 河津            | I           | 780          | 114       | 4.70         |  | 15                            | 0.60                                 |  |
|               | II          | 682          | 76        | 4.15         |  | 11                            | 0.61                                 |  |
|               | III         | 1,081        | 32        | 2.52         |  | 3                             | 0.23                                 |  |
|               | IV          | 1,135        | 44        | 3.77         |  | 4                             | 0.33                                 |  |
|               | V           | 1,203        | 26        | 1.79         |  | 2                             | 0.15                                 |  |
|               | VI          | 934          | 11        | 0.43         |  | 1                             | 0.05                                 |  |
|               | VII         | 807          | 23        | 0.28         |  | 3                             | 0.03                                 |  |
|               | VIII以上<br>計 | 854          | 3         | 0.51         |  | 0                             | 0.06                                 |  |
| 天城<br>河津<br>計 | I           | 1,555        | 441       | 20.71        |  | 28                            | 1.33                                 |  |
|               | II          | 1,403        | 304       | 15.88        |  | 22                            | 1.13                                 |  |
|               | III         | 2,075        | 156       | 11.51        |  | 8                             | 0.55                                 |  |
|               | IV          | 2,116        | 162       | 12.99        |  | 8                             | 0.61                                 |  |
|               | V           | 2,216        | 138       | 12.25        |  | 6                             | 0.55                                 |  |
|               | VI          | 2,033        | 73        | 5.66         |  | 4                             | 0.28                                 |  |
|               | VII         | 1,850        | 70        | 4.39         |  | 4                             | 0.24                                 |  |
|               | VIII以上<br>計 | 1,742        | 24        | 2.19         |  | 1                             | 0.13                                 |  |
|               | 計           | 14,976       | 1,368     | 85.58        |  | 9                             | 0.57                                 |  |

備考：占有面積・崩壊箇所数・崩壊面積・崩壊生産土砂量が第6, 11表と異なるのは令級不詳・除地などを除いたためである。



第7図 令級と100haあたりの崩壊箇所数・崩壊面積との関係

このことは天城・河津両国有林内の令級別崩壊状況<sup>18)20)</sup>

を示した第22表によつても裏書きされる。

令級と占有面積100haあたりの崩壊箇所数・崩壊面積の関係を示した第7図を見ると、従来の調査結果<sup>7)11)</sup>と同じように、崩壊箇所数・崩壊面積とも幼令林は伐根の腐朽に加速されてか最大であり、それ以後は令級を増すにつれて減少していく傾向が明らかで、美林が崩壊の発生を防止していることを示している。

幼令林(写真20・21・25・55・65・76・86)・雑木林(写真52)・灌木林(写真8・56・88)・草地(写真3・53・67)には浅い山腹剥落や山腹滑落が数多く発生しており、壮老令林では林木がよくこの浅い型の崩壊には抵抗しうるものと考えられる。同じような地況条件の所で幼令林・灌木林・草地に崩壊が発生しているのに、壮老令林には崩壊が発生していない例(写真1・5・20・21・25・36・61・86・89・90)がところどころに見られる。

しかし、林木がよく崩壊の発生に抵抗するといつても、伊豆地方の水源地帯の代表的樹種であるスギの 40~50 年生のものでも、その樹根の影響範囲は 1~1.5 m 程度であり、またヒノキの単純林内の地床は比較的裸地状態となりやすいため、地下深い所に原因があるような崩壊のおこる所や、凹地形できわめて大量の水が集まる所では、森林だけで崩壊をおこす外力に抵抗しうるものではない。美林の多い天城・河津両国有林内でも実際には 1,392 箇所の山地崩壊が発生しており、森林の崩壊防止機能の限界をはるかに越しているとみられるような地すべり性崩壊（写真 6・12・71）・山腹滑落（写真 44・75）・くぼ地の崩壊・洗掘（写真 26・27・30・73・74・77）・けい岸崩壊（写真 15）のわりに大規模なものは美林の所にも発生している。

以上のように林地でも崩壊は発生するが、森林はくずれてしまえばまったく効果が無くなるわけでもなく、根倒れた林木もいくらかは山腹上に崩土を留止し、その崩壊に起因する下方の二次的崩壊の発生を防ぐ場合もある。また、崩壊が発生しても、崩壊地の周辺の残存林木はそのおこった崩壊が拡大していくのを防止している。

山腹上方に崩壊が発生し、その崩土が下方へ崩落してきた時に、崩壊地の下方の林木は、一部は上方からの崩土の衝撃によって根倒れするが、大部分の林木は崩土に抵抗して倒れずに崩土を留止した例は棚場山国有林（写真 91）その他で見られた。第 22 表の占有面積 100 ha あたりの崩壊生産土砂量が令級の増大につれて減少していることでもわかるように、良好な森林ほど崩壊生産土砂量ひいては流出土砂量を少なくしている。また、森林は山地崩壊からの流出土石の一部を山腹面に留止してけい床へ落下させないので、山腹からの落下土石によるけい床の荒廃をも防止する作用があることは、けい流沿いの森林が河岸林として土石流その他の形で上流から流出してきた土石を留止（写真 92）する作用とともに、相当高く評価されてしかるべきものである。

結局本調査地域の今回の水害時にあつては、森林はその防止機能に限界があるにしても、山地の崩壊・土石流出の程度を減少させ、狩野川下流を最高とする下流地帯の洪水被害の激じんさに比較して、上流水源地帯の山地災害がそれほどでもなかつたことは、やはり水源地帯がほとんど良好な森林で被覆されていたことが大いにあづかつて力があつたといえよう。

## 2. 治山工と山地の崩壊・土石流出との関係

伊豆半島は各種の火山噴出物でおおわれ、けい床にも比較的多量の転石があつたが、従来山地荒廃は、昭和 5 年の駿豆震災後の数年および蛇食の軽石質砂礫層のシラス地帯や桑の木沢・白くんば沢の地すべり地帯などのごく限られた地域を除いては、治山工事の対象となるほど盛んに土砂を生産しているような場所は少なかつたため、最近 10 年間の伊豆半島の民有林治山工事量も第 23 表のように小規模で、国有林の治山事業も年 100 万円程度にすぎなかつた。

本調査地域では水源地帯の国有林が美林が多いというよい条件はあつたが、国有林・民有林とも治山工などの保全施設は非常に少なく、保全施設がほとんど無いという天然状態で今回の台風直に直面したものでいよう。

第 23 表 伊豆半島民有林崩壊地復旧面積

| 年 度          | 昭和<br>23 年 | 24 年 | 25 年 | 26 年 | 27 年 | 28 年  | 29 年 | 30 年 | 31 年 | 32 年 | 計     |
|--------------|------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|
| 工事面積<br>(ha) | 1.94       | 2.30 | 5.74 | 1.50 | 3.00 | 17.00 | 7.10 | 5.70 | 6.90 | 1.00 | 52.18 |

民有林でも昭和 5 年の駿豆震災の崩壊跡地はほとんど復旧して、その跡がわからぬ状態であり、既設治山工と今回の山地崩壊との関係を検討することができなかつた。国有林では、白田川上流で林道がくぼ地を横切る所に設けられた石垣(写真 70)が山腹石積の働きもして、くぼ地に発生したくぼ地崩壊を最小限の程度に食い止めていたこと、桑の木沢で既治山造林地に根系の深さが一様となつてることによる板状体のすべりともいふべき再崩壊がおこつていたことが気付かれた程度である。もちろん桑の木沢・白くんば沢のように系統的に階段堰堤が設けられていた支けいでは、もしこの堰堤が無ければ、谷の浸食によるけい岸崩壊が今回の水害時に相当発生していたであろうことはうかがえた。

主として調査した国有林内では、白くんば沢・桑の木沢・棚場山大洞林道対岸側にけい流工を主とした治山工がわずかに行なわれていた。

棚場山では大洞林道対岸側の崩壊地を対象としてかつて治山工が行なわれていたが、今回の大洞林道側の山地の崩壊・土石流出の防止には役立つていない。山地の崩壊・土石流出防止の予防治山工として考えた場合には、あまり狭い区域だけを対象とした復旧治山工的なものでは災害時に役立たないので、広く流域全体から危険地帯を選んでそれに応ずるように施工すべきである。

白くんば沢では数基の堰堤があり、一部天端の破損したものはあつたが、上流からの大石はかなり大量に留止していた。しかし、堰堤数も少なく、上流の地すべり性崩壊からの崩土のうちこまかいものは堰堤を越えて下流に流失し、最下流の堰堤から下流のけい床は急で洗掘(写真 7)されて大石を生産・流下し、下流でかなりの被害を発生している。これは堰堤が無効であつたというよりは、白くんば沢と本流との合流点付近の堰堤設置と既設堰堤との間の流過溝にあたる急なけい床部分の維持を考えるべきである。

桑の木沢では 10 基以上の堰堤が系統的に設置されており、一部天端の破損や片そでの抜けたものはあつたが、上流からの大石はかなり大量に留止して猫越川本流に流入させなかつた。しかし、上流の小沢の押出しによる流況変更によつてそでを抜かれ、その押出しの一部と災害前まで堰堤で留止していた土石を下流に流出したものもあるので、堰堤はその厚さよりはそでの突き込みを十分にすべきである。

## Ⅶ 山地崩壊の防止対策

### 1. 山地崩壊の予知

山地崩壊を防止するには、山地崩壊の発生が予測される場所を予知し、そこに事前になんらかの防止対策を行なうのが最も効果的・経済的な積極的防止対策である。しかし、そのためには広大な山地から山地崩壊の発生箇所を予知できることが前提となる。

今回の水害の支流別の山地崩壊程度(第 2 図の山地崩壊分布状況をもととする)と、それに関係すると思われる降雨・地形・地質・林相の概況を表にしたのが第 24 表である。第 24 表で大・中・小とか急・中・緩とか良・中・悪とかあるのは、踏査結果を主体として本調査地域内だけでの観念的な階級分けをして比較に供したものであつて、本調査地域を含めた全国的な水準で大・中・小とかの階級分けをしたものではなく、全国的水準とはなんの関係も無いものである。

第 24 表からは、雨量 300 mm 以下では山地崩壊が発生せず、山地崩壊程度大は雨量 450 mm 以上を要し、また山地崩壊程度大は地形中以上でおこり、変朽安山岩は一般の火山噴出の安山岩質より山地崩壊程度が大きくなる傾向があり、林相良でも山地崩壊程度大がおこつているなどが大体いえるぐらゐであり、山地崩壊程度とそれ一つだけでまったく合致する関連因子は一つも無い。関連因子を総合的に組み合

第 24 表 支流別山地崩壊程度と関連因子

| 支 流 名     | 山地崩壊程度 | 9 月 26 日雨量<br>(mm) |     |         | 地形 | 主たる地質                    | 林相 |
|-----------|--------|--------------------|-----|---------|----|--------------------------|----|
|           |        | 上流部                | 中流部 | 下流部     |    |                          |    |
| 桂 川       | 無      | 250                | 300 | 300     | 緩  | 達磨火山安山岩質                 | 悪  |
| 船 原 川     | 小      | 300                | 350 | 450     | 中  | 棚場火山安山岩質                 | 悪  |
| 吉 奈 川     | 中      | 300                | 400 | 550     | 中  | 棚場火山安山岩質                 | 中  |
| 持 越 川     | 大      | 300                | 450 | 650     | 中  | 変朽安山岩，猫越火山安山岩質           | 中  |
| 猫 越 川     | 大      | 350                | 500 | 持越川下流   | 中  | 変朽安山岩，猫越火山安山岩質           | 良  |
| 本 谷 川     | 中      | 450                | 550 | 650     | 急  | 変朽安山岩，天城火山安山岩質           | 良  |
| 長 野 川     | 大      | 400                | 700 | 600     | 急  | 天城火山安山岩質                 | 良  |
| 筏 場 川     | 中      | 300                | 700 | 350     | 緩  | 流紋岩溶岩，軽石質砂礫層             | 中  |
| 地 蔵 堂 川   | 中      | 300                | 700 | 400     | 中  | 天城火山安山岩質                 | 中  |
| 菅 引 川     | 中      | 500                | 400 | 350     | 急  | 天城火山安山岩質                 | 中  |
| 冷 川       | 大      | 450                | 400 | 350     | 中  | 宇佐美火山安山岩質，天城火山安山岩質，変朽安山岩 | 悪  |
| 大見川下流右岸支流 | 小      | 250                | 250 | 300     | 中  | 宇佐美火山安山岩質，凝灰岩            | 悪  |
| 大見川下流左岸支流 | 小      | 350                | 350 | 300     | 緩  | 天子火山安山岩質，凝灰岩             | 悪  |
| 伊 東 地 区   | 中      | 450                | 350 | 300     | 中  | 宇佐美火山安山岩質，大室火山安山岩質，変朽安山岩 | 悪  |
| 宇 久 須 川   | 小      | 300                | 250 | 200     | 中  | 変朽安山岩                    | 悪  |
| 仁 科 本 谷 川 | 小      | 350                | 300 | 300     | 急  | 変朽安山岩                    | 中  |
| 大 滝 川     | 中      | 350                | 300 | 仁科本谷川下流 | 中  | 変朽安山岩                    | 中  |
| 白 川       | 小      | 350                | 300 | 300     | 急  | 変朽安山岩                    | 中  |
| 那 賀 川     | 小      | 350                | 300 | 200     | 中  | 変朽安山岩，安山岩集塊溶岩            | 悪  |
| 大 鍋 川     | 小      | 400                | 400 | 400     | 急  | 変朽安山岩，安山岩集塊溶岩            | 中  |
| 萩 乘 川     | 小      | 350                | 450 | 400     | 急  | 変朽安山岩                    | 良  |
| 河 津 本 谷 川 | 小      | 450                | 400 | 400     | 急  | 天城火山安山岩質，変朽安山岩           | 良  |
| 奥 原 川，本 沢 | 小      | 500                | 450 | 400     | 中  | 天城火山安山岩質，変朽安山岩           | 中  |
| 白 田 川     | 中      | 500                | 400 | 300     | 中  | 天城火山安山岩質，変朽安山岩           | 中  |
| 片瀬川，奈良本川  | 中      | 500                | 400 | 白田川下流   | 中  | 天城火山安山岩質                 | 中  |

わせると，ある程度は山地崩壊程度と関係がつくようでもあるが，現在ではまだその関連諸因子の数量的表現と総合方法として決定的なものも無い状態である。したがって，単に降雨量・地形などの単一の因子だけからの山地崩壊の予知を行なうことは，個々の崩壊箇所の子知はもちろん，支流別などのある区域の山地崩壊程度の子知でさえ無理である。

つぎに山地崩壊の型からの予知について考えてみよう。地すべり性崩壊は本調査地域では変朽安山岩・石英安山岩の粘土化のいちじるしい所，くぼ地崩壊は急斜の凹地，けい岸崩壊はけい流のいちじるしい曲流部や神代スギ採掘穴のある軽石質砂礫層地と，全山地崩壊の約 1/3 を占めるこれらの型は地形的または地質的にある程度予知できるので，かなり積極的な防止対策がとりうる。残余の山地崩壊の約 2/3 を占め

る山腹滑落を主体とする一般の山腹崩壊については、地表または地下の不連続によるゆう水に起因するものが多く、崩壊跡地に明らかにゆう水の噴出した穴(写真85)が残るものもあるが、崩壊前に危険なゆう水箇所を見付けることは困難であり、また、林相変化点(写真1・65・86)・道路との接触点・地表傾斜変換点などに崩壊の上端または下端があるものが多いが、広大な山地にはこれらの地点は限りなくあり、したがって、まずこの型の崩壊箇所を予知することは不可能といつてよからう。

さらに、地形・地質などの素因的因子からの予知はある程度可能としても、誘因としての降雨量の予知は現在ではまだ不可能といつてもよいので、山地崩壊の予知には限度があることになり、この点からいつて崩壊がおこつてもそれによる被害を絶滅・軽減する消極的な防止対策も重要である。現在台風・地震などの災害防止も予報などの消極的対策が主であり、自然現象としてのこれらに変化を与える積極的対策は困難のためほとんど行なわれぬので、山地崩壊にも困難な積極的防止対策だけを求めず、消極的防止対策も大いにあわせ行なうべきであろう。

## 2. 山地崩壊の積極的防止対策

山腹剥落に対しては、地表水の浸食に耐えられないような裸地や地被物の薄い所を密な植生で被覆することが防止対策となる。

山腹滑落は地表または地下の不連続に起因することが多く、もし山腹滑落の発生地点が予知できれば、この不連続状態を無くすることが積極的防止対策となる。しかし、この不連続状態のなかでも地形・地質・土壌に起因するものは、人為的に変更することはほとんど不可能なものが多い。また、山腹滑落発生地点の予知が困難なため、広大な山地全域の不連続状態を変更することは経費的に不可能である。したがって、たとえば浅根性のスギ林中に深根性のマツや広葉樹を帯状に入れるなど、広大な山地には深根性樹種を仕立てたり混交したりして、森林の山腹滑落防止機能に期待する以外になからう。

地すべり性崩壊については、変朽安山岩・石英安山岩の粘土化のいちじるしい限られた地域におこり、移動前からき裂ができたたり林木が曲がつたりして予知もわりに容易である場合も多いので、小規模な地すべり性崩壊は地下排水などで予防することも可能である。しかし、本調査地域内でも桑の木沢左岸の地すべりは上端の岩石中にもき裂が見られ、白くんば沢頭の地すべり性崩壊も尾根近くに長く続きき裂が見られるとのことで、こうした大規模なものになるとその移動する力はばく大なものであり、地すべり地域内の山腹工はもちろんけい流工も破壊(写真14)する可能性が大であるので、地すべり区域下流の不動点の堰堤設置でその流出土石を防止するという後に述べる土石流出防止対策として考えた方が賢明である。

くぼ地崩壊は急斜凹地におこり、地形からの予知がかなり可能であるが、この場合も単にくぼ地の形状だけにとらわれず、周辺の地形から集水の程度を考慮して排水工を設置する必要がある。くぼ地崩壊は繰り返されるものが多いと考えられ、天城国有林の美林中にところどころ幅狭い広葉樹林があり、それが崩壊していて、広葉樹が針葉樹よりくずれやすいと判断し勝ちであるが、この崩壊箇所はすべてくぼ地であり、かつてくぼ地崩壊をおこした跡が条件が悪く広葉樹しか生立しなかつた所で、今回の水害地に再崩壊したものである。しかし、くぼ地崩壊による流出土砂の点から考えると、土層の厚い針葉樹美林地の方が土層の薄い疎悪広葉樹林地よりはるかに流出土砂が多いので、資源保護の見地とあわせ考えると、美林のくぼ地も防止対象として重要であり、一般にくぼ地はそれが林地であつても排水工設置がのぞましい。

けい岸崩壊に対しては、けい流の縦横浸食を防ぐ堰堤、横浸食を防ぐ護岸・水制が防止施設である。け

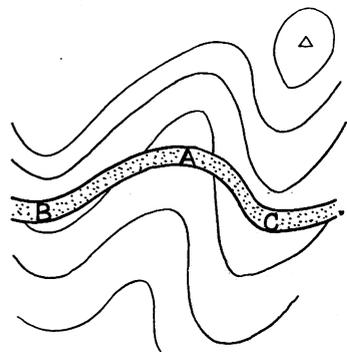
い岸崩壊はけい流のいちじるしい曲流部に多くおこるのでそれが主対象となるが，曲流箇所について防止施設を入れることは経費的に不可能であるので，けい岸崩壊が発生した場合に大量の土砂を生産するであろうと思われる箇所，たとえば軽石質砂礫層が厚く堆積して不安定な筏場川中流域の一部特に神代スギ採掘穴のある所，資源保護もあわせ考えてけい流上側に土層の厚い美林におおわれた長い斜面のある所などを優先して防止施設を入れる。けい岸崩壊発生危険性大な所では，神代スギ採掘を禁止するかなんらかの保全施設を行なつて採掘させるのも一つの積極的防止対策である。その他の曲流箇所および一般のけい流部分でも，土石流の通過などで思わぬ所がけい岸崩壊を起こす場合があるので，けい流には山腹との接点付近に深根樹を仕立て護岸の代用をさせることが必要である。また護岸・水制を設置する場合には，治山の対象となるようなけい流は縦浸食がはげしく，護岸・水制を単独に入れたのではけい流の縦浸食で護岸・水制が破壊する例が多いので，後に述べる土石流出防止対策の堰堤と関連させて縦浸食を防いで設置すべきである。

### 3. 山地崩壊の消極的防止対策

山地崩壊の危険箇所が完全に予知できて，その危険状態を変更して安定にすることができるならば，山地崩壊の消極的防止対策は不要となる。しかし，山地崩壊の予知が困難であることと，また予知できても規模の大きな山地崩壊ではその積極的防止対策を行なうことが不可能なことが多いことからして，山地崩壊が発生してもそれによる被害を絶滅・軽減する消極的防止対策も必要となつてくる。

大規模な地すべり性崩壊地やその発生が予測される所では，スギなどの長伐期の森林とすることをやめて，崩壊がおこつても被害が最小限ですむ短伐期の薪炭林などに利用することが賢明である。現在すべっている所や今後すべることが予想される所では，土地を高度に利用するほど崩壊による被害がじん大となるので，わずかのすべりによる樹幹の曲がりもいちじるしくその価値を減ずるスギなどを仕立てることは危険であり，そのものの価値は低くてもすべりによる曲がりそれほど価値を減少させない短伐期の薪炭林としておけば，伐期まで無事であることも多く，また曲がつてもスギなどにくらべて被害は小さい。すなわち，その土地の災害に対する今後の危険度とにらみ合わせて，土地利用の方法を変えていくことが必要である。

山地では林道・歩道が山地崩壊によつて破壊され，水害後は林業経営がまったく中止状態になる場合が多いが，この林道・歩道の破壊はくぼ地崩壊によるものがはなはだ多い。一般に林道・歩道が第 8 図のようにくぼ地を横切る時は，くぼ地 A の部分は両側の凸部の B・C より低くなるのが普通で，くぼ地崩壊によつて A の部分が破壊されることが多い。林道・歩道をつくる時に逆に A の部分を高く B・C の部分を低くすれば，A の上方のくぼ地からの流下水は A 点からは林道・歩道を通して A 部分の破壊を防ぎ，また A 部分より下方のくぼ地の崩壊を防止する積極的防止対策ともなり，林道・歩道を通れた流下水は B・C 部分でわりに安全な凸角の山腹に流下することになる。



第 8 図 くぼ地の道路

また，山地では人家・事業所などの施設が山地崩壊によつて倒壊・破壊し，場合によつては尊い人命すらそこなわれることもある。こうした施設は山地崩壊の発生する所またはその下方というような危険箇所，特に地すべり性崩壊の箇所には設けぬことが肝要で

ある。しかし、山地ではこうした施設の敷地が不自由なことや、思わぬ所に山地崩壊がおこつたりすることもあるので、施設の上方・側方を山地崩壊からの土石をくい止める保全施設や深根性樹種で防備するのがのぞましく、今回の水害でも幅数  $m$  の屋敷林がよく山腹からの崩壊土石をくい止めて人家をまもつた例が 2, 3 見られた。

### Ⅷ 山地の土石流出の防止対策

#### 1. 山地の土石流出の積極的防止対策

現在けい床に多量に堆積してけい流を荒廃させている土石は、すべてが山地崩壊から流出した土石であるというわけではなく、ワサビ田から流出したもの、道路・耕地から流出したもの、さらに以前からけい床に堆積していたものも多い。しかし、前に述べたようにけい流の荒廃は山地の崩壊と密接な関係があり、山地の崩壊が大きく原因しているので、根本的な山地の土石流出防止としては、その根源である山地崩壊の発生を防止することが最も積極的な防止対策である。ところが、Ⅶの山地崩壊の防止対策で述べたように、山地崩壊の積極的防止は現在では限られた型の崩壊に対してだけいくらか可能の程度にすぎない。

今回の水害で山地が崩壊して裸地化した所は、そこからの平時の浸食土量の一部が今後の流出土砂量としてけい床の堆積に加わるわけであり、したがって、この防止すなわち崩壊地の復旧という復旧治山も山地の土石流出防止の一つである。しかし、本調査地域では気候・土壌などの立地条件に恵まれ、昭和 5 年の駿豆震災の崩壊跡地の例からしても、崩壊地の自然復旧の可能性は大きいと考えられる。調査地域内で採取した崩壊地土壌の液性限界（流出限界）を測定した結果は第 25 表のようで、地すべり性崩壊地の赤粘土、筏場川中流のシラス以外は特に小さいともいえないので、一部地すべり性崩壊跡地とシラス崩壊跡地の早期緑化および今後の土石流出の危険性がある大石を露出したくぼ地崩壊地下端に土石流出防止の施設を要する以外には、崩壊跡地の浸食は山地の土石流出防止上では他の地区ほど気にする必要はなからう。

第 25 表 崩壊地土壌の液性限界

| 土壌種類     | 採取位置         | 崩壊の型    | 基岩     | 液性限界<br>(JIS A 1205)<br>(%) |
|----------|--------------|---------|--------|-----------------------------|
| 青粘土      | 猫越川の桑の木沢合流点下 | 地すべり性崩壊 | 変朽安山岩  | 60.0                        |
| 赤粘土      | 猫越川桑の木沢      | 〃       | 〃      | 38.6                        |
| 火山灰質上層土  | 本谷川滑沢 116 林班 | 山腹滑落    | 輝石安山岩  | 97.0                        |
| 下層土      | 〃            | 〃       | 〃      | 68.4                        |
| シラス      | 筏場川蛇食        | けい岸崩壊   | 軽石質砂礫層 | 34.7                        |
| シラス上のローム | 〃            | 〃       | 〃      | 68.0                        |
| 火山灰質上層土  | 河津本谷川寒天事業所上  | 山腹滑落    | 輝石安山岩  | 89.5                        |
| 下層土      | 〃            | 〃       | 〃      | 65.5                        |

また、崩壊跡地以外の一般の山地の平時の流出土砂量について考えてみると、本調査地域では美林も多く、ただ、地床が裸地化していく一部のヒノキ林や疎悪な民有林の一部には問題もあるが、これも立地条件が良好な本調査地域では、やはり他地区に比して山地の土石流出防止上重要問題であるとは考えられない。

結局本調査地域の山地の土石流出の積極的防止としては、将来の山地崩壊による土石流出と現在のけい床に堆積している土石の移動とに備えることが予防治山としては重要なことであると考えられる。前に述べたように山地崩壊の予防には限度があり、今回の水害時のような豪雨に将来またみまわれれば、ある程度の山地崩壊とそれからの流出土石は覚悟しなければならぬ現状である。また、たとえ山地崩壊の発生を

今後皆無にしても、すでに現在けい床に堆積している土石は常に移動して下流に悪影響を与えるもので、このことは現在耕地・宅地として利用されている川沿いの土地も、その下にかくされた大石（写真 93）は相当円味をもっており、昔の出水時に上流から流出してきて堆積したものであることによつても明らかである。したがつて、けい流上で将来の上流からの流出土石に備えることと、現在けい床に堆積している土石を下流に移動させないことが、山地の土石流出防止上最も必要で実行可能な積極的対策となる。

将来の水害時の上流からの流出土石に備えるには、けい流の良好なダムサイトに貯砂用の高堰堤をつくることが考えられる。この貯砂堰堤は水抜を大きくして平時は貯砂せず、水害時に上流から流出してくる大石礫や土石流に備えるようにする。この貯砂用高堰堤は後に述べるような堰堤下流の洗掘に備えておかねばならぬ。しかし、一般に治山の対象区域である山岳けい流では、貯砂堰堤として効率の良いものをつくるに適当な箇所はほとんど得られぬことが多いので、将来の水害時の流出土石に備えるためには、山津波をおこしやすい谷頭の山地崩壊の危険性のある小沢の出口に堰堤を設けておくことが必要である。また、山津波に備える方法としては、山ろくの緩斜面などを山津波留止地帯とし、これに山津波がうまく誘導されるように森林帯か工作物を設け、平時はこの地帯を畑や草地などとして利用する方法を大いに活用すべきである。さらに治山の範囲外ではあるが、山地といつてもすべて林野であるわけでもなく、耕地・宅地として利用されている所もあり、そこからの水害時の流出土石が問題となる場合もあるので、それに対処する方法も講じておくべきである。

けい床堆積土石の下流への移動防止には、現在多量に土石を堆積しているけい流部分に階段状に堰堤を系統的に築設するのがのぞましいが、荒廃けい流は伊豆地方の本調査地域だけでも 450 ha を越すと推定され、それが各所に散在しているので、このすべてに堰堤を階段状に設置することは経費の点でも不可能である。したがつて、各けい流をその下流の保全対象の重要度とにらみ合わせて、その要所要所だけにけい床堆積物の洗掘に対抗する不動基点としての低堰堤を設置し、保全対象の重要度などからけい流の施工順位を定めて順次これを行ない、なるべくすみやかに本調査地域全域の荒廃けい流がすべて不動基点を持つようにすることが、ただ少数のけい流を完全に階段堰堤式に施工していくことより急務であると考えられる。この場合階段状に堰堤を設置できないからといって、単一の高堰堤を設けることは危険である。それは堰堤の例ではないが地藏堂川の裏見の滝の例で明らかのように、滝の上流には上流地域からの土石を大量に留止したが、そのため滝を越した流水は清水状態で約 10 m の滝を落下し、かえつて侵食力を増した流水は滝から下流の川沿いの耕地を侵食し、そこから生産された土石は下流に流送されて地藏堂部落を荒廃させたので、高堰堤を設置するには、その下流の洗掘を助長しないように下流のけい床維持の施設も必要である。

土石流出防止のためにつくられる堰堤は、上流につくられる山脚固定のための堰堤に比して、比較的下流につくられるだけに、その破壊した時の危険が大きいので、これを考慮してそで部を十分長くする、前庭を堅固にするなど堅固な構造とするように注意しなければならぬ。

## 2. 山地の土石流出の消極的防止対策

山地の土石流出防止には、以上のように相当積極的な防止対策が可能と考えられるが、これも完全を期すことは無理な点があるので、やはり山地崩壊防止と同じように、土石流出による被害を絶滅・軽減する消極的防止対策が必要となつてくる。

土石流出によつて被害を受けるのは下流の耕地・宅地が大部分であるので、それを対象としての消極的

防止対策は治山の範囲内だけで実行しうる部分は少なく、下流の砂防工事・農地保全工事・河川工事などとの協調や合理的な土地利用の実行によつてはじめて目的が達せられるものである。

下流における土石流出に対する消極的対策としては、根本的なものはできるだけ多くのはん濫堆積地をつくり、平時はこれを耕地などとして利用し、洪水時には上流からの流出土石をここに誘導して住宅地などの難を避けることがのぞましい。しかし、本調査地域のように気候その他に恵まれ相当集約的な土地利用を行なっている地帯では、はん濫堆積地をつくることは不可能であり、かえつて最勝院・城など大見川下流の支流に見られるように、支流と本流との合流点付近が耕地・宅地として高度に利用されすぎ、こう配急な上流のけい流断面よりこう配緩な下流平地帯の河川断面の方が狭小であり、そのためはん濫を助長して合流点付近の耕地・宅地を荒廃させているので、不合理なまでに河川断面を狭小にしている土地利用を改めることが重要である。

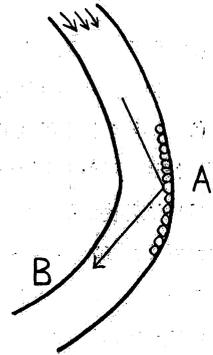
土地利用の点からは、北伊豆狩野川本流沿いは有名な温泉地帯であり、この温泉街が今回の水害でそれぞれ相当な被害を受けた。しかし、これら温泉街の被害は雨の降り方などとの関連ももちろんあるが、湯ヶ島・吉奈などの比較的古い温泉の被害は月ヶ瀬・嵯峨沢などの比較的新らしい温泉の被害より軽微である。これは比較的古い温泉は洪水や山地からの土石流出に対しては安全地帯にあるのが多いが、比較的新らしい温泉は洪水や山地の土石流出に対しては危険地帯である旧河川敷と思われる所に引湯したりさく泉されたものが多く、したがって水害時に土石流などで壊滅的な被害を受けるためである。こうした危険地帯に温泉街を設ける時は、当然水害防備の十分な保全施設をとまなうことが必要である。

また、I.1.の調査地域の地況で述べたように、北伊豆は水源地帯からの諸支流がすべて合流して狩野川1本となるのに対し、南伊豆では水源地帯から諸川がそれぞれ単独に放射状に海に流入している。これは水害時のばく大な洪水流量による被害はもちろん、山地からの土石流出による被害の様相を異にするものである。北伊豆では個々の支流の山地からの土石流出がたとえ小であつたとしても、これらは最後には合流して大きな量となり、下流ではこの多量の流出土石によつて大きな被害を受けることになるが、南伊豆では個々の河川の山地からの土石流出がたとえ大であつたとしても、これは最後まで合流することなく流下するので、下流ではそれほど大きな被害を受けることが無い。今回の水害時には水源地帯の雨量も一般に北伊豆が南伊豆より大であり、下流の開発状況も北伊豆がはるかに進んでいたもので、南伊豆でもある程度の山地荒廃はあつたが、山地の土石流出による下流被害は問題にならぬほど北伊豆が大きかつた。すなわち、こうした河川の流れ方に応じて下流の土地利用のあり方や保全施設の入れ方を考慮していくことが必要である。

山地の土石流出によつて被害を受けたものの中に、本調査地域の山地の土地利用の特徴である大面積のワサビ田がある。本地域の上流水源地帯にはけい流沿いにワサビ田が多くつくられ、地藏堂川などは国有林入口から約3kmも本流沿いにワサビ田があるが、これらワサビ田は今回の水害で壊滅的な被害(写真34・35・45)を受けた。ワサビ田は元来けい流と山腹の接点付近に写真94のような構造でつくられ、構築材料にけい床の堆積土石を使用して自然に護岸と流路断面維持の役割を果たし、特に流水に対しては小型調節堰堤の用もなしているが、今回の水害ではワサビ田が破壊して、それからの流出土石が山地からの流出土石の中では相当の部分をお占めた。これはワサビ田の面積を増大するために、けい流の中心部近くまでもワサビ田を拡張していたものが、水害時に上流からの多量の流水・流出土石によつて破壊したのが多いので、けい流断面を異常に狭小にするほどのワサビ田構築を止めることと、荻栗川流域の例のようにワサ

ビ田は堅固な構造とすること、長区間ワサビ田の連続する所は途中で堅固な保全施設を入れるなどの保全施設もともなつたワサビ田とすることなどが必要である。

土石流出によつて被害を受ける施設として、山地では事業所、下流では人家などがあるが、これらの被害を受けたものはけい流の合流点とかいちじるしい曲流部にあつたのがほとんどである。そうした危険箇所には人家その他を設けないことが最もよく、これは他に敷地の求めやすい上流地帯では可能であるが、下流地帯の集約な土地利用が行なわれている所では、敷地の余裕も無く他に適当な箇所を求められないことも多いので、危険箇所の人家などはできれば保全施設、少なくともケヤキ・タケ・ヤナギなどの水害防備林で保護することが必要である。第9図のようにけい流の曲流部Aに堅固な保全施設を設けてA



の背後を保護した時に、大きな力を有する土石流がAではねかえつて下流のB部にかえつて大きな被害を与えることがあることと、土石流通過の際にその高さはA部はその対岸より高くなることを注意しなければならぬ。

また土石流出で被害を受けるものに、山地では林道などの橋りよう、下流では一般橋りようがある。これは林道橋りようでは上流から流出してきた大石と流木が、下流の橋りようでは流材が橋脚にひつかかり、断面を小さくしたりせき止めたりして橋りようを破壊・流失させ、時には橋りようの存在のために下流のはん濫・決壊を増大させることもある。狩野川本流でも湯ヶ島——長岡間では、鋼鉄橋である矢熊橋・千歳橋の2橋以外の木橋は全部流失している。橋りよう箇所では、けい流・河川がその上下流と同じ大きさの断面であつても、橋脚分だけその有効断面を小にしているわけで、一般には橋りよう架設費の節約のため、かえつてその上下流よりも断面を小さくして架設される傾向があるが、橋りようは橋脚が少ない構造にするか、あるいはむしろ思い切つて流路断面を橋りよう部でひろげて長い橋りようを架設する方が、水害ごとに流失して架橋し直すよりは、かえつて長期間を通してみれば経済的ではなからうか。

流出土石とともに流出してくる流木・流材については、けい流に鉄骨格子堰を設けてすき間から流水は通過させるが大石・流木・流材は留止するか、堰堤の上流に流木・流材留止施設を設けるかして、この留止した流木・流材を兩岸の遊水地に流し出すか、あるいは兩岸に引き上げる装置を付属させるなどの方法も一応は考えられる。しかし、流木・流材の防止については特にそのための報告<sup>12)</sup>もあるので、本報告では前にも述べたように、立木が山地崩壊などによつて流失する流木は、本報告でいう大石と一緒に停止しているものが多いため、大石を留止させる施設・方法はまた流木を留止させる施設・方法でもあるといえるという程度にとどめることとする。

水害による下流の被災耕地についてみると、流水のはん濫で被災しただけの場合は水害時の栽培作物の収穫が不可能になる程度であり、流水のはん濫と同時にこまかい砂礫を堆積した場合も耕地所有者の人力だけで復旧可能であり、こまかい泥土だけの堆積はかえつてその後の地力を増すこともあるが、大石を多量に堆積した場合は人力では復旧困難であり、ついには荒ぶ地と化することもある。したがつて、上流山地からのこまかい砂礫の流出はやむを得ないが、大石だけは上流山地でくい止めれば下流耕地の被害は非常に軽減できることになり、山地の土石流出防止の上からは、流出土石のうち少なくとも大石だけは山地で留止する方法を重点とすべきであらう。

第9図 けい流曲流部

## 要 約

(1) 狩野川台風による伊豆水害地について、山地の崩壊・土石流出の実態を明らかにし、今後の治山特に予防治山の基礎資料としてそれらの防止対策を考究するため、現地調査を行なった。

(2) 推算の結果伊豆半島全体で約 4,000 箇所、500ha の山地崩壊が発生している。北伊豆の狩野川流域（修善寺橋から上流の流域面積約 290 km<sup>2</sup> の部分）で概略 3,500 箇所・350 ha の山地崩壊と 350 ha のけい流荒廃が新生し、山地崩壊から約 50 万 m<sup>3</sup> の土石が流出し、伊東市（流域面積約 50 km<sup>2</sup> の部分）で概略 300 箇所・50 ha の山地崩壊と 70 ha のけい流荒廃が新生し、山地崩壊から 5~10 万 m<sup>3</sup> の土石が流出している。南伊豆賀茂郡（流域面積約 580 km<sup>2</sup>）で概略 500 箇所・50 ha の山地崩壊と 30 ha のけい流荒廃が新生し、山地崩壊から 5~10 万 m<sup>3</sup> の土石が流出している。

(3) 山地崩壊はわが国の戦後の数例の大水害と比較すると、それらを下回わり中小洪水級であつた。山地崩壊の大部分は小面積の浅い山腹滑落で、けい岸崩壊がわりに少なく、くぼ地の再崩壊がやや多く、比較的大面積の崩壊はそれぞれわりに狭い区域にそれぞれ異なつた型で発生しているのが特徴である。

(4) 山地からの流出土石量も戦後の数例の大水害と比較すると中小洪水級である。雨の降り方に影響されてか山地から流出した大石（径 40~50 cm 程度以上の人間が 1 人で運べぬ程度以上を指す）はあまり遠くまで運ばれていない。けい流の荒廃には山地崩壊が密接に関係しているが、大石を堆積するけい流の荒廃部分は断続的であり、下流の堆積土石はけい流沿いの耕地・宅地・道路が浸食されて流出したものが多し。

(5) 上流山地の豪雨で下流は大洪水となり、特に修善寺橋から下流の狩野川下流地域の災害が問題となつたが、他の水害時のように上流山地からの流出土石が下流の災害に大きな影響を及ぼしたということはない。

(6) 幼令林地・灌木地・草地の崩壊が多く、美林の多い国有林は美林の少ない民有林より山地崩壊程度が低いといえ、森林は令級の増加とともにその山地崩壊防止機能も増大している。しかし、森林の崩壊防止能力の限度を超越した型の山地崩壊もおこっている。治山堰堤は既設のものが少ないが、それらはほとんど破壊せず、山地崩壊から流出した大石を留止している。

(7) 山地崩壊の予防の前提として必要な山地崩壊の予知は、地すべり性崩壊・けい岸崩壊・くぼ地崩壊の一部に限られたものについて可能の程度であり、山腹崩壊の大部分については不可能である。したがつて、山地崩壊に対しては、積極的防止対策と消極的防止対策とをあわせ行なうべきである。

(8) 山地崩壊の積極的予防策としては、山腹剥落に対しては裸地や地被物の薄い所を密な植生で被覆することであり、山腹滑落は発生箇所の予知が困難で深根樹の活用など森林の崩壊防止機能に期待するほかに、地すべり性崩壊は小規模なものは地下排水、大規模なものはその区域から下流での土石流出防止を行ない、くぼ地崩壊に対しては林地内でも排水工を入れ、けい岸崩壊には危険箇所の堰堤・護岸・水制の設置と神代スギ採掘の注意および一般けい流ぞいの深根樹造成を必要とする。

(9) 山地崩壊による被害防止の消極策としては、地すべり性崩壊地の土地利用のあり方、くぼ地の林道・歩道のつくり方、人家・事業所の位置やそれらの保全施設・屋敷林設置などに注意すべき点がある。

(10) 山地からの土石流出の積極的予防策としては、根本的な流出土石の根源である山地崩壊の予防がわずかに可能な程度であることを考慮し、一部地すべり性崩壊跡地とシラス崩壊跡地の早期緑化による土砂

流出防止および今後の土石流出の危険性があるくぼ地崩壊跡地の土石流出防止施設を行ない、将来の上流からの流出土石に対処するため、山津波の危険性のある小沢の出口の堰堤や山津波留止地帯・防災貯砂堰堤を設置し、またすべての荒廃けい流には、なるべくすみやかに洗掘に対する不動基点としての低堰堤設置で、現在のけい床堆積物の移動を防止する必要がある。

(4) 山地からの土石流出による被害防止の消極策としては、治山以外の工事との協調や合理的な土地利用の実行が重要であるが、河川断面を不合理に狭小にしている土地利用状態の改正、水害危険地帯の十分な保全施設の設置、河川の流れ方に応じた土地利用のあり方や保全施設の入れ方の考慮、ワサビ田の保全施設の設置、危険箇所・事業所・人家の保全施設や水害防備林による保護、橋りょう架設方法の改良、流木の留止施設などが考えられ、少なくとも流出土石のうち大石だけは上流山地で留止することを重点とすべきである。

## 文 献

- 1) 市瀬由自：地形地質学的立場から見た山地災害，伊豆治山災害調査会，（1959）p. 33～57
- 2) 伊豆治山災害調査団：伊豆治山災害調査報告書，伊豆治山災害調査会，（1959）pp. 175
- 3) 川口武雄・渡辺隆司・滝口喜代志：赤城山山崩に関する研究，林業試験場研究報告 49，（1951）p. 11～73
- 4) 川口武雄：山地からの土砂流出とこれに対する治山及び森林の効果，林業技術 138，（1953）p. 51～54
- 5) 川口武雄・難波宣士：昭和 28 年 6 月の九州水害に関する調査報告 第一 阿蘇地区編 VI. 砂防関係（その 1. 一般対策），林業試験場研究報告 69，（1954）p. 97～116
- 6) 川口武雄・難波宣士：昭和 28 年 6 月の九州水害に関する調査報告 第二 門司地区編 V. 砂防関係（その 1. 一般対策），林業試験場研究報告 69，（1954）p. 339～361
- 7) 川口武雄・難波宣士：昭和 28 年近畿水害調査報告 第 2 次調査報告 山崩と治山対策，林業試験場研究報告 74，（1954）p. 57～94
- 8) 川口武雄・難波宣士：山地の崩壊と土石流出の防止，伊豆治山災害調査会，（1959）p. 58～86
- 9) 九州治山協会：諫早水害，日月社，（1958）pp. 165
- 10) 難波宣士：荒廃地基礎調査結果，治山 2, 3，（1957）p. 31～43
- 11) 難波宣士：崩壊地の基礎的特性について，林野庁治山事業調査報告 II，（1959）pp. 54
- 12) 野口陽一・山口伊佐夫：流木およびその防禦，伊豆治山災害調査会，（1959），p. 87～117
- 13) 尾ヶ井 章：伊豆水害の実態と今後の対策，国有林編，林業技術 204，（1959），p. 1～6
- 14) 林野庁：保安林整備計画，I. 基本的対策に関する事項，西日本編，南伊豆，北伊豆，林野庁，（1954）p. 93～94
- 15) 静岡大学地学教室：静岡県地質図，静岡県，（1956）
- 16) 静岡県災害応急対策本部，昭和 33 年 9 月 26 日台風第 22 号災害概況と応急対策，静岡県，（1958）
- 17) 菅谷重二：十津川流域の治山事業計画調査報告，大阪営林局治山事業調査報告 2，（1955）pp. 48
- 18) 東京営林局：昭和 33 年 11 月狩野川流域国有林内崩壊地実態調査集計表，東京営林局，（1958）

- 19) 東京営林局：河津国有林治山災害復旧計画書，東京営林局治山課，(1958)
- 20) 東京営林局：崩壊地林況調書河津営林署管内，東京営林局治山課，(1958)
- 21) 渡辺 進：伊豆水害の実態と今後の対策，民有林編，林業技術 204，(1959) p. 7~12

**Landslides and Soil Losses at the Mountain Districts of Izu Peninsula in the Flood of 1958 and their Control**

Takeo KAWAGUCHI, Senshi NAMBA, Kiyoshi TAKIGUCHI,  
Ryôji KÔNO and Takashi KISHIOKA

(Résumé)

(1) To inquire into the actual state of landslides and soil losses, and to study control measures as the basic data for future erosion control works, especially preventive works, we carried out on-the-spot investigations at the mountain districts of Izu peninsula damaged by the Kanogawa typhoon.

(2) The extent of devastation in the investigated districts is roughly estimated as follows:

| district                             | area of drainage basin     | landslides at the mountain districts |               | area of stream devastations | soil losses from landslides                  |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------|-----------------------------|--|
|                                      |                            | number                               | area          |                             |  |
| Kano River above the Shuzenji bridge | 290 <i>km</i> <sup>2</sup> | 3,500                                | 350 <i>ha</i> | 350 <i>ha</i>               | 50 × 10 <sup>4</sup> <i>m</i> <sup>3</sup>   |
| Itô                                  | 50 <i>km</i> <sup>2</sup>  | 300                                  | 50 <i>ha</i>  | 70 <i>ha</i>                | 5~10 × 10 <sup>4</sup> <i>m</i> <sup>3</sup> |
| South Izu                            | 580 <i>km</i> <sup>2</sup> | 500                                  | 50 <i>ha</i>  | 30 <i>ha</i>                | 5~10 × 10 <sup>4</sup> <i>m</i> <sup>3</sup> |

(3) The degree of landslides at the mountain districts in this flood is less intense as compared with those of several great floods after World War II in Japan. For the most part the landslides are of surface sliding type on hillsides. Slides along streams are comparatively few, but the second slides in hollows are somewhat numerous. The slides of relatively large size happened in each different type and at each of the variously small districts.

(4) The degree of soil losses from the mountain districts in this flood is of the middle or small flood class as compared with those of several great floods after World War II in Japan. The big stones which are above 40~50 *cm* in diameter and beyond the transporting power of a man are transported not very far away from the mountain districts by the influence of rainfall conditions. The devastations of streams are closely related with the landslides at the mountain districts, and the devastated portions of streams are intermittent. Soil and stones were deposited downstream as a result of the erosion on cultivated lands and residential lands along the streams.

(5) The downstream districts suffered from this great flood caused by the heavy rain precipitated on upstream mountain districts. In fact the flood damage in the downstream district below the Shuzenji bridge of Kano River became a political issue, but the fact that the downstream disasters were strongly accelerated by the soil losses from the mountain

districts was not recognized in this flood.

(6) Most of the landslides happened in the young forest-stands, shrub lands and grasslands. The degree of landslides in the national forest having good forests is lower than that in the private and communal forest, and the preventive function of the forest against landslides increases with the increase of its age class. But the types of landslides beyond the preventive function of the forest also occurred. The established check dams were few, but most of them were not destroyed, and they checked the big stones from landslides.

(7) The prediction of landslides is possible only for a limited part of the landcreep type of hillside slides, slides along streams, and slides in hollows, and is impossible for most landslides. Therefore, to control landslides, both positive control and negative control measures are necessary.

(8) As positive preventive measures against landslides, the following treatments are necessary:

(i) Against slides of surface stripping type—Covering with dense vegetation on bare lands or scarcely vegetated lands.

(ii) Against slides of surface sliding type—Reliance on preventive function of forest with deep-rooted trees.

(iii) Against slides of landcreep type—Drainage of underground water in the case of small slide, and construction of check installations at downstream part below the sliding area for checking the soil loss from the sliding area in the case of large slide.

(iv) Against slides in hollows—Drainage (even in forestlands).

(v) Against slides along streams—Construction of dams, revetments and spurs and careful digging of Jindaisugi (old *Cryptomeria japonica* D. Don) at dangerous places, and planting of deep-rooted trees along streams.

(9) As negative preventive measures against damage by landslides, the following items must be considered:

(i) Land use on sliding lands of landcreep type.

(ii) Construction of forest roads and foot paths in hollows.

(iii) Situation of residences and working offices and protection for them by conservative installations and forest-stands around residences.

(10) Under the consideration of small possibility of the control measures for landslides which are the sources of soil losses, the following treatments are necessary as positive preventive measures against soil losses:

(i) Rapid greenization on a part of slides of landcreep type and slides of Shirasu (particular volcanic detritus) area.

(ii) Prevention of soil losses from slides in hollows having the future danger of soil losses.

(iii) Construction of check dams at the outlets of small streams having the future danger of upstream mud and stone flows, and installation of retaining areas and soil-saving dams for mud and stone flows.

(iv) Rapid construction of low dams as basic resistant point against scoring by stream in each devastated stream to prevent the transportation of stream sedimentations.

(11) As negative preventive measures against damage by soil losses from the mountain districts, the priority of checking of big stones at upstream area, cooperation between

erosion control and other works and rational land use at downstream areas must be considered, and the following items are necessary:

- (i) Adjustment of present land use having unreasonably narrow river cross sections.
- (ii) Proper land use and arrangement of conservative installations in accordance with river flow conditions.
- (iii) Construction of conservative installations at dangerous areas against floods.
- (iv) Construction of conservative installations in horseradish lands.
- (v) Protection of residences and working offices on dangerous places by conservative installations and forests for flood-damage prevention.
- (vi) Improvement of bridge construction.
- (vii) Construction of checking instalations against drifting woods and timbers.



写真1 矢熊の山腹滑落



写真2 矢熊橋下流の狩野川



写真3 草地の滑落（吉奈川）



写真4 棚場山国有林内のけい床堆積

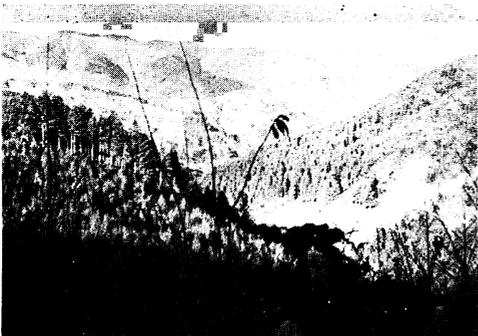


写真5 持越鉱山付近の崩壊



写真6 白くんば沢の地すべり性崩壊



写真7 白くんば沢の堰堤



写真8 灌木地の滑落（持越川）

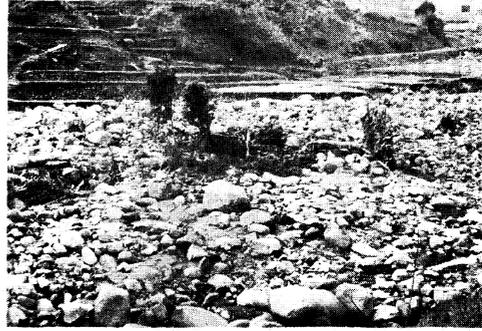


写真9 持越川金山上流のけい床堆積

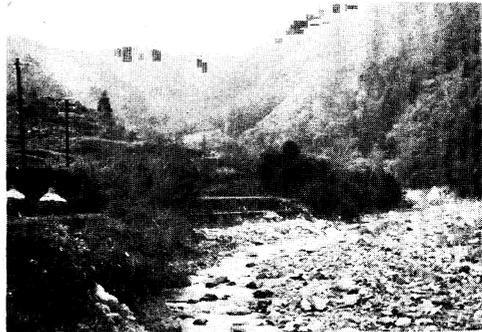


写真10 持越川・猫越川合流点上のけい床堆積



写真11 桑の木沢の地すべり性崩壊



写真12 桑の木沢の地すべり性崩壊



写真13 桑の木沢上流堰堤の破壊



写真14 桑の木沢上流堰堤のき裂



写真 15 桑の木沢上流のけい岸の再崩壊



写真 16 桑の木沢の押し崩土の再崩壊



写真 17 桑の木沢のけい床堆積

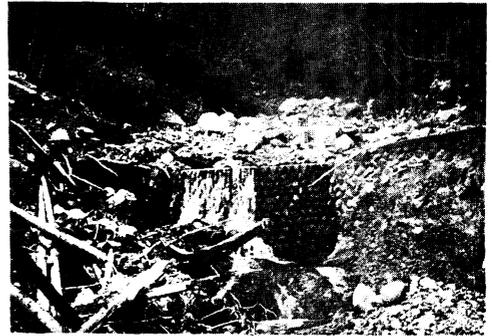


写真 18 桑の木沢の堰堤



写真 19 桑の木沢下流堰堤の破壊

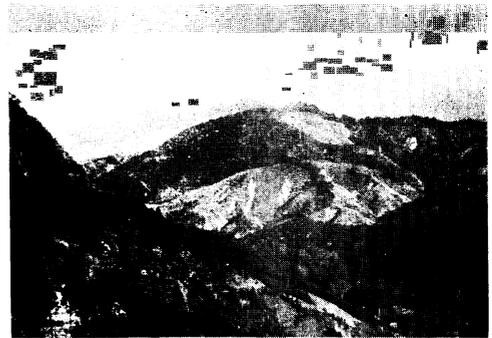


写真 20 幼令林の崩壊 (猫越川)

—Plate 4—



写真 21 幼令林の滑落（猫越川）



写真 22 桐山峠下の地すべり性崩壊



写真 23 猫越川滝の沢合流点のけい床堆積



写真 24 猫越川桑の木沢合流点のけい床堆積

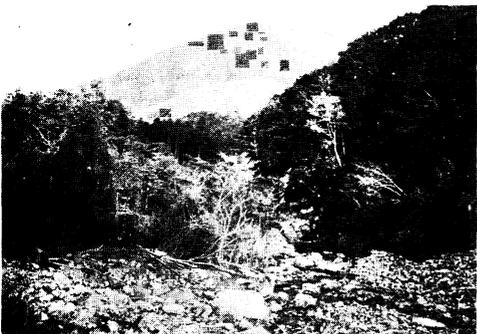


写真 25 猫越事業所下の猫越川



写真 26 くぼ地の崩壊 本谷川



写真 27 くぼ地の洗掘（本谷川）



写真 28 山腹滑落（本谷川）



写真 29 浄蓮の滝付近の本谷川



写真 30 くぼ地の洗掘（長野川）

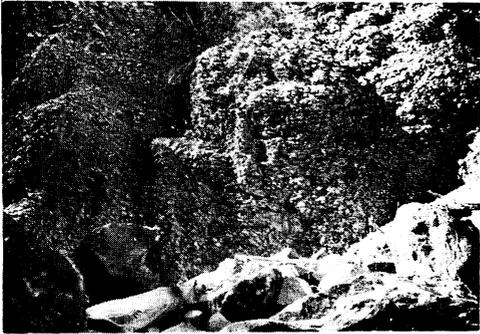


写真 31 筏場事業所上の山地の荒廃



写真 32 筏場川上流の荒廃



写真 33 かわご沢の荒廃



写真 34 筏場川ワサビ田の荒廃



写真 35 筏場川ワサビ田の荒廃

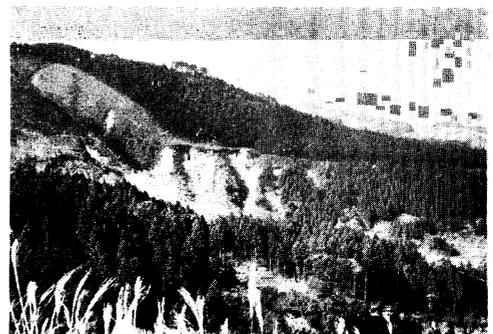


写真 36 軽石質砂礫層（シラス）の崩壊

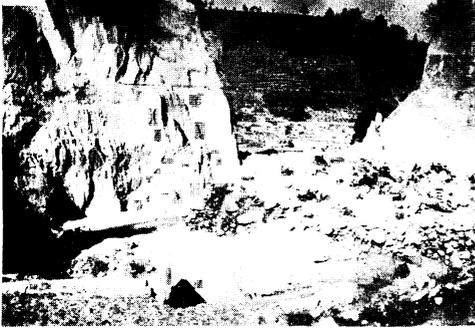


写真 37 蛇食の崩壊



写真 38 神代スギの採掘跡穴



写真 39 筏場川中流軽石質砂礫層の崩壊



写真 40 筏場川上流のけい床の大石



写真 41 筏場川上流のけい床堆積



写真 42 筏場川新田付近のけい床堆積



写真 43 筏場川下流の河床堆積



写真 44 林地の崩壊（地蔵堂川）



写真 45 地藏堂川ワサビ田の荒廃



写真 46 裏見の滝上流のけい床堆積



写真 47 地藏堂部落の荒廃



写真 48 地藏堂部落の荒廃



写真 49 菅引川上流のけい床堆積



写真 50 菅引部落上流のけい床堆積



写真 51 菅引部落の河床堆積



写真 52 雑木林の崩壊（城）



写真 53 草地の剥落（上白岩）

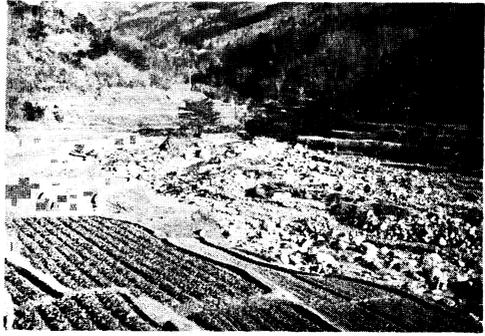


写真 54 耕地の浸食（城）

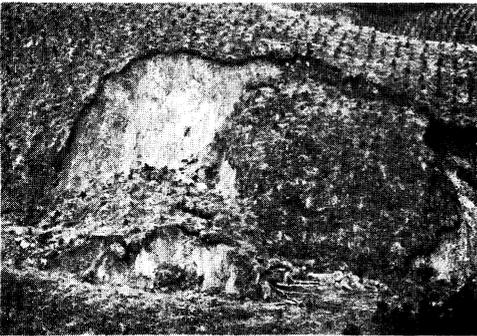


写真 55 幼令林の滑落（冷川峠）



写真 57 冷川部落の荒廃

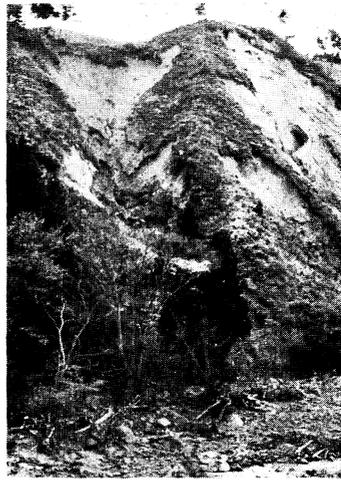


写真 56 灌木林の滑落（冷川峠）

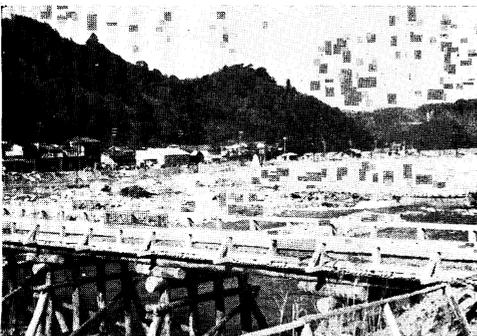


写真 58 修善寺仮橋下流の狩野川



写真 59 千歳橋上流の狩野川

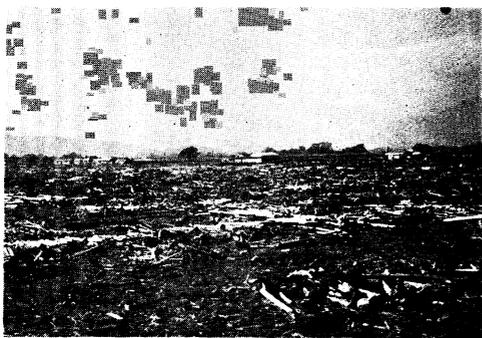


写真 60 蛇が橋漂着の流材



写真 61 山腹崩壊 (宇佐美)



写真 62 耕地の浸食 (宇佐美)



写真 63 寺田川の荒廃



写真 64 広葉樹林の崩壊 (冷川峠)



写真 65 幼令林の滑落 (奥野)



写真 66 林地の崩壊 (奥野)

—Plate 10—



写真 67 草地の崩壊（奥野）



写真 68 大川上流のけい床堆積



写真 69 林道の決壊（大川上流）



写真 70 くぼ地の崩壊（白田川）



写真 71 白田川上流の地すべり性崩壊



写真 72 幼令林の滑落（寒天）



写真 73 くぼ地崩壊上部（荻乗川）



写真 74 くぼ地崩壊下部 (荻乗川)



写真 75 林地の崩壊 (荻乗川)



写真 77 くぼ地崩壊 (仁科本谷川)

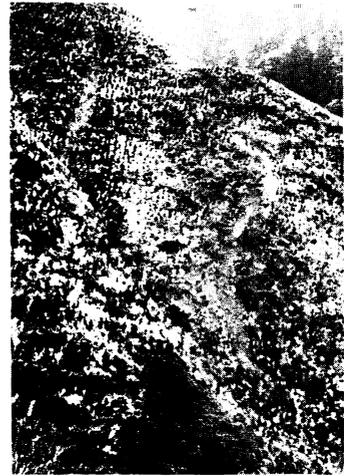


写真 76 幼令林地の剥落 (荻乗川)



写真 79 大入沢けい床の堆積



写真 78 広葉樹林のくぼ地崩壊 (仁科本谷川)



写真 80 山腹滑落（大滝川）

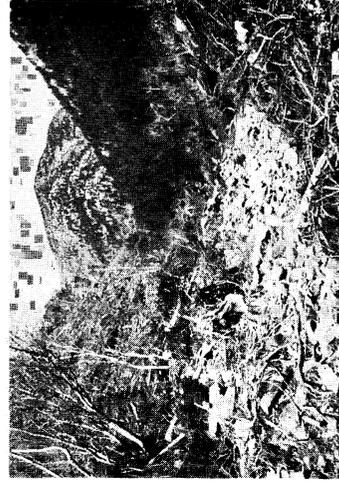


写真 82 大滝川上流の荒陞

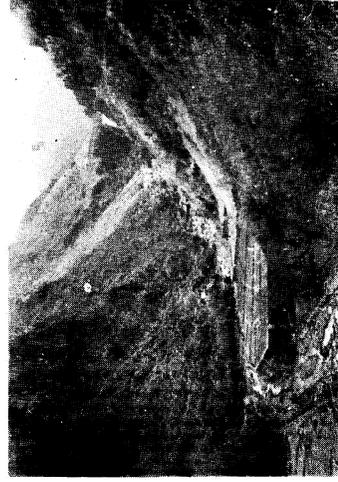


写真 84 大滝下の大滝川



写真 85 崩壊頭部のゆう水の跡穴（宇佐美）

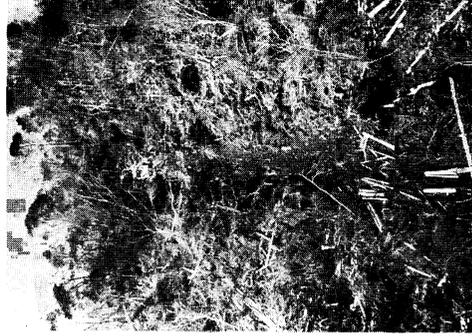


写真 81 木出し跡の侵食（大滝川）



写真 83 けい岸崩壊（三階滝事業所下）



写真 86 林相変化点の滑落（菅引川）



写真 87 筏場川のけい岸崩壊（写真左側）



写真 88 灌木林の滑落（菅引川）



写真 89 地藏堂川の荒廃



写真 90 幼令林の滑落（地藏堂川）



写真 91 林木による崩土の留止（棚場山）



写真 92 河岸林の土石留止（猫越川）

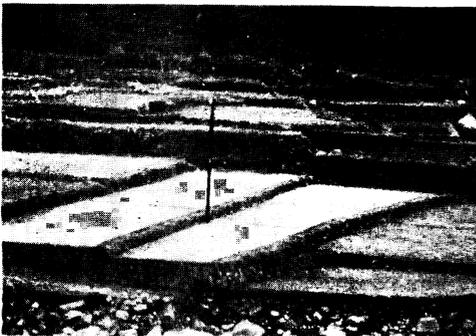


写真 93 耕地下の大石（地藏堂川）



写真 94 ワサビ田の構造（地藏堂川）