

### 3. 森林の豪雨性山崩への影響

四 手 井 綱 英<sup>(1)</sup>

椋 山 徳 治<sup>(2)</sup>

#### 目 次

|                 |    |
|-----------------|----|
| は し が き         | 41 |
| I 高野国有林および花園村附近 | 41 |
| 1. 林 況 概 要      | 41 |
| 2. 林 況 と 山 崩    | 43 |
| 3. 森林の山崩防止機能    | 45 |
| 4. 山 崩 の 種 類    | 47 |
| II 南山城、伊賀上野附近   | 51 |
| 1. 林 況 概 要      | 51 |
| 2. 林 況 と 山 崩    | 52 |
| む す び           | 54 |
| Résumé          | 55 |

#### は し が き

筆者等は山崩に対する森林の影響の調査を担当したが調査日程が短かく、一々の山崩について具体的な調査をする余裕がなく素通りの旅行であつたので、単なる見聞記以上のものではできなかった。

したがって、この結果から林業あるいは森林の取り扱いに対して直接貢献するような結果はあまりでないかもしれないことをことわつておく。

#### I 高野国有林および花園村附近

##### 1. 林 況 概 要

われわれの調査した高野国有林および有田川上流の御殿川水源花園村地区は暖、温帯にまたがっており高野団地はヒノキ、コウヤマキ、モミ、ツガを主林木とする林令 200 年以上の針広混交林であつたが、現在では一部残存するのみで、ほとんど、スギ、ヒノキの人工造林地に変つている。

天然林では峰通りにツガ、コウヤマキが多く、中腹以下にはヒノキ、モミが多い。その蓄積は約 300～350m<sup>3</sup>/haといわれている。

人工林には国、民有林を通じてヒノキ単純林、ついでスギ単純林が多く、国有林では両者の混植がかな

---

(1) 防災部氣象災害科長・農學博士 (2) 防災部氣象風害研究室

り行われているが、一般にヒノキの混交度が大きいようである。これらの人工林中にはコウヤマキ、モミ、所によつてはアカマツが侵入生育しているが、国有林当局では現在これら後生天然生樹を除去あるいは巻枯しを行い、植栽樹種のみによる単純同令林に導くようつとめているとのことであつた。

国有林造林地の育林諸作業はよく行われており除間伐も概して適度であるが、民有林造林地には撫育手遅れの過密林がかなり存在する。これは地元民以外の不在地主の所有林に多いようである。

当団地の国有林には広葉樹林および萌芽により成立した低林がほとんどないのが特徴である。高野国有林における林令別造林地面積は Table 1 のとおりであつて、人工林の最老令のものは60～65年に達している。

本表によると明治末期より大正にかけての大面積造林時代の林令 41～50 年の林分面積が著しく多いほか、近時までの年々の造林面積はほぼ一様

であつて、施業が比較的厳正に行われていたことを示しているが、1～5 年生の幼令林分が 370 ha に及ぶことは戦争末期から戦後にかけての増伐を物語るものであろう。しかし、林令 10 年以下を未成林林分、11～40 年を未成熟林分、40 年以上を成熟林分として大分すると、各面積はほぼ同一で、全般的には決して、はなはだしい過伐が行われていたとは考えられない。

生育状況は並以上で一部の峰通りおよび南面の中腹以上の乾燥にかたよつた個所には生育不良林分が点在する。

スギよりヒノキの方が単木生長は良好だといわれ、事実、両者の混交林ではスギがヒノキより抜きで生育している個所が多く、国有林では今後スギの比率の方が大になる傾向がみられるが、林分生長を考え、さらに価値生長を考慮にいれると、さほど両者間には差がないのではなからうか。

有田川上流御殿川沿いの花園村の森林については既往の調査資料がないので、くわしくはわからぬが、通覧したところによると、谷沿いの部分にはスギ、上部にはヒノキの造林地が多く、峰すじには落葉広葉樹を主とする薪炭林が多いが、ところによつては峰筋までヒノキの造林地になつており、また峰筋にはアカマツ天然生林になつている所もある。海拔高の低い谷沿いには常緑カシ類が生育し、シユロの造林地が耕地に続く溪流沿いの傾斜地に散在するのは暖帯らしい特徴を示している。また、かなり広い採草地が各所に点在することや、中腹の段丘上の緩斜地に（一部は旧地スベリ地とも思われる）まで田畑が開かれ部落が散在しているのもこの地方の特徴であろう。全般的に耕地が少ないため（水田は今回の水害でほとんど失われた）村民経済は林業に負うところが多いらしく、部落民所有の森林の撫育手入れは全般的にはゆきとどいている方であつて、国有林同様、さして戦中戦後の乱伐を受けたとも思われぬ。伐期は一般に

第1表 林齢別面積（高野国有林）

| 林区分   | 林 齢   | 面 積<br>ha | 面 積 率<br>% |
|-------|-------|-----------|------------|
| 未成林林分 | 0     | 45        | 2.0        |
|       | 1～5   | 370       | 16.8       |
|       | 6～10  | 84        | 3.8        |
|       | 計     | 499       | 22.6       |
| 未成熟林分 | 11～15 | 105       | 4.8        |
|       | 16～20 | 89        | 4.0        |
|       | 21～25 | 133       | 6.0        |
|       | 26～30 | 72        | 3.3        |
|       | 31～35 | 106       | 4.8        |
|       | 36～40 | 154       | 7.0        |
|       | 計     | 659       | 29.9       |
| 成熟林分  | 41～45 | 282       | 12.8       |
|       | 46～50 | 215       | 9.8        |
|       | 51～55 | 93        | 4.2        |
|       | 56～60 | 0         | 0.0        |
|       | 61～65 | 109       | 4.9        |
|       | 計     | 699       | 31.7       |
| 天 然 林 |       | 350       | 15.8       |
| 合 計   |       | 2,209     | 100.0      |

40 年前後で国有林に比して短伐期であるが、ところどころ 100 年にも達する古い造林地も残っている。造林事業が広く行われはじめたのは国有林とほぼ同一年度ごろであつたらしい。

生育状況は高野国有林と同様、並以上でむしろ良好であるといつてもよからう。

シロ造林は近年シロ皮の価格が低下したとはいえ、村民の主要収入源であつたらしいが、川沿いの低地に多かつたので過半が流失崩壊してしまつた。

以上、この地域の森林および林業を通覧して、戦中戦後の乱伐の影響を否定することはできないとしても、決して他地方ほどはなほだしいものではなく、森林の状況は概して良好であり、今回の水害を乱伐による林地の荒廃にのみ負わすことは当をえないものであろう。

なお国有林には一団地かなり広大な面積の伐跡地や未成林林分があるが、民有林は所有が細分され散在しているため、かえつて面積の大きな伐採跡地や幼令林がなく、よく各種各令の林分が混在していることが見受けられた。

## 2. 林 況 と 山 崩

高野営林署調査による林令別山崩面積および個所数調査表（渡辺等報文参照）によれば山崩面積は伐採跡地および林令 1～10 年の未成林林分に多く、林令が増すと急に減少している。個所数にも同様の傾向がうかがえる。特に 50 年生以上の成熟林分と天然林には山崩は皆無といつてよいほど少ない。すなわち、一応森林が成林し成熟するほど山崩に対する抵抗が増すと考えてよいようである。

渡辺等の報文と重複をさけるため、細部の検討はこれにゆずるが、この調査表で特に気づくことは、第 2 表に 10 年以下の未成林林分のもののみ掲げたように、伐採跡地よりも、新植直後の若い林地に著しく山崩が多発していることと、古い林分の方が山崩個所数は少ないのに反して、一個所の面積の大きい山崩が起つていることとである。

伐採跡地でまだ造林されていない林地の方が、新植地より山崩が少なくないのは、視察当初にはこれらの伐採跡地が全部、新植地より後でできたもので、伐採後の経過年数が少ないため伐採前に生えていた天然林の根系がなお腐朽せずにのこつていて、これが山崩に抵抗したためであると考えたのであるがこれは誤つた想像であつた。

というのは、有田川上流にはスギ伐根のみ残して林地の全部が崩壊流出した例もあり、また戦後同年に伐採した林地で、隣接していて、一方は造林済みであり、他方は未造林である場合、造林した個所にのみ崩壊が多数発生している例もあり、伐根の根が抵抗して林地の崩壊を防止したとも思われないのである。

この場合両者の著しい差は造林済みの幼令未成林林地には年々手入れ、下刈りが行われているのに対し、伐採後放置された林地は、地床をおおう樹木草木が繁るにまかせられていることである。林地全体からみ

第 2 表 未成林林地と未造林地（伐採跡地）との山崩の比較

| 林 令    | 総 面 積<br>ha | 山 崩 面 積 |      | 山 崩 個 所 数 |             |      |
|--------|-------------|---------|------|-----------|-------------|------|
|        |             | 面 積 ha  | 面積率% | 個 所 数     | 1個所面積<br>ha | 当個所数 |
| 0      | 45          | 0.58    | 1.3  | 7         | 0.08        | 0.16 |
| 1 ～ 5  | 370         | 22.85   | 6.2  | 129       | 0.18        | 0.35 |
| 6 ～ 10 | 84          | 3.73    | 4.4  | 16        | 0.23        | 0.19 |
| 計      | 499         | 27.16   | 5.4  | 152       | 0.18        | 0.30 |

れば3000本/ha のスギ、ヒノキの幼樹があるとしても、新植地の方が撫育手入れにより林地の裸出している率が多いということである。すなわち林地の被覆度はむしろ新植後間もない幼令林の方が小なのである。被覆の少ない林地は雨滴、地表流による表面侵蝕が大なことは明らかで、これが、小山崩を、幼令未成林地に多発させた原因ではないかと考えられる。

すなわち、林地の被覆という問題が山崩にかなり重要な因子としてとり上げられねばならぬという一つの例証としてよいであろう。

つぎに古い林地には山崩は少ないが山崩の1カ所の面積が大きい傾向がでてくるのは、このままの数字を一応信用したとすると、森林は古くなり大きくなると、山崩発生数は減じるが、かえつて大山崩を起す危険が生じるとも解せられる。森林の根系により表土の耐崩壊性がましとすると、1個所の崩壊面積は林地の方がそれだけ大となつてもよいはずであるが高野山の場合筆者の調査した結果では、面積の大きい崩壊地が決して、古い森林内のみあるのではなく、伐採跡地ないし未成林の幼令林地にも所によつては発生しているのであつて、むしろ小崩壊地が未成林地に多く、成林した林地にはすくないため、このように見られるのであらうと思われた。また30年生以上の林内にある大崩壊地3個所は、むしろ地質的な原因をもつ地スベリ性のものと考えられ、その深度がかなり大で森林の影響を越えたものと考えてよいようであつた。

なおこれら国有林内の大崩壊地は、花園村にかなり多発している地スベリ性の崩壊、たとえば有中、北寺、金剛寺等の大崩壊と似た性質をもっているが、後述するように幾分性質が違っているのではないかとともに思っている。

以上述べた森林の山崩防止効果は今回の調査範囲外であつたが、高野営林署津保国有林でも認められる。第3表がそれである。

また近畿大学連合の行つた見取り調査でも同様の結果をえている。第4表に転載したのがそれである。

第3表 山崩面積個所数津保国有林（高野営林署）

|                       | 林 令   | 総面積<br>ha | 山 崩 面 積   |          | 山 崩 個 所 数 |               |              | 摘 要                                          |
|-----------------------|-------|-----------|-----------|----------|-----------|---------------|--------------|----------------------------------------------|
|                       |       |           | 面 積<br>ha | 面積率<br>% | 個所数       | 1個所数<br>面積 ha | ha 当り<br>個所数 |                                              |
| 未<br>成<br>林<br>分      | 0     | 83        | 1.20      | 1.4      | 5         | 0.24          | 0.06         | 16～20年の内<br>には54林班の<br>地スベリ地が<br>はいつてい<br>る。 |
|                       | 1～5   | 88        | 3.80      | 4.3      | 18        | 0.21          | 0.20         |                                              |
|                       | 6～10  | 48        | 0.40      | 1.0      | 2         | 0.20          | 0.04         |                                              |
|                       | 計     | 219       | 5.40      | 2.5      | 25        | 0.22          | 0.11         |                                              |
| 未<br>成<br>熟<br>林<br>分 | 11～15 | 35        | 1.00      | 2.9      | 4         | 0.25          | 0.11         |                                              |
|                       | 16～20 | 43        | 2.50      | 5.8      | 10        | 0.25          | 0.23         |                                              |
|                       | 21～25 | 21        | 0.00      | 0.0      | 0         | 0.00          | —            |                                              |
|                       | 26～30 | 21        | 0.00      | 0.0      | 0         | 0.00          | —            |                                              |
|                       | 計     | 120       | 3.50      | 2.9      | 14        | 0.25          | 0.11         |                                              |
| 成<br>熟<br>林<br>分      | 41～45 | 23        | 0.00      | 0.0      | 0         | 0.00          | —            |                                              |
| 天 然 林                 |       | 177       | 0.90      | 0.5      | 2         | 0.45          | 0.01         |                                              |
| 合 計                   |       | 539       | 9.80      | 1.8      | 41        | 0.24          | 0.08         |                                              |

第4表 植生別山崩箇所数（植生別面積のweightをかけたもの）

| 植<br>の<br>状<br>態 | 場 所   |        |     | 計   |
|------------------|-------|--------|-----|-----|
|                  | 中南→敷地 | 敷地→高野山 | 五 村 |     |
| 10年生以上の植生の箇所     | 14    | 29     | 10  | 53  |
| 10年生以下の植生の箇所     | 112   | 56     | 92  | 260 |

本項で検討した結果をまとめてみると

1) 森林は成育して、ウツペイし、老令になるほど山崩に対する抵抗性が大となる傾向がある。

2) ある程度以上の大面積崩壊は林内にも起りうる。すなわち、森林の抵抗に

は限度が認められる。

3) 直接林地を覆う地被植物の存在は崩壊への抵抗性をますのに有効である。

ということになる。

### 3. 森林の山崩防止機能

森林の山崩防止機能として今まで考えられていた因子をあげてみるとつぎの諸因子が数えられる。

1) 林冠は降雨をシャダンし、雨滴の落下速度および量を減殺する。林内植生被覆および落葉は雨滴をシャダンし地表侵蝕を防止する。

2) 根系の Network は傾斜方向の表土の強度を増加する。

3) 根系の杭作用は重力方向の表土の強度を増加する。

逆に山崩を助長する機能としては

1) 森林の腐植および根は表土を多孔質化し滲透を増加する結果、吸水量が大で水分による表土の強度を低下する。

2) 森林はその重量だけ表土にかかる荷重を増し、重心を上昇して、表土をそれだけ不安定にする。

3) 樹幹は地表流を乱し、局部的に集水し表土侵蝕を起すおそれがある。

4) 森林地帯の渓流水は侵蝕力が大であるから（無林地より清水であるから）渓流の縦横侵蝕を増し、山脚を不安定にする。

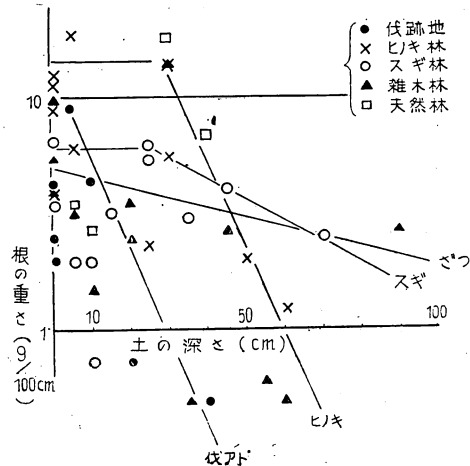
筆者はこれらの森林の機能を想像しつつ今回の調査を行つたのであるが、これらの機能中、防止機能1) は、地表からの侵蝕（雨裂状侵蝕が多いと思われる）を阻止するから、少なくとも小崩壊は森林中にできにくいことになり、2) 3) によつても根系の Network あるいは杭作用はその抵抗力で支えうる範囲のある大いさの表土塊までは崩れないようにすることになるから、前者同様にある規模までの小崩壊には抵抗できることを示している。

また根系の杭作用によつては、根の影響のある、ある範囲内の浅い山崩には抵抗力をますことになるが、深度の大な山崩になるほど、根の影響は少なくなり、抵抗力は急減することになるのである。

すなわち、森林のもつ山崩防止機能はいずれにしてもその大きさに限度をもっていることなのである。そこで森林の山崩阻止作用は根系の分布する土層以下に及ばなくなるので、筆者は根の Network および杭作用の及ぶ範囲を知る目的で、土壌採取円筒（断面 100cm<sup>2</sup> 深さ 4cm）で地表面より深さ別に採土し、その中へはいる樹根の生重量を測定して樹種、林相別の根の深さに対する減少度を調査してみた。測定回数が非常に少なく、この結果を高野国有林の根系の分布の代表値とはできぬが、一応の傾向がうかがえるものと考えて図示したのが第1図である。本図は樹種別に測定した土の深さ別の根の量を図示し、その最大値を直線でむすんだものであるが、この図によると、伐跡地や新植地の根の分布は浅く、表面には多いが、下層に深くは及んでいない。ヒノキ壮令林では表層から 20～30cm の深さまでは多く、その下部では

急に減少し、スギ壮令林では表層の根量はヒノキほど多くはないがかなり下層まで及び、雑木のワイ林では表土にはさほど多くはないが最も深くまで根がはいっていることが認められる。天然林では根が太いので、測定できなかつたが表面より3, 40cm 以下から太い根がかなりの深部まではいっているようであつた。またこれには書かなかつたが、尾根のアカマツ、ツガの天然生林には菌糸網層が表面にあつく出ている、アカマツでは、太い根がその下部から下にかかなり深くまで侵入しているのがみとめられた。

この測定は樹幹と樹幹のほぼ中央部で行つたので樹幹の直下はさらに根の密度も大となり、深度も深いはずである。



第 1 図

この結果で、伐採跡地、スギ、ヒノキ壮令林天然林と順次、根の密度や分布の深さが増しているのは、前掲の第2, 3, 4表の山崩発生の傾向とよく一致しており、森林の山崩阻止機能が根の密度と深さへの分布に関係があることを示しているようである。

雑木林は国有林には例がないので、数的には比較できぬが、民有林ではほぼ同一状態にあるヒノキ林と雑木林がある場合、ヒノキ林に山崩があり雑木林に山崩のない例がしばしば見られた。この実測結果ので雑木林の根系の深いのはこれを裏書しているのであろう。

この実測値は逆に考えると、前記したように根の影響は深さをますほど、樹種いかににかかわらず急激に減少するから土層厚く基岩までの深さの大な個所では根の影響が下部ではほとんどなくなるから、深度の大な山崩には根の抵抗力がなく、森林の影響は著しく減じることを示しているともいえよう。

森林の山崩を助長すると思われる因子中 1) の森林の滲透能増加は、2) の林木の重量増加、重心の上昇とともに山崩を起す危険があることになりそうであるが、滲透の増加の影響も根系の及ぶ範囲以外にはでないと思われ、重量増加、重心の上昇も、川口技官の研究ではさして大なるものでなく、崩壊土層が深くなるほどその影響は土の重量に比して著しく小で、森林の影響のある範囲の山崩に対しては、むしろ、根系による山崩阻止機能の方が大であるように考えられる。事実、今回の調査でもこの種の原因によると思われる山崩は見当らなかつた。

3) の樹幹による地表流の乱れに原因する表土の侵蝕は林内には全く認められず、伐採跡地では伐根の周囲にそれらしい侵蝕の跡が認められたが、山崩の主原因になるほどはなほだしいものではなかつた。

4) は森林の存在により、有林地の表土侵蝕が無林地より少ないとすると、林内溪流への土砂の供給は少なくなり、したがつて林内を流れる溪流では平時より溪流内の侵蝕が大となり、今回のような豪雨時には一層溪流内が著しく侵蝕されるので山脚部の支持力が失われ、溪流沿いの山崩を助長する危険があることになるが、今回の調査でこの点に注意して有林地内の崩壊個所の原因を観察したが、林地内の崩壊にはこの種の山脚、溪流沿いの山崩がかかなり多かつたことはたしかである。

以上、森林の山崩への影響の諸因について検討結果をまとめると、

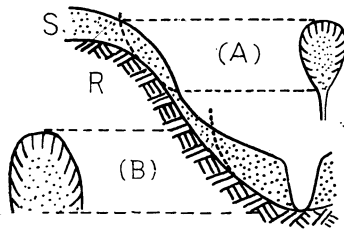
1. 森林の山崩阻止機能には限度があり、根系の及ぶ範囲以上の深度の大きな山崩にはほとんど無力であると思える。
2. 林地の崩壊促進の危険因子中では、山脚の溪流侵蝕が最も危険性のあるもののようである。

#### 4. 山崩の種類

調査個所の山崩の形態、位置、原因を総合して今回起つた山崩の分類を行つてみた。

山頂より山脚にかけての表層土の分布の代表的な形態を考えると第2図の1のようになる。

図に示したS部は表層土であつて、R部は未風化の基岩である。



第2図の1

一般に表層土の堆積は大きく区分して山頂およびその附近に存在する土の生成地点からほとんど移動していないいわゆる残積土と、山脚下部に存在する生成地点から匍行あるいは滑落流下して堆積した崖錐とに2区分できるであろう。そうすると表層の土層の堆積状態は、山頂部の緩斜面の残積土に厚く、山腹を下るにしたがつて傾斜がますます土の移動がはげしくなるので漸次浅くなり中腹以下の山脚部は溪流に近づくほど崖錐となり逆にあつくなるのが普通であろう。もちろんこの傾向は山腹の形状により種々複雑に変化し、また基岩が多様なほど土層の風化深にも変化を生じ、基岩の種類により土と岩との境目の判然としたもの漸变的なもの等も生じるのであるが、一般形を考えると表土層は山腹上部に厚く、中腹でうすく、下部でまた厚くなる分布形態をとるものといえよう。

すなわち、中腹の急斜面において基岩面と表層土表面とは平行でない場合が多いと考えられる。土層が平常の状態を保っている場合は山腹土層は一応安定しているのであるが、もしも今回のような豪雨による浸透水で土湿が飽和し土の強度が著しく弱まり、あるいは基岩面もしくは土の堆積状態の変化点で、停滞した水が著しく多量になり、その上下面の摩擦抵抗が弱まると最も不安定なのは、ようやく安定を保っている山腹上部の残積土であろう。この土層は中腹部急斜地で厚さがうすく、したがって、土層下部の支持力が平常から少ないのであるから一番危険となる。したがって、この山腹上部の残積土に山崩(A)の起る危険が大である。この部分の山崩の一般形は柄を下にしたシャモジ形であつて、山腹の起伏状態によつて時には矩形あるいは半円形になり、下部に崩壊土がくずれ残つてることがあり、発生地点は尾根からある距離下つた所にある場合が多い。崩壊面によくあらわれる特徴としては、シャモジの柄のつけ根にあたる所に基岩が露出していることである。これは、この地点が残積土下部の末端に近く土層がうすく、土層と基岩面の不整合の結果により、下部の支持力のやぶれた点ではないかと思われる。この場合、山腹に道路の切取面、あるいは凹地形があると一層容易に支持力が失われることとなり山腹山崩を助長するから注意すべきであろう。

今回の調査個所で部落民の目撃者の言によると、山腹の山崩では、この土層のうすい部分からまず勢いよく地下水がふん出し、その直後上部に亀裂がはいり、そこへさらに地表水が流れ込んで崩壊が起つたという例がかなり多かつたところからみると、この最も軟弱な部分から地下水が湧出し、基岩との摩擦抵抗が急激に減じる結果起る山崩が多いようである。

この種の山崩を「山腹崩壊」と仮称しておく。

第2に危険なのは崖錐部の山崩(B)で、河道の侵蝕により崖錐部の下部の支持力が失われ崩壊するも

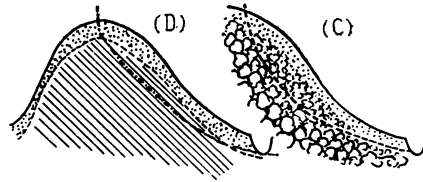
のであつて、河の曲折する個所の外側に起りやすい。

この種の山崩は「溪岸崩壊」といいえよう。この形状は末広がりの半円形ないしは物線形のものが多い。

以上は表層土の堆積状態のみを対象として考えた山崩の種類で、いわゆる「土崩」として一括できるものであるが、崩壊する土層は常に、基岩以上の土層全部とはかぎらない。もしも土層中にはつきりした、不透水性の下層土があるような場合は、滑落するのはその上層の土層のみであることもある。

また山腹凹地で下部が溪流に続くような個所では、溪流の水源のところが凹地の地下水の集中地点となり、この種の「土崩」を一層助長する場合も多い。

つぎに土層下部の基岩が、いろいろな原因で一個の岩塊となつておらず、崩壊の危険を内蔵している場合がある。今回の調査地域内では第2図の2に示したように、一は基岩が深部まで破碎されたり基岩に亀裂の多い場合であり、他は基岩の成層の判然としている場合である。



第2図の2

基岩の深部まで破碎されている場合(C)は滲透水の過じようによる強度低下、あるいは破碎帯と非破碎帯との間の摩擦抵抗の減少により、破碎帯内あるいは破碎帯下面で切れ落ちて起る大崩壊が起る。この場合形状は不齊であつて、一定の傾向は認められず、山頂から山脚まで連続している規模の著しく大きなものが多い。そして、山腹凹部のみならず尾根をふくむ凸部にも起つている。この場合も一度に全崩壊が起るとはかぎらず、下部から何回にかわけて崩れる場合が多い。前記の有田川本流沿いの数箇所の大崩壊は、この川が断層線に沿つているためにできた破碎帯および数度の地震による基岩の亀裂が原因したこの種の地スベリ性の山崩と認めてよいようである。

これを「山拔崩壊」と名付けておこう。

基岩の成層が原因している場合(D)は同様地スベリ性のものであつて、基岩の層面や節理が山腹と同方向の順層である場合、この成層に沿ひ崩れたものであつて、今回の調査地域内では高野国有林 30, 32, 34 林班および高野谷上部に発生したものが顕著な例である。

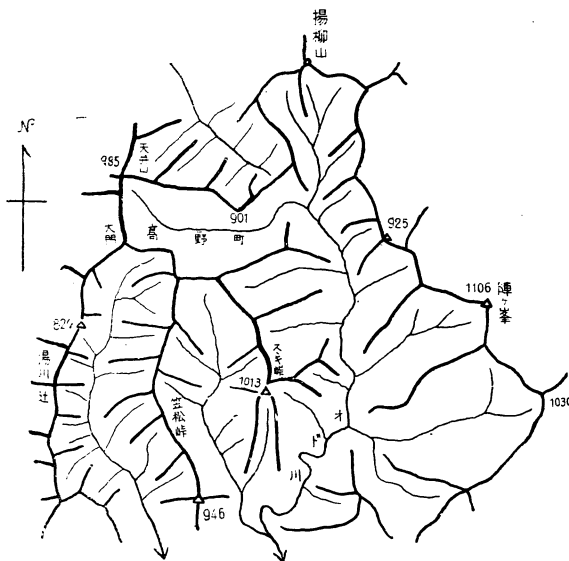
これらの例においては、山腹の傾斜度がむしろ他のものよりゆるやかであつたため、崩壊土の主要部が地スベリ地の下部に、ほぼ原形を残したままとどまつていたのが、前者とことなつており、崩壊の上部が尾根まで達している点、規模の大きな点が前者に類似している。また、この種の地スベリは山腹の凹地形の集水する個所にのみ起つているのも特徴の一つであろう。

これは「地スベリ崩壊」と名付けうるであろう。

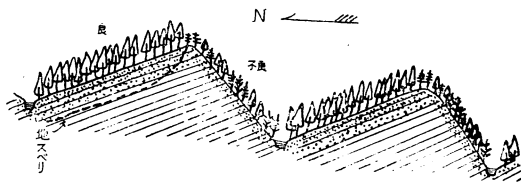
高野山地帯は地層がかなり褶曲しているが、一般的にいうと、北に傾斜した地層をもつようであつて、この「地スベリ崩壊」で気付いた点は、北斜面に山崩の発生が多く、南斜面には少ないことであつた。特にこの傾向の顕著なのは御殿川沿いの国有林24~25林班で、営林署の調査による山崩位置図から拾うと、山崩箇所数は南面9に対し北面23であり、北面の23箇所中には前記の3個の大崩壊を全部ふくんでいるのである。

地図上で調査すると第3図のように、高野国有林の東西に流れる各支流はほとんどすべて、溪谷部の北側に片よつて流れており、山崩の少ない南面傾斜の方が、山崩の多い北斜面より急斜であることを示している。





第 3 図



第 4 図

さらに興味のあることは、南斜面と北斜面とにおいて林木の生育、成立樹種に判然とした差が認められることである。すなわち南面急斜地は、植栽木のスギ、ヒノキともに比較的成長悪く林内にアカマツ、モミ、コウヤマキ等の侵入が多いのが目立つのに反し、北面緩斜地は植栽木の成長が良好で他樹種の侵入がほとんど認められないのである。

すなわち、山崩の多い斜面は順層で、緩斜で、良好な林分をもち、山崩の少ない斜面は逆層で、急斜で、不良な林分をもっていることになる。

高野団地にはこのような地質的な原因から「地スベリ崩壊」が一つの重要な因子としてはいつてきているのであるが、地スベリ崩壊は一般に深度の大きなものが多いのであるから、この地質的な原因を考慮せずに一見すると、森林の有無とは関係なく、むしろ、良好な森林地帯に大崩壊が起つていることになり、山崩れに対する森林の防止効果をうたがうことに

なるであろう。順層面は表土も厚く、緩斜で、水分状態もよいため、林木の生育が良くなるものであろうが、この地層はまた地スベリに対しはなはだ危険なのである。

高野国有林においては、地層の傾斜は保全上のみならず、森林施業上も重要な因子として考慮すべきであろう。

第4図にこの模式図を示しておく。

以上記した山崩のほか、地表面からの豪雨による侵蝕がある。地表面が表層より層状に侵蝕をうけ流亡する形のもの「層状侵蝕」、地表水の集中する凹地に起りやすい「雨裂状侵蝕」、およびこれが明らかに溪流と認められる部分になつてから主として土石流により生じる「溪流荒廃」が、地表水による主な侵蝕であろう。

このうち「雨裂状侵蝕」は上記の「山腹崩壊」の場合に同時に作用して区別つかないようなものが起り、未成林地や伐採跡地の崩壊にもかなりこの原因によるものが多くあらわれている。雨裂の発達したと思われるものには凹地沿いに巾のせまい線状の形をしたものが多い。

ここに記した山崩、侵蝕はすべての場合を網羅したものとは思わないが、今回の調査地域内で認められたものを整理したもので、今後訂正追加する必要があるものである。

ここに再度この分類を記してみるとつぎのごとくなる。

|              |           |            |
|--------------|-----------|------------|
| 透水によるもの——山崩  | 土 崩       | (A) 山腹崩壊   |
|              |           | (B) 溪岸崩壊   |
|              | 地スベリ      | (C) 山拔崩壊   |
|              |           | (D) 地スベリ崩壊 |
| 地表流によるもの——侵蝕 | (A) 層状侵蝕  |            |
|              | (B) 雨裂状侵蝕 |            |
|              | (C) 溪流荒廃  |            |

この分類で森林の影響の最もよく発揮されるのは山腹崩壊および層状、雨裂状侵蝕に対してであつて、前記のように森林が成熟するにしたがつて、小崩壊、侵蝕が減少するのは、このことを物語っているものと思われる。

森林は崩壊に対しては、主として根の Network および抗作用により抵抗し、侵蝕に対しては、主として地被物の侵蝕阻止作用により抵抗するものであろう。

この場合林木による重量増加あるいは重心の転位作用は負に作用するはずであるが、その作用は前記のごとく大きいものとは思われず森林が健全に生育しておれば、樹木の根は樹幹自体を支持するに決して不十分ではなく、また樹木の重心位置も想像したより低い位置にあるようである。

ゆえに山腹中部以上の森林の取扱いには特に慎重を期さねばならないであろう。

今回の調査では、スギ、ヒノキ等の針葉樹の人工造林地より広葉樹やアカマツ林、あるいは天然混交林または樹高の低い薪炭林の方が、この種の山崩あるいは侵蝕に対し抵抗が大なようにみえ、残積土では針葉樹の生育はそう良いとは思われぬので、なしうれば低林やアカマツ林にするか、天然林を維持残存するようにした方が保全上は有利ではないかと思われる。中腹以上でも土壌の良好な個所は、もちろんスギ、ヒノキ等の有用樹種の林分にかえる方が有利であるが、このような場合にはできるだけ健全な林分に育てるため過密におちいらぬよう、ウツペイをむしろ疎にして、単木の發育を充分にはかり、根の発達につとめねばならないし、幼令林で、成林しない間は林地の地被の取扱いに充分注意しなければならない。たとえば植栽を従来の一回床替え二年生の小苗をやめ、できるだけ大苗を植栽し、下刈を粗方に行つても、雑木、雑草にまけぬようにすると、大苗により成林を早め、林地裸出期間を短縮する等も一法であり、植栽本数を増し成林を早めるのも一方法であろう。

中腹以下の崖錐地帯における溪流崩壊には、森林自体の山崩阻止抵抗よりは、溪流の縦横侵蝕による山腹下部の支持力のソウ失の方が有力であるから、溪流の侵蝕防止工がまず行われるべきであろう。この防止工が完全であれば、この地帯は造林地として最も良く、有用な良い林分が造成されるはずである。

なお、有田川流域山腹下部に多いシユロ林は根が浅くかつその深さがほとんど一定しているため、大部分根の層のみがスベつていた。山崩としてはごく浅層なものであるから大したものではないが、自後の生産力に及ぼす影響は大きいから、シユロ林の造成個所の選定には注意が必要である。

地スベリ性の崩壊は主として地質的なもので著しく深部から起るものであるから、これに対しては森林はおそらく全然といつてよいほど無力であろう。

たとえば、われわれの視察した範囲でこれにぞくする山崩の個所数を拾つてみると

- a. 主として成熟林分よりなる個所 9 個所
- b. 裸地、未成林地、採草地、田畑よりなる個所 3 個所

で、個所数は森林の方が多いが、森林としからざる個所とのこの地方における面積比を、高野国有林の面積比と同様に8:2と考えれば、この個所数からは決して森林の方が山崩が多いとは断定できない。むしろ森林はこの種の崩壊に無関係と考えてよからう。

このような規模の大きな地質的な原因による山崩には森林が無効だからといつても、そこに森林を造成してはいけないとはいえない。なぜならば森林がこれを助長しているともいえないからである。ただ今回の下流の洪水による災害に流出土砂とともに多数の丸太、立木、伐根が流出したことが一部原因しており、このため上流の森林の崩壊が問題になり、このような大崩壊地が森林でなければ、災害が少なかったのではないかといわれている点が問題である。

もしも、この流木による災害が防止できぬとすれば、また多少とも森林による滲透水の増加がこの種の山崩に危険だと考えれば、このような危険個所は草生地もしくは、低林、あるいは小径木林にすべきであるが、そう頻繁にこない豪雨にそなえて、これらの林地を山崩の危険のみにそなえて、利用せずにおくのは経済上不得策で、このことだけで森林の有害を論ずるのは妥当性を欠くのではないだろうか。流木が災害を助長する恐れがあるならば、適当な個所に洪水用網場のごとき、流木溜を作るとか、下流に水害防備林等を作り流木をさける施設を行つても森林を造成すべきではないだろうか。

以上、山崩、特に豪雨による山崩に対して森林の阻止能力には限度があり、比較的深度の浅い崩壊、侵蝕には抵抗するが、地スベリ型の深度の大きな崩壊には抵抗できず、ほとんど関係がないことを、山崩の分類を通じて説明したが豪雨時発生のもっと多いのは小規模の山腹崩壊であり、山崩総面積からいってもこの量は決して少ないものではなく、森林はこの点からみて豪雨性山崩防止に或る範囲で有効に作用しているとみるべきであろう。

さらに溪岸崩壊、地スベリ性崩壊に対しても森林の存在を否定するほど重要な関係は見いだせないから河道蝕侵防止工、地下水の排水工等の防止工を行い、さらに流木阻止、貯溜等の工事、防備林の造成を行つても山地は森林化すべきであろう。

この調査地域では、地質的な地スベリ性山崩の起る素因があり、これが今回の豪雨による山崩を増大したのが特徴であるが、これがため森林の山崩阻止機能がうたがわれたのは、はなはだ残念であつた。

## Ⅱ 南山城、伊賀上野附近

### 1. 林 況 概 要

われわれの視察した範囲は木津川右岸の井出玉川、宇治田原の一部、和東川流域、上野市、大河原、島河原北面の丘陵地帯であつたが、高野山の帰路立寄つただけで、くわしい調査を行う余裕はなく、またほとんどすべてが民有林であり、高野山のような良い資料もえられなかつたので、山崩の細部については不明である。

この地域中、和東川右岸より北部の山地は主として古生層に属しているが、それより西の大河原、島河原北部山地は大部分花崗岩地帯で、全地域がいわゆるマツ山であつて、スギ、ヒノキの造林地は溪流沿いにところどころ僅かにあるのみで、高野地方のごとく大面積の造林地はない。アカマツ林は伐採後放置による天然更新が行われ、また古くから開けた地域であるため、長年の無計画な粗放林業の結果、山腹上部はほとんど荒廃移行林とも称せられるようなヤセ地化している。すでにこの地域にはかなり以前より山腹溪流ともに砂防工事が行われており、玉川等の木津川支流の大部分は川口で天井川をなしている。そのうえ

交通至便で奈良、京都、上野等の都会に近いので、戦中戦後の強制伐採が集中して行われ、災害の一番はなはだしかつた大河原、島河原附近には、アカマツ林にも老令なものがなく、大部分が10年生前後の幼令疎林である。

その他この地方の林相で特に気付いたのは、和東川流域の山脚部に茶園が多いこと、支流の天井川の護岸、木津川本流の水害防備林として所々にタケ林があることであつた。

要するに、この地域はマツ山であつて、それも荒廃林に近い若い林分が多く、その点よりみて林地荒廢の危険を多分に藏している地域である。

## 2. 林況と山崩

地質が主として花崗岩よりなるうえに林況も前記のように主としてやせたアカマツ林であるため、この地方は平時よりの表土流亡がはなはだしく、各河川は天井川をなしているくらいであるから、すでに森林の影響を認めるほどの、成熟した森林はほとんど残っていない。

第5表は荒木村より尾根越えをして玉川に下つた時、山崩について面積の大小を無視して、歩道から目視しうる範囲内で、林況別に山崩箇所数を記録したものである。

第5表 荒木村——玉川の山崩箇所数

| 林況<br>区分 | 有 林 地 |                 |      |    | 無 林 地 |           |    | 合 計 |
|----------|-------|-----------------|------|----|-------|-----------|----|-----|
|          | マツ天然林 | スギ、ヒノキ<br>造 林 地 | 広葉樹林 | 計  | 伐跡地   | マツ<br>幼令林 | 計  |     |
| 山崩箇所     | 24    | 17              | 7    | 48 | 56    | 18        | 74 | 122 |
| 同上百分率%   | 20    | 14              | 6    | 40 | 46    | 14        | 60 | 100 |

本表のままで、有林地には山崩の発生が少ないと認められるが、この地帯の、有無林地の面積率を6:4とすると（この地帯は視察地域内では一番林相は良い）両者の山崩発生率は30:70になり、明らかに無林地（幼令林をふくむ）の方が山崩が多いことを示している。

この地帯は大部分高野山同様古生層よりなつているが、比較的褶曲、断層が少なく、大規模の山崩は見当らない。主として、山腹崩壊および表土侵蝕に起因するものが多かつた。溪流沿いにもかなり溪岸崩壊があつたが、川沿いは比較的無林地が少なかつたので、森林の影響を検討することはできなかつた。

溪岸崩壊では、山腹上部のマツ林中より溪流にまで達する山崩で、下部のスギ林内にはいつてから急に崩壊の巾の増したものが一、二箇所見いだされ、マツの方がスギより根系の抵抗が大であると認められるものがあつた。

第6表は和東川流域で第5表同様の調査を行つたものであるが、この流域も前例とほぼ同様の林況であつて、山腹に起つた山崩については、森林面積による加重を行わなくとも、玉川流域とほぼ同様の比率で、森林のある方が山崩は少ないものと認められる。

溪流沿いの山崩については、溪岸に無林地が著しく少ないため比較は困難だが、目げきしたところでは有無林地の差はほとんど認められず、むしろ、地形的に川の屈曲点のような、緩岸侵蝕を受けやすい個所が必ず崩壊しているようであつた。

高野山地帯にしても、この地帯にしても、山腹崩壊、溪岸崩壊、侵蝕等は谷状の凹形地形で水の集まる個所に起つているのが一番多く、逆に凸部がくずれたものは少なく、地元民の話によると山腹崩壊においては崩壊の直前、下部から地下水が急激に噴出するといつており、この点も高野山同様で山腹崩壊の原因

第 6 表 和東川流域の山崩箇所数

| 林況<br>区分 |     | 有 林 地 |            |      |     | 無 林 地        |     |     | 合 計 |
|----------|-----|-------|------------|------|-----|--------------|-----|-----|-----|
|          |     | マツ林   | スギ<br>ヒノキ林 | 広葉樹林 | 小 計 | 伐跡地<br>マツ幼令林 | 茶 畑 | 小 計 |     |
| 山腹       | 個所数 | 18    | 8          | 4    | 30  | 47           | 3   | 50  | 80  |
|          | %   | 22    | 10         | 5    | 37  | 59           | 4   | 63  | 100 |
| 溪流       | 個所数 | 15    | 16         | 8    | 39  | 1            | 1   | 2   | 41  |
|          | %   | 37    | 39         | 19   | 95  | 3            | 2   | 5   | 100 |
| 計        | 個所数 | 33    | 28         | 12   | 69  | 48           | 4   | 52  | 121 |
|          | %   | 27    | 20         | 10   | 57  | 40           | 3   | 43  | 100 |

の一つが滲透水による土層下部の摩擦抵抗の減少にあることを示している。

この地域の中腹以上はほとんどアカマツ山で遠望したところでは引掻いたような小崩壊が多数みとめられたが、これはセキアク化したアカマツ山の表土侵蝕に原因する雨裂が拡大したものではないかと思われる。

和東川上流の洞仙房は花崗岩地帯で、今回の豪雨と 13 号台風により全面的にハゲ山化して、そこから流亡した土砂は 2, 3 カ月もたつた今日でも川水が濁るほどたえず流出していたが、時間の関係で視察できなかったのは残念であつた。

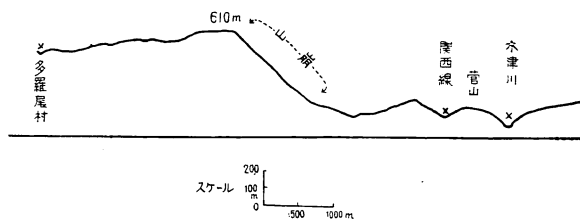
木津川と和東川の合流点より上流の木津川右岸山地はもつとも山崩の多かつた大河原、島河原地区であるが、この地区は上野城趾より遠望したにすぎなかつた。遠望したところでは、この地区の山地は戦時伐採を最もひどく受けたらしく、成林した林分はほとんどなく、ほとんどすべてが灌木状のアカマツの叢林であるので森林の山崩への影響を比較検討する資料もとれなかつた。

土砂の流出量は著しく大で木津川沿岸はこのためひどく水害をうけたのだが、この地域でも主として凹地形の集水する箇所が最も多く崩れている。なお、この地区は地形図あるいは第 5 図に示した縦断面図でもわかるように、木津川にそつて細長く断層帯の急斜地が連続していて、この急斜面にのみ崩壊が集中している。この急斜面の崩壊よりでた土が木津川沿いの緩斜地に堆積して、多くの田畑、家屋を埋没したのであり、地形の急シユンと林地のセキアクが水害を著しく増大したことがわかる。

上野市近傍の三軒茶屋国有林を視察したが、ここの戦時伐採後にできたアカマツの天然生疎林であつて崩壊は凹地形に集中して起つており、民有水田が小谷深くはいつているので、流出土砂による水田被害が大きかつた。国有林では天然更新補助作業として、縦スジ刈を行つてあり、これが山崩侵蝕を助長したともいわれているが、見たところではさほど影響はなく、それより地形的な凹凸の方が影響していると思

れた。

要するに南山城の山崩はこの地域がもともとアカマツを主とするセキアク林地であつたうえに、戦時強制伐採により、大部分が天然生のごく若い疎林分にかわつてしまつたことと、地形、地質の原因が重なつた結果、主として山腹、溪岸崩壊、



第 5 図

表、土侵蝕が起つたものであるが、このような林相の悪い所でも森林の効果は一応認められたのである。

なお前記のようにこの地域はすでにところどころ砂防工事が行われているが、私の見た範囲では山腹砂防工事を行つた個所がさらに崩壊を起しているとみられるものは少なかった。これは一面山腹工事の効果があつたものともみられるが、一度崩壊した所が豪雨によりさらに拡大する被害よりも新生崩壊地発生による被害の方が大きいと考えられ、今回の山崩でも新しくできたものが絶対多数であり、そこから出た土砂、流木が被害を起した主原因になつたと考えられるので、このような豪雨水害に対しては、旧崩壊地の復旧という消極的な砂防工事よりも、新生崩壊発生を未然に防止するような防止作業が考えられねばならないであろう。

これがためには、森林の改善、悪化防止が第一であり、さらに地形、地質的な森林のみでは阻止できぬ山崩に対しては、林地安定のための予防的な諸工事の必要が痛感される。

さらに、これらだけでは山崩、侵蝕を絶対的には防止できぬから、下流の防災用諸工事、水害防備林、遊水林地等が併用せらるべきで、山より下流までの一貫した統一ある施設の立案が必要となるであろう。

木津川本流は八月の不連続線性豪雨より、13号台風の方が水位がはるかに高かつたとのことであるが木津町に近い国有水害防備竹林は両洪水ともによく作用して土砂の流入、堤防の欠壊を防ぎ、13号台風時には旧オグラの池附近の干拓地の低地の土堤が欠壊し遊水地となつた結果、その直後より水位が急激に低下減水したとのことで水害防備施設の有効なことを物語っているものであろう。

## む す び

高野山および有田川上流花園村附近、南山城附近の不連続線性豪雨による山崩を調査視察して、山崩への森林の影響を求めたのであるが、両地区ともに森林はある深度までの崩壊に対しては抵抗性を有することが認められた。

高野国有林においては成林する以前の約 10 年生以下の幼令林は、伐採放置した灌木性の叢林よりむしろ抵抗性が低いようであつた。これは幼令林が年々下刈等の撫育手入れにより放置された伐採跡地より、林地の裸出度が高いためであろう。

樹種、林相では、広葉樹が針葉樹にまさり、天然林が人工林にまさっているようであつた。

森林は山腹崩壊に対して最もよく抵抗し、深度の大きな地スベリ型の崩壊にはほとんど無力なようであつた。また溪岸崩壊に対しても抵抗性少なく、この種の崩壊防止には溪流の侵蝕を防止し山腹下部の支持力を失わぬようにするような工事をする必要がみつめられた。

南山城においては、山崩、侵蝕の主要部分が戦時の強制伐採による伐採跡地に集中して起つており、またこの地域がすでに荒廢地に近いやせ地のアカマツ山であるため、表面侵蝕が顕著で地形的な凹地の集水個所に崩壊が特に多いことが認められた。

大河原、島河原地区に特に水害が大きかつたのは、この地区が地形的に特に断層面の急斜面が木津川に面して連続していたこと、地質が花崗岩であつたことに起因し、そのうえアカマツ天然生林の林相も一番不良であつたのである。

林地の崩壊により、立木、伐根、伐採木が多量流出し、下流の被害を増大したことが、森林の水害への影響として問題になつたが、これは森林の存在を否定するものではなく、むしろ、上流より下流にかけての水害防備施設の一貫性の必要を物語るものであり、これらの流木は、流域の一貫した防備施設により防

除すべきであろう。また今までの砂防施設が荒廃林地，野溪の消極的な復旧にすぎなかったが，今回のごとき豪雨禍をみると，むしろ，荒廃を未然に防ぐような施設が積極的に行われるべきだと思われた。

#### 参 考 文 献

- 1) 近畿地区大学連合水害科学調査団：和歌山県水害報告書（1953）.
- 2) 高野営林署：管内概要（1953）.
- 3) 小出 博：和歌山県下の水害調査（1953）.
- 4) 飯塚 肇：林地の滲透能と斜面の侵蝕（第1報）（1953）.
- 5) 川口武雄：山崩の力学的要素及び数式解法について（1952）.

Tsunahide SHIDEI, and Tokuji KASHIYAMA : Forest Influences upon Landslides.

#### Résumé

1. The serious disasters caused by the Bai-u front heavy rain occurred in Kii and South Yamashiro districts in July 1953.

After this extraordinary flood We visited with other members in November 1953 the Koya-Mountain, HanaZono-Village and Kizu-River basin in these districts to study influences of forests to landslide and erosion.

2. In these districts We observed 4 landslide types and 3 erosion types.

These types are as follows :

- |               |   |                                   |                               |
|---------------|---|-----------------------------------|-------------------------------|
| (1) Landslide | { | Soil slide                        | { (a) Hillside slide          |
|               |   |                                   | { (b) Streamside slide        |
| (2) Erosion   | { | Land creep                        | { (c) Mud and stone avalanche |
|               |   |                                   | { (d) Land creep              |
|               |   |                                   |                               |
|               |   | (a) Sheet erosion                 |                               |
|               |   | (b) Rill or gulley erosion        |                               |
|               |   | (c) Erosion by mud and stone flow |                               |

3. In the case of this heavy rain, that was extraordinary in these districts, it was recognized that forests were effective to protect small scale landslides on the hill side and stream side, as well as all sorts of erosion.

But as the strength of root system of trees to horizontal and vertical directions has a limit, forests could not stand against the deep and wide landslides like land creeps. Land creeps in upper parts of the basin of Arita-River mostly originated in geological faults and the scale of their extension were very large and deep.

4. In the Koya national forest and the forests in South Yamashiro district natural forests with needle and broad-leaved tree species, matured Sugi and Hinoki artificial forests, broad-leaved forests and Pine forests showed strong resistance. Cutover areas, young artificial Sugi and Hinoki stands, inadequately treated Pine forests and Hemp-palm forests were scarcely effective to prevent the landslide and erosion.