

## 4 平成元年伊香川に発生した土石流および流木の発生・流下・堆積特性

建設省土木研究所 ○福澤 誠

水山 高久

石川 芳治

### 1. はじめに

平成元年9月2日から3日にかけて愛知県北東部を中心とした地域で前線性の豪雨が発生した。この豪雨により愛知県北設楽郡豊根村を流れる天竜川水系坂宇場川左小支流流域面積0.9km<sup>2</sup>の伊香川では多量の流木を伴った土石流が発生した。伊香川を流下した流木は中流にあった人家を襲い、死者1名、負傷者1名、家屋半壊1戸の被害を与えた。この災害の最大の特徴は多量の流木の発生、流下とそれらによる人命の被害である。この研究は、災害後の現地調査および空中写真判読により伊香川に発生した土石流および流木の発生・流下・堆積特性について検討したものである。

### 2. 伊香川流域概要と降雨

天竜川水系伊香川は、愛知県の北東部、三河山地（高原）の東端に位置する。三河山地は高原状の山地で、伊香川のある東部の山地は、1,000～1,100mと700～900mの2段の侵食小起伏面が山頂付近に散在して分布する。図-1に伊香川の位置図を示す。

地質は大半が領家変成岩類の変輝緑岩からなる。しかしながら上流域の樽下峠周辺には、領家変成岩類の雲母片岩、黒雲母片岩が、流域下流端には苗木花崗岩がそれぞれ僅かに分布する。

植生は、大半がスギ・ヒノキ林であり、一部に広葉樹林・竹林が分布する。

降雨は9月1日23時に始まり、9月4日3時まで断続的に降り続いた。雨量は伊香川に近い豊根で479mm、災害の発生した9月3日18時までの総雨量は430mmであり、最大1時間雨量は、3日11時に記録された56mm/hであった。

### 3. 被害の概要

土石流の発生源は、伊香川最上流部、標高850m付近に発生した斜面崩壊である。崩壊地から発生した土石流は、伊香川を約1km流下して、砂防ダム堆砂地内で停止した。

流下域の中間地点付近には、河床から高さ約2mの位置に林道橋があったが、鉄筋コンクリート製の床板(長さ3m、幅4m)が土石流によ

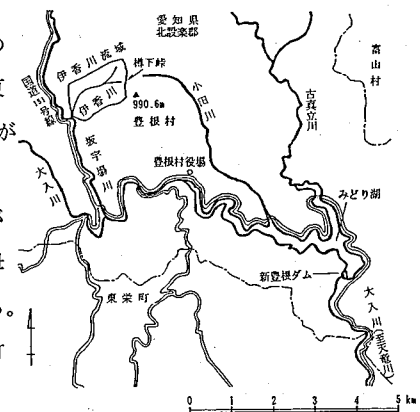


図-1 位置図

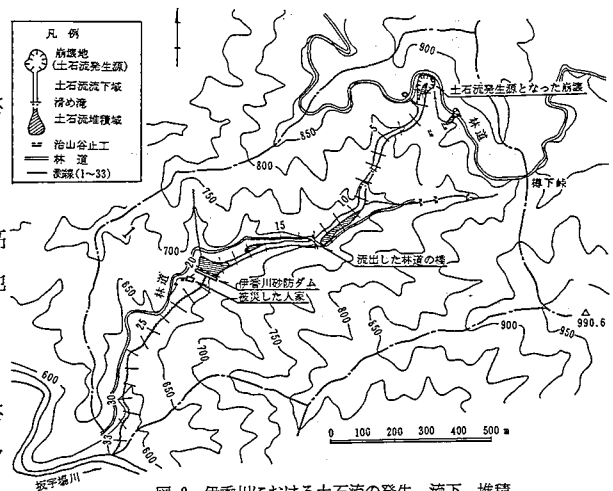


図-2 伊香川における土石流の発生、流下、堆積

り20m程下流の左岸に運ばれている。

土石流に含まれていた大部分の土砂は砂防ダム堆砂地内で停止したが、流木を含んだ流水が砂防ダムを越流し、鉄砲水となって下流へ流下した。砂防ダム下流にあった家屋1戸が流木の衝突により半壊し、家の中にいた4名のうち1名が鉄砲水と一緒に流れてきた流木に衝突されて下流へ流されて死亡した。また他の1名も顔に軽いけがをした。伊香川流域で発生した土石流の発生、流下、堆積の概要を図-2に示す。

#### 4. 土石流の発生源となった崩壊地の特徴

土石流は伊香川上流における斜面の崩壊により発生したものと推定される。崩壊地における崩落土砂の厚さは、現地の観測から林道の盛土が平均約3m、盛土前の斜面堆積物が平均0.5mと推定される。崩壊土砂量は盛土が5,250m<sup>3</sup>、盛土前の斜面堆積物が200m<sup>3</sup>、崩壊残土750m<sup>3</sup>と推定される。滑り面は盛土の中、斜面堆積物中、および一部で基盤の表面付近を通過していると考えられる。

#### 5. 土砂収支および流木収支

##### 5.1 土砂収支

土砂収支の検討に当たっては図-2に示すように溪流沿いに50mごとに測線を設けて、縦横断測量を実施し、得られた横断図に現地調査により土石流による土砂の侵食および堆積範囲を記入した。次に、平均断面法を用いて隣合う測線間における平均侵食断面積および堆積断面積を求め、それらに区間距離を乗じて、それぞれの侵食土量、堆積土量を算出した。なお、崩壊地からの生産土砂量は現地における測量により崩壊地面積を求めて、それに平均崩壊深を乗じて求めた。

作成した土砂収支図を図-3に示す。この図より上流の崩壊地からは約4,700m<sup>3</sup>の土砂が流出し、さらに溪岸、溪床の土砂をまき込んで最大では約7,000m<sup>3</sup>に達した。これらの土砂のうち約2,800m<sup>3</sup>が中間地点（測点No. 9～13）で堆積したが流下土砂の大半（約4,700m<sup>3</sup>）は未満砂であった伊香川砂防ダム（高さ11.5m、長さ62.0m）に堆積し、砂防ダムより下流へ流下した土砂量は約800m<sup>3</sup>とわずかであった。

##### 5.2 流木収支

災害発生前後に撮影した空中写真を用いた判読および現地調査をもとにして図-4に示した林相区分図を作成した。次に代表的な林相ごとに伊香川砂防ダムより上流の溪流沿いの計10地点で樹木のサンプル調査を実施した。樹木サンプル調査では、水平距離で10m×10mの標本地を設定し、その範囲内の

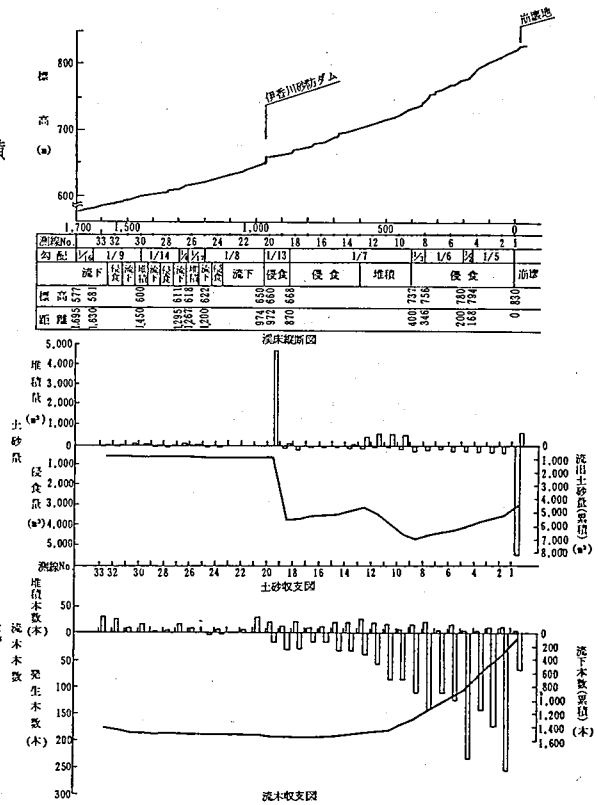


図-3 河床縦断図と土砂収支図及び流木収支図

樹木の樹種、本数、胸高直径、樹高について全数調査を行った。

樹木サンプル調査結果より各林相ごとの立木密度(本/100m<sup>2</sup>)を求め、土石収支の場合と同様に測線ごとに算出した土石流による森林破壊面積を乗じて、溪岸から流出した流木の本数を求めた。さらに現地調査により各測線間毎に堆積していた長さ1m、かつ直径5cm以上の流木の樹種、本数、平均直径、長さ、形態、位置を調査した。このようにして求めた各測線間ごとの流木収支図を図-3に示す。この図より発生した全流木約1,800本の大半は土石流の流下区間である伊香川砂防ダム上流で発生しており、特に崩壊地直下流付近で多いことが分かる。なお上流崩壊地からの流木発生が少ないのは、この斜面の大半が新しい盛土の面であり植林がなされていなかったことによるものである。

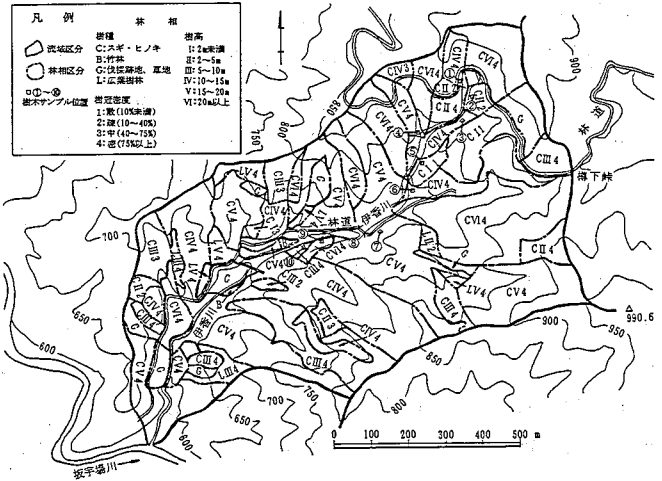


図-4 伊香川流域林相図

支図を図-3に示す。この図より発生した全流木約1,800本の大半は土石流の流下区間である伊香川砂防ダム上流で発生しており、特に崩壊地直下流付近で多いことが分かる。なお上流崩壊地からの流木発生が少ないのは、この斜面の大半が新しい盛土の面であり植林がなされていなかったことによるものである。

流木のうち伊香川砂防ダムで捕捉された流木の本数は約60本と極めて少なく、発生流木の約78%にあたる1,405本の流木が伊香川最下流地点から流出して坂宇場川へ流入した。

また、嶺(1952)による胸高係数表を用いて、各林相ごとの単位面積当りの立木材積を求めて、発生流木の幹材積を算定した。その結果発生流木全体の幹材積は約320m<sup>3</sup>と推定された。

図-3の土石収支図と流木収支図を比較すると次のことが分かる。①土砂は源頭部の崩壊地でその大部分が発生しているが流木は土石流の流下部で多く発生している。②土砂の大半は砂防ダムで捕捉されているが砂防ダムによる流木の捕捉量は少ない。③伊香川の最下流まで達している土砂の割合は小さいが流木の割合は大きい。

## 6. 発生流木と堆積流木の特徴

土石流により流出した流木が下流に運搬され堆積するまでにその形態をどのように変化させたかを、現地で実施した立木調査の結果、および溪流沿いに堆積していた流木の調査結果をもとに検討した。図-5に示すように発生流木の樹高は、全体の約50%が10m以上であるのに対して堆積流木の長さは、全体の約20%のみが

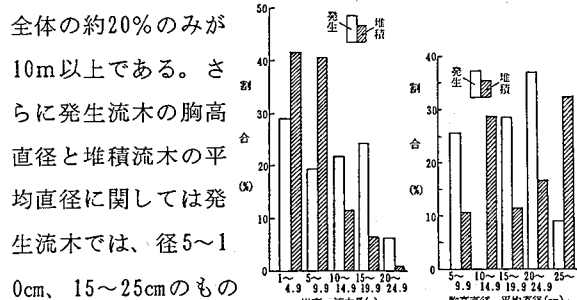


図-5 発生流木と堆積流木の長さ、直径の分布

10m以上である。さらに発生流木の胸高直径と堆積流木の平均直径に関しては発生流木では、径5~10cm、15~25cmのもの

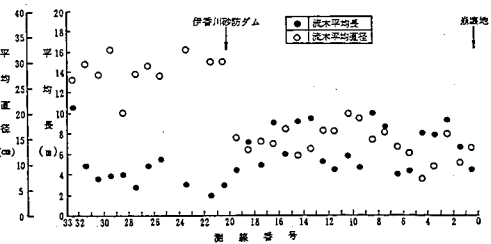


図-6 流木平均長さおよび平均直径の縦断的变化

10~15cmおよび25cm以上のものが多いことが分かる。次に、測線区間毎の堆積流木の平均長と平均直径の分布を図-6に示す。これらの図より堆積流木は下流に行く程長さが短くなり直径が大きくなることが分かる。特にこの傾向は砂防ダムを境に明瞭に現れる。

### 7. 流木の形態

流木には、根や枝葉がついたままのものがある一方、

幹だけのものも多い。図-7には各測線区間毎の流木の形態別の割合を示す。この図より上部では枝葉や根がついている流木の占める割合が大きく、下流に行くに従って枝葉や根が取れて幹だけの流木の占める割合が大きくなる。

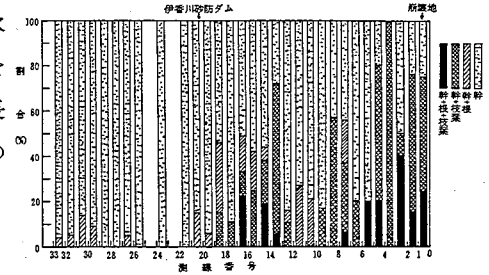


図-7 流木の形態別の割合

### 8. 既往の流木調査結果との比較

伊香川における土砂および流木の発生および流下量を、既往の調査結果<sup>2)</sup>(昭和63年広島災害、昭和62年山形災害、昭和57年長崎災害)と比較した結果、流域面積と発生流木本数(図-8)、生産土砂量と発生流木本数(図-9)、流域面積と発生流木幹材積(図-10)、生産土砂量と発生流木幹材積(図-11)および流域面積と流木流出流率(図-12)の全てについて、これまでの調査結果とほぼ同様の傾向が認められた。このことから今回の流木および土砂の発生、流下量は一般的な土石流による流木および土砂の発生・流下量とほぼ同様であり特異なものではないことが分かる。

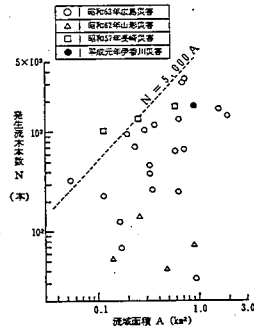


図-8 流域面積と発生流木本数

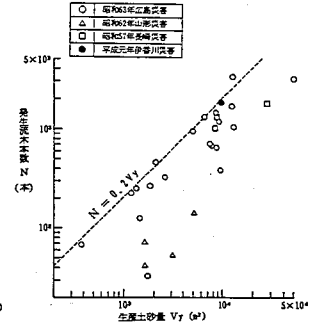


図-9 生産土砂量と発生流木本数

(図-12)の全てについて、これまでの調査結果とほぼ同様の傾向が認められた。このことから今回の流木および土砂の発生、流下量は一般的な土石流による流木および土砂の発生・流下量とほぼ同様であり特異なものではないことが分かる。

### 7. まとめと今後の検討課題

今回の調査により土石流とともに発生する流木の発生・流下・堆積の基本的な特性を明らかにすることができた。また流木の調査、解析方法をほぼ確立できたと考えられる。砂防ダムに

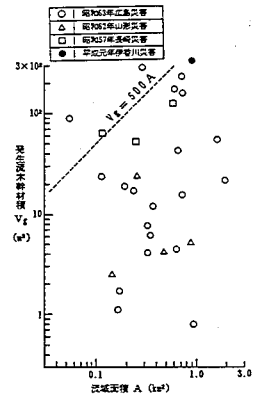


図-10 流域面積と発生流木幹材積

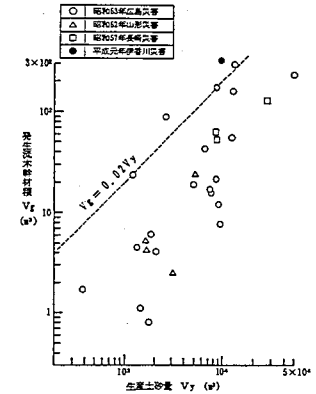


図-11 生産土砂量と発生流木幹材積

による効果に関しては、土砂の捕捉効果が確認されたが流木の捕捉に対する寄与は小さいことが明らかとなった。今後このような被害形態も考慮し、流木止等の流木対策施設の計画、設置を進める必要がある。このため、今後とも効率的な流木対策施設の計画・設計法に関する検討を行う必要がある。

最後に、現地調査及び雨量資料の収集等に当たっては愛知県土木部砂防課および新城土木事務所の皆様方には大変お世話になりました。ここに感謝の意を表します。

参考文献 1) 大隅 真一:森林計測学講義、養賢堂、pp.75~77、1987

2) 水山高久、石川芳治、福澤誠:流木の運動・堆積機構と対策工に関する研究(土木研究所報告投稿中)