

平成 30 年度森林土木セミナー 森林地帯における流木対策

国内の森林の 4 割を占める人工林は、戦後に植林されたものが多く、大半が大径木からなる林となっています。そのために、森林流域において、豪雨や地震により崩壊、土石流が発生して森林が破壊された場合には、土砂とともに、大径かつ長大な流木が流出しやすい現状にあります。したがって、下流の流木災害を防止するために、森林流域において、流木の発生、流下を制御することが重要な課題となっています。

今回は、流木災害、流木対策に造詣の深い方を講師としてお招きして、流木に関する研究・対策の歴史や現状について学ぶとともに、今後の課題について、意見交換を行います。

森林部門技術士会（担当：森林土木部会）

主 催：森林部門技術士会・公益社団法人日本技術士会森林部会

期 日：平成 30 年 6 月 22 日（金）14 時半～17 時

場 所：日林協会館 3 階大会議室（東京都千代田区六番町 7）

JR 四ツ谷駅から徒歩 5 分

http://www.jafta.or.jp/contents/gaiyo_chizu/1_list_detail.html

プログラム：

- | | |
|-----------|-------------|
| 1. 開会 | 14:30 |
| 2. 講演 | 14:35～16:35 |
| 「流木災害と対策」 | |

東京農工大学名誉教授 石川芳治（いしかわ よしはる）

- | | |
|------------|-------------|
| 3. 質疑応答・討議 | 16:35～17:05 |
| 4. 閉会 | 17:05 |

CPD：森林分野 CPD プログラム認定、参加票発行

講師略歴

石川芳治（いしかわ よしはる）

1975 年京都大学農学部林学科卒業。同年建設省入省。

1981 年カナダ、アルバータ大学大学院に 1 年間留学。

1990 年建設省土木研究所砂防部砂防研究室 室長。

1996 年京都府立大学農学部 助教授。

2003 年東京農工大学農学部 助教授、2005 年教授。

2017 年退職後、東亜グラウト工業(株)技術顧問、現在に至る。

学位：農学博士（京都大学、1990 年）

東京農工大学名誉教授。元公益社団法人砂防学会会長。

流木対策をはじめとして、林野庁の各種委員会の委員長を務める。



流木災害と対策

東京農工大学 名誉教授 石川 芳治



流木による閉塞された橋梁（平成29年7月北九州豪雨、福岡県東峰村、大肥川支川宝珠山川）

1. 流木の発生・流下・堆積および災害

1.1 流木の発生原因、場所

1.2 流木の発生量、長さ、直径

1.3 流木に関する実験・実態調査

1.4 流木による災害の発生

- ①熊本県一宮災害、②伊豆大島災害
- ③広島災害、④九州北部災害 等

2. 総合的な流木対策

2.1 ハード対策

- ① 森林整備、② 流木発生抑止
- ③ 流木捕捉工、④ 橋梁改良

2.2 ソフト対策

1.1 流木の発生原因

発生時期	発生原因
新規の発生	①斜面崩壊 ②土石流→斜面からの滑落 ③土石流→溪岸・溪床侵食 ④洪水→河岸・河床侵食
過去の倒木	⑤病虫害、台風等による倒木 ⑥過去に河床に堆積 ⑦雪崩により発生 ⑧火山噴火に伴う倒木

1.1. 流木の発生原因

①②③斜面崩壊・土石流の発生・流下



広島県加計町、1988年7月

広島市安佐北区、2014年8月

1.1. 流木の発生原因

①斜面崩壊に伴う流木の発生例 熊本県一宮町、1990年7月



1.1. 流木の発生原因

②③土石流の発生・流下に伴う溪岸・溪床浸食による流木の発生



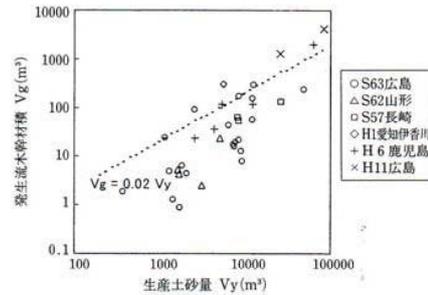
1.1. 流木の発生原因

③土石流の流下に伴う溪岸浸食による流木の発生

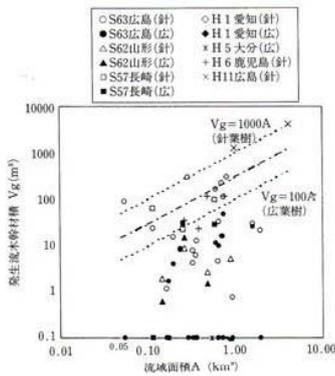


1.2 流木の発生量(幹の材積)と生産土砂量

- 流木は表土の浸食・崩壊に伴って発生するため、表土の流出量と相関がある。
- 流木の幹材積は生産土砂量の約2%である。



1.2 流木の発生量(幹の材積)と流域面積



- 広葉樹林では針葉樹林(人工林)の1/10の発生量である。

1.2 流木の発生量(幹の材積)と土地区分 九州北部災害における流木発生量

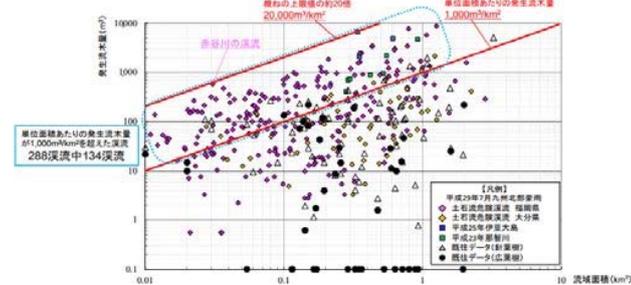
(国土交通省HP,2017による)

区分	流木発生量(m3)	(%)
山林 (山腹崩壊地の林)	133,324	63.4
溪畔林 (土石流の流下区域の林)	58,798	27.9
河畔林 (河川区域内にある林)	12,235	5.8
その他林 (河畔林以外の河川氾濫区域内の林)	6,020	2.9
合計	210,377	100

1.2 流木の発生量(幹の材積)と流域面積

九州北部災害における流域面積と流木発生量 (国土交通省HP,2017による)

過去の災害の約20倍



参考: 針葉樹と広葉樹の単位面積当たりの蓄積比較

資料1-1 国土面積と森林面積の内訳

平成24年3月末、(平成29年度林業白書)

我が国の針葉樹林・広葉樹林の面積

	針葉樹林	広葉樹林
全体	12,679ha	11,075ha
人工林	10,075ha	257ha
天然林	2,587ha	10,818ha

資料2-1 我が国の森林蓄積の推移

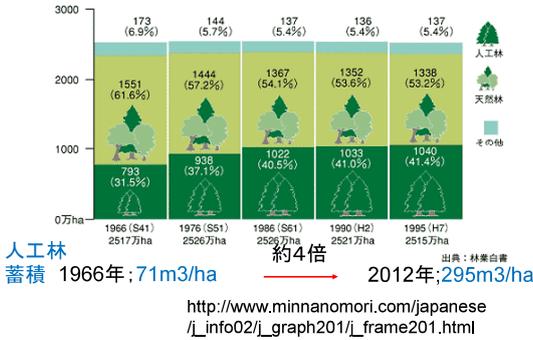
	1ha当たりの蓄積(m3)	比率
人工林	295.4	2.3
天然林	125.8	1.0

人工林(主として針葉樹林)の方が天然林(主として広葉樹)の2倍以上単位面積当たりの蓄積が多い。

崩壊地・侵食地からの流木の生産量は増加する傾向がある。

参考: 日本の森林面積の推移

人工林と天然林の面積は昭和61年以降はほとんど変化していない。単位面積当たりの人工林蓄積は着実に増加している。

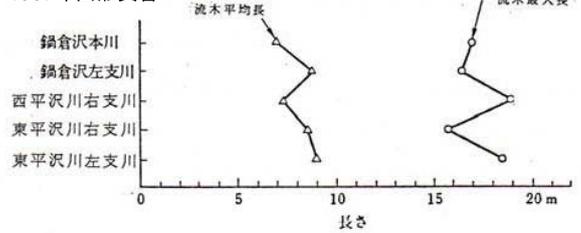


1.2 流木の長さ

- 流木の平均長さは7~8m、最大長は16~19m。
- 流木の長さは溪流の幅に関連している。

立木(流木)は年々生長している。

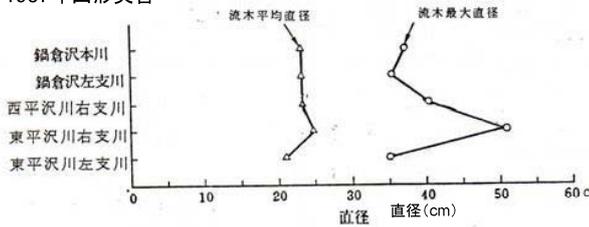
1987年山形災害



1.2 流木の直径

- 流木の平均直径は20~25cm、最大直径は35~60cm(1987年山形災害)。
 - 直径は立木の直径により決まる。
- 立木(流木)は年々生長している

1987年山形災害



1.2 流木発生量の算定

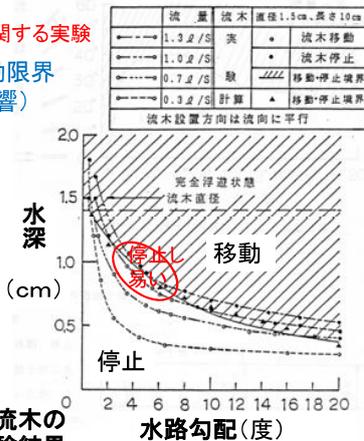


- 流域からの流木発生量はまず空中写真等により、林相図を作成し、崩壊域・浸食域を推定して、その区域に存在する立木の種類・本数を判読する。
- 各林相について現地におけるサンプリング調査等により胸高直径・樹高を測定することにより幹材積を算定する。

1988年広島県加計町災害

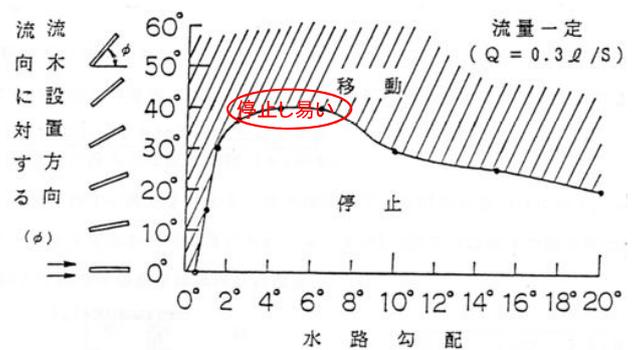
1.3 流木に関する実験

流木の移動限界(勾配の影響)

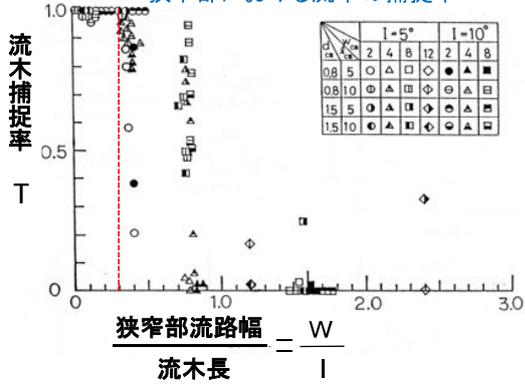


水路床上の流木の移動開始実験結果

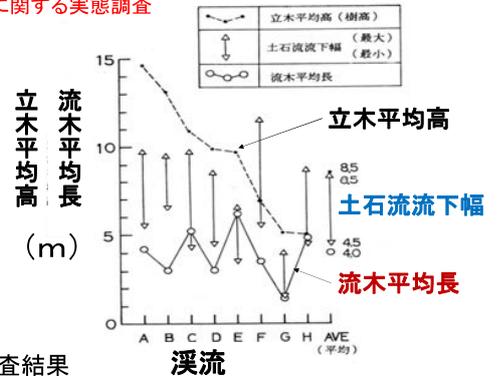
1.3 流木に関する実験 流木の移動限界(設置方向の影響)



1.3 流木に関する実験 狭窄部における流木の捕捉率



1.3 流木に関する実態調査



1.2 流木の流下形態



流木は土石流の先頭部を塊となって流下している。

長野県南木曾町梨子沢における土石流先頭部における流木の流下状況(国土交通省多治見砂防国道事務所HPより、2014)

1.2 流木の堆積形態

広島災害(1999年6月)、荒谷川における流木流出・堆積状況

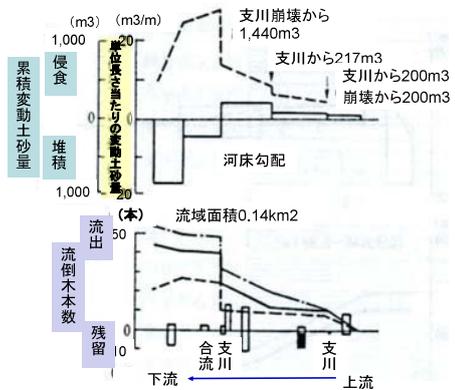


1.2 流木の堆積形態

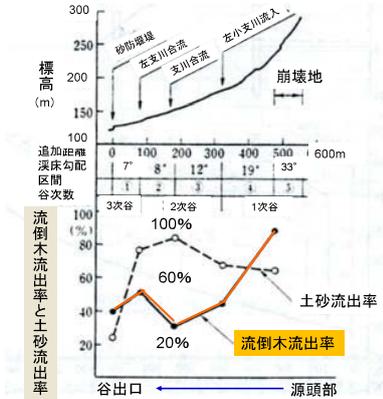
広島災害(1999年6月)、荒谷川における流木流出・堆積状況



1.3 流木の収支例(1987年山形県西平沢川右支川)

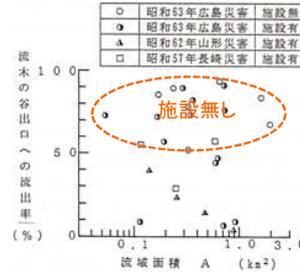


1.3 流木の収支例(1987年山形県西平沢川右支川)



1.3 実態調査 谷出口への流木流出率

- 流域で発生した流木の内、谷の出口まで流出した流木の割合を知ることが対策計画検討の上で重要。



流木流出率はバラツキが大きい。

流木の発生位置(下流、上流)、流木発生量、土石流の規模等により異なる。

施設が有りの方が若干流出率が小さい。

1.3 流木に関する実験

1.2 扇状地における流木の流下と堆積

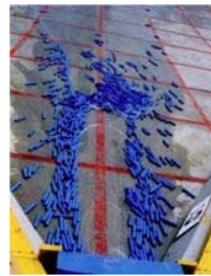
扇状地模型
長さ: 12m
勾配: 0.5~10°
幅: 10.6m



上流部水路
長さ: 14m
水路幅: 20cm
勾配: 12~30°

1.3 流木に関する実験

1.2 扇状地における流木の流下と堆積



流木は下流に堆積し易い

下流

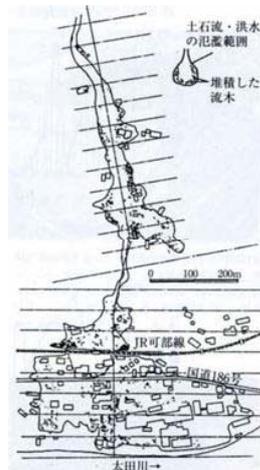
扇頂部



洪水(清水)により運ばれた流木の堆積状況

土石流とともに流下した流木の堆積状況

1.3 実態調査 江河内谷における流木の堆積分布 (1988年広島県加計町災害)

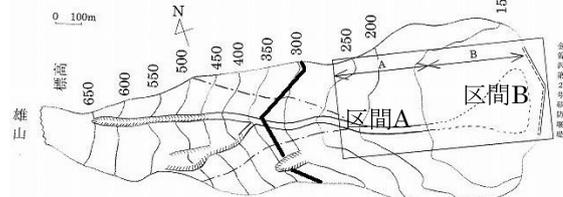


1.3 実態調査

三宅島金曾沢における通常の降雨による流木の流出と堆積



流域面積: 82.6ha



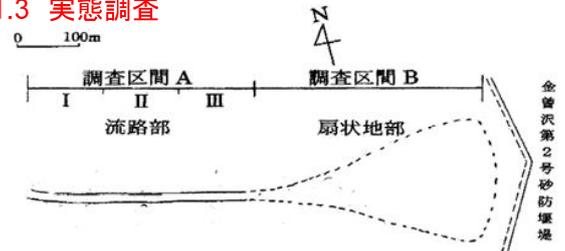
三宅島 金曾沢流域と調査範囲

1.3 実態調査



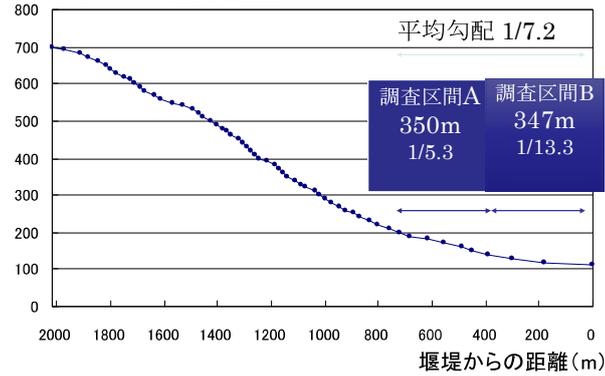
三宅島 金曽沢における流木の堆積状況
2005年調査(2000年6月三宅島雄山が噴火)

1.3 実態調査



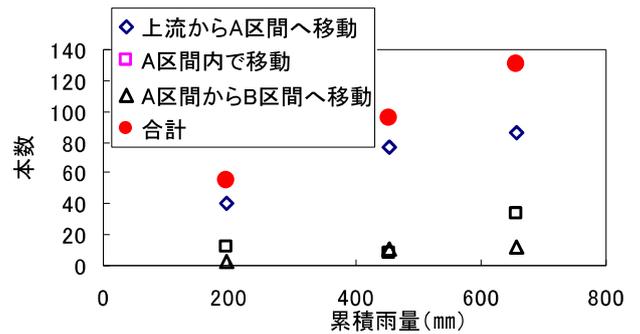
金曽沢の調査区間:A,B
調査期間:2005年6月~11月
期間a:6月19日~7月17日
期間b:7月18日~9月22日
期間c:9月23日11月27日

1.3 実態調査



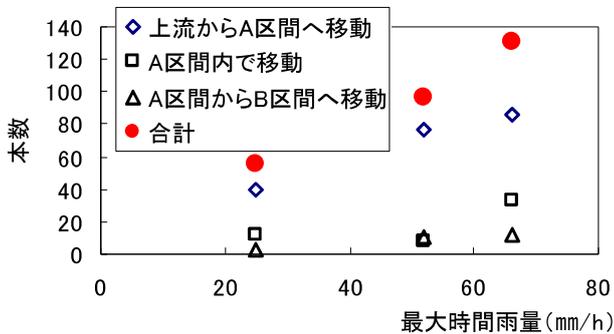
金曽沢の縦断面図、調査区間A,B

1.3 実態調査



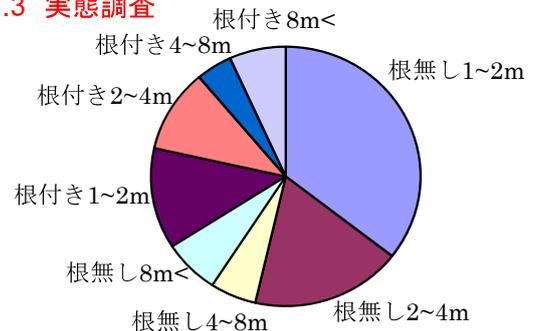
累積雨量と移動した流木本数

1.3 実態調査



最大時間雨量と移動した流木本数

1.3 実態調査

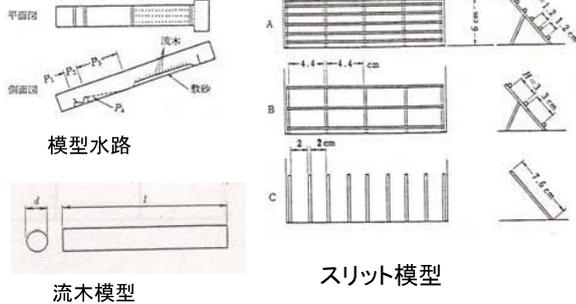


根付き・根無し別の流木本数
(2005年6月~11月), n=434

1.3 流木に関する実験

スリットによる流木の捕捉実験

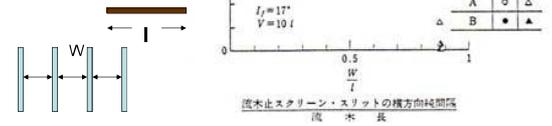
- 水理模型実験



1.3 流木に関する実験

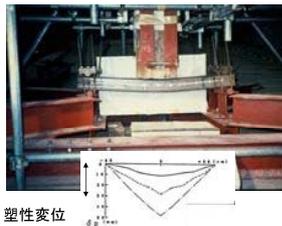
流木の捕捉率(T)はスリットの幅(W)と流木長(I)の比(W/I)により決まる。

- w/lが1/2以下でほとんどの流木はスリットにより捕捉される。



1.3 流木に関する実験

流木の衝突による鋼材の変形実験



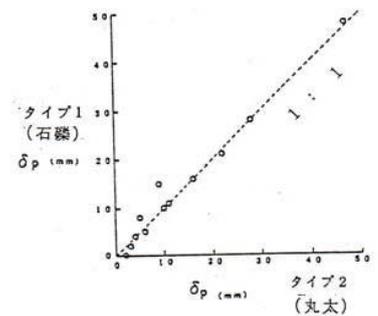
直径30cm、重量45kgfの巨礫の鋼管への衝突実験

直径30cm、長さ1.5m、重量45kgfの丸太のH型鋼への衝突実験

1.3 流木に関する実験

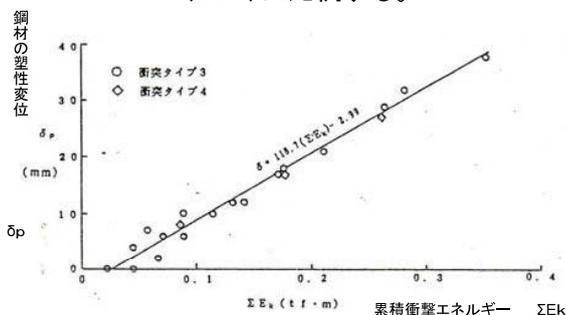
流木(丸太)と石礫の衝撃(力)は等しい

- 丸太と石礫の衝突による鋼材の塑性変位は等しい。
- ただし、丸太と石礫の重量、衝突速度が等しい時



1.3 流木に関する実験

鋼材の塑性変位(δ_p)は累積衝撃エネルギー(ΣEk)に比例する。



1.3 実態調査

まとめ(1)

- 流木の発生は主に溪岸・溪床侵食等による。
- 発生流木量は流域面積に比例する。
- 発生流木量は生産土砂量の2%程度。
- 流木平均長は土石流の流下幅よりもやや小さい。
- 流木の谷の出口への流出率は溪流により異なるが、無施設では70~90%程度が多い。

1.3 実態調査 まとめ(2)

三宅島 金曾沢における流木の流下・堆積特性

- 通常の降雨でも流木が移動(流下)している。
- 通常の降雨で移動する流木は短い。
- 累積雨量、最大時間雨量が大きいほど移動した流木本数は多くなる。
- 根付き流木の本数は根無し流木の本数よりも少ない。

1.3 流木に関する実験 まとめ(3)

- 溪床による流木の移動開始は流木直径、水深、溪床勾配等により影響される。
- 溪床勾配が5° 付近で流木は移動し難い。
- 狭窄部の幅が流木長の1/2~1/3以下になると流木は詰まり易くなる。
- スリットの幅が流木長の1/2~1/3以下になると大部分の流木は捕捉される。
- 流木(丸太)と石礫の衝突による鋼材に対する影響はほぼ同じである。
- 鋼材の塑性変位は累積衝撃エネルギーに比例する。

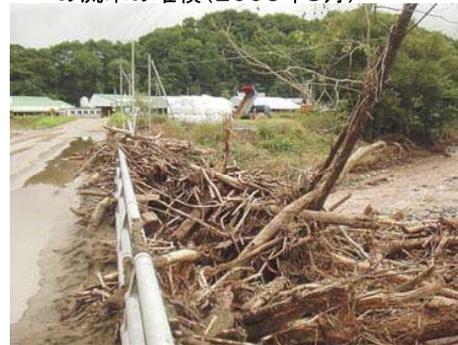
1.4 流木による災害の発生

小橋梁に流木が詰まって土石が流が氾濫
ボックスカルバートに流木が詰まって土石流が氾濫
(熊本県高森町、1988年5月) (京都府和束町、1986年7月)



1.4 流木による災害の発生

北海道日高地方、里平川における橋梁上流への流木の堆積(2003年8月)



1.4 流木による家屋の被害



流木災害の例
(1999年6月広島災害、古野川)

1.4 流木による家屋の被害

広島災害(1999年6月)、荒谷川における流木流出・堆積状況



↓砂防堰堤下流における流木・土砂の堆積



↑右支川における流木・土砂の堆積と家屋の被害

1.4 流木による橋梁の閉塞と流出

- 京都府笠置町、1986年7月
- 右: 西奥橋(17m)
- 下: 布目橋(22m)



1.4 ダム貯水池における流木の集積

- 二風谷ダム(2003年8月、台風10号、沙流川)
- 五十里ダム(2015年9月、関東・東北豪雨、鬼怒川)
- 約5万m³の流木が捕捉された。



<http://damnet.or.jp/cgi-bin/binranB/TPage.cgi?id=40> より

1990年熊本県一宮町災害

- 流木による橋梁の閉塞(熊本県一宮町、古恵川、1990年7月)
- 橋梁の左右岸へ泥流が氾濫した。



左岸へ泥流氾濫 閉塞した国道橋 (長さ10m) 右岸へ泥流氾濫

1990年熊本県一宮町災害 橋梁の閉塞による泥流の氾濫

熊本県一宮町、古恵川、1990年7月



1990年熊本県一宮町災害

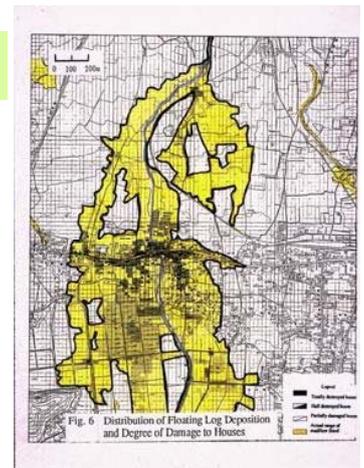
泥流・流木の氾濫による家屋被害 (1990年7月熊本県一宮町)



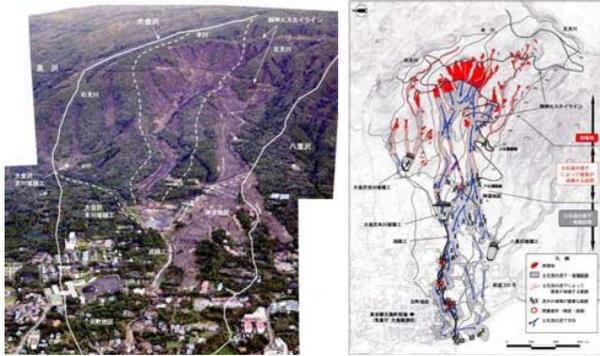
1990年熊本県一宮町災害

泥流・流木の氾濫による家屋の被害

被害: 死者8名、
全壊家屋70棟、
半壊家屋70棟
(熊本県一宮町、
古恵川、1990年7月)



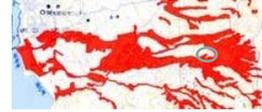
2013年10月台風26号による伊豆大島土砂災害
大金沢における斜面崩壊と土石流流下・氾濫



・撮影：株式会社パスコ／セコム株式会社、砂防学会Vol.66.No.5

2013年10月台風26号による伊豆大島土砂災害
大金沢上流斜面崩壊

斜面崩壊部の表層は火山灰堆積層。
表層崩壊(深さ0.5~1.0m)が発生した。
斜面勾配約25°以上。



流木の発生

2013年10月台風26号による伊豆大島土砂災害
大金沢土石流・流木の氾濫・堆積



上流から撮影



下流から撮影

流木が橋梁を閉塞することにより土石流の氾濫を助長し被害を拡大させた。

2013年10月台風26号による伊豆大島土砂災害
大金沢土石流氾濫・堆積部



下流部で氾濫・堆積した流木と土砂



2013年10月台風26号による伊豆大島土砂災害
砂防施設による減災効果

大金沢とその周辺の溪流には砂防施設(堆積工)が設置されており、上流からの土砂や流木を捕捉、堆積して下流の災害を防止・軽減することに効果を発揮した。



国土地理院撮影

2013年10月台風26号による伊豆大島土砂災害
伊豆大島の長沢、八重沢砂防堰堤では土石流・流木を捕捉し、下流の被害を防止



八重沢砂防堰堤による土石流・流木の捕捉

長沢本川砂防堰堤による土石流の捕捉



2017年7月九州北部豪雨による土砂・流木災害

妙見川における須川第1砂防堰堤における流木の堆積状況

堆積している流木の堆積は約 16,500m³ (空隙を含む体積)



今後の流木対策の進め方

流木による被害を減少させるため、砂防事業として以下の流木対策を強力に推進

新設砂防堰堤	既設砂防堰堤
<ul style="list-style-type: none"> ○ 流木等を確実に捕捉するために、透過構造を有する施設(例えば、透過型砂防堰堤、流木捕捉工)を原則設置する改訂を行った(平成28年4月)。 ○ 透過構造を有する施設の設置を徹底する。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 流木の捕捉効果を高めるための改良を行う。 ○ 特に多量の流木の流出が想定される流域など下流への被害の拡大が懸念される流域において、既設堰堤の有効活用を積極的に進める。

透過型砂防堰堤

改訂前

流木捕捉工

透過型砂防堰堤への改良後

(国土交通省HP、2017より)

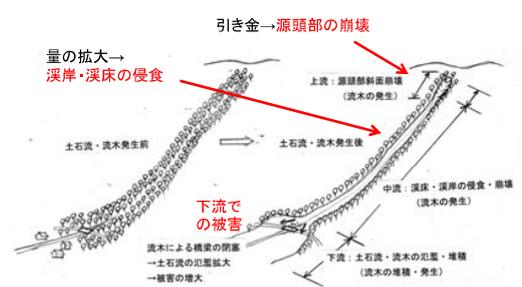
林野庁「流木災害等に対する治山対策検討チーム」中間とりまとめ(林野庁HPより)



土石流・流木の発生・拡大の原因

斜面崩壊に伴う土砂・流木の発生

引き金→源頭部の崩壊

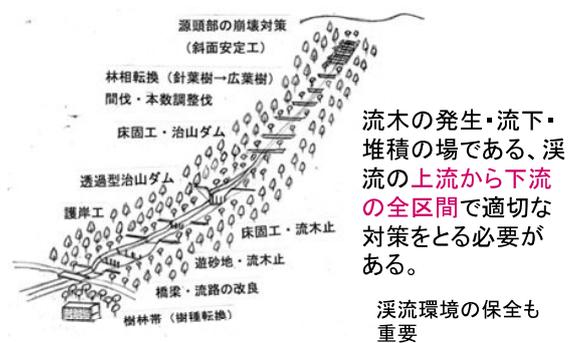


2. 流木災害を軽減するための対策

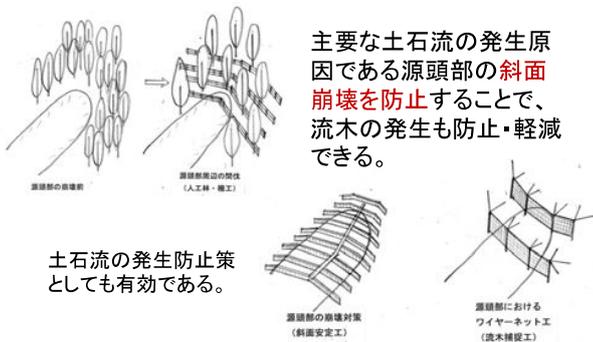
流木(ハード)対策の種類

- ① 森林整備：間伐、本数調整伐、林相転換
樹林帯(下流)
- ② 流木発生抑止工：
 - 上流：斜面安定工、土留工、柵工
 - 中流・下流：護岸工、床固工、治山ダム
- ③ 流木捕捉工：
 - 上流：柵工、ワイヤーネット工
 - 中流・下流：透過型治山ダム、流木止工
- ④ 橋梁の改良：断面の増大、流出し易い橋桁

①～④ 溪流における流木対策の概念図



①,② 溪流の上流部(源頭部)における流木対策の例

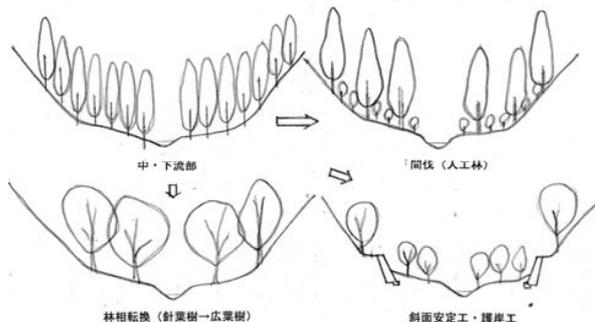


主要な土石流の発生原因である源頭部の斜面崩壊を防止することで、流木の発生も防止・軽減できる。

土石流の発生防止策としても有効である。

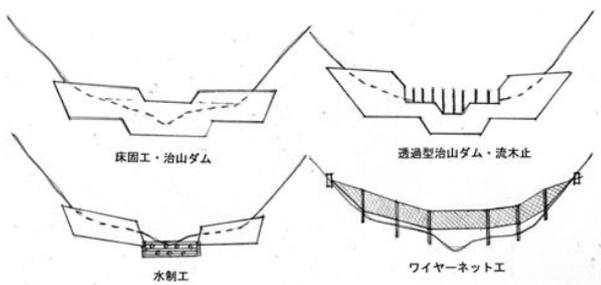
②,③ 溪流の中・下流部における流木対策の例

森林整備による方法: 流木量を減らし、流されにくい森林を育てる。良好な溪畔林・溪流生態系を保全する。



②,③ 溪流の中・下流部における流木対策の例

施設による方法: 流木発生抑止工、流木捕捉工、土石流対策との併用、溪流環境の保全



流木災害対策: ①森林の整備 2017年九州北部災害



←↑流路沿の森林の林相転換(針葉樹→広葉樹)



→流路内の大きな立木の除去

ハード対策施設の配置: ②,③ 0次谷・1次谷における流木・流下の捕捉と拡大抑制

0次谷、1次谷に流木対策施設を設置することによる土砂・流木の捕捉と土石流・流木の増大の抑制

0次谷・1次谷における対策のメリット
①小規模の施設で土石流・流木対策ができる。
②土石流・流木の発生を抑制できる。

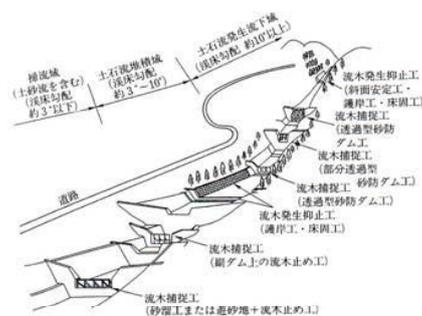
0次谷斜面崩壊

流木捕捉施設



83

②,③ 流木対策施設の種類



発生抑制工:

- 山腹工
- 護岸工
- 床固工

捕捉工:

- 透過型堰堤
- 流木止め

③流木対策施設(透過型堰堤)による
③流木の捕捉



大分県、熊戸川、1992年

③流木止工による流木の捕捉例、
福岡県浮羽町持木川 (1995年5月撮影)



③鋼製透過型堰堤による流木の捕捉例、
福岡県田主丸町冷水川 (1995年5月撮影)



③鋼製透過型堰堤への流木の堆積、
機能回復のためには流木の除去が必要



維持管理



石川県手取川、
1988～1994年の間に
中小洪水で流木が堆積

③広島災害(1999年6月)、荒谷川における部
分透過型堰堤による流木の捕捉



↑砂防堰堤による
流木・土砂の捕捉



↓砂防堰堤(部分透
過型)による流木の
捕捉

③コンクリートスリット堰堤による流木の捕捉とそ
の後の緊急対策(2017年、長野県飯山市)

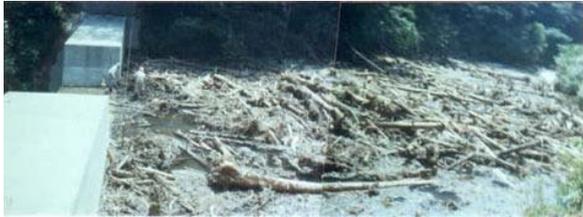
土石流・流
木流下防止
緊急対策工
(強靱ワイ
ヤーネット
工)



桑名川砂防堰堤
副堰堤への設置事例

平成29年5月19日に融雪により地すべりから多量の流木を
含んだ土石流が発生した。

③不透過型堰堤における流木捕捉例



• 広島県加計町
江河内東谷、1988年7月
流木除去中

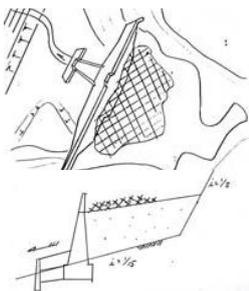
③2017年九州北部災害における妙見川の須川第一砂防堰堤による流木の捕捉



流木捕捉状況 (堆砂地) → 流木除去後 (堆砂地) 土砂は未満砂であった。

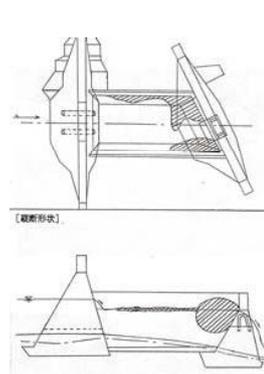


③不透過型堰堤における流木捕捉例



• 鹿児島県垂水市
二川川、1993年9月
流木・土砂除去後

③透過型副堰堤における流木捕捉例



高知県、吉野川上流、1993年、工事中

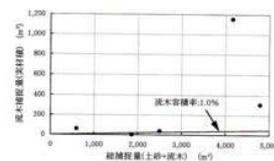
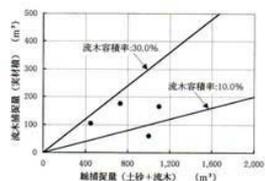
③透過型、不透過型堰堤の流木捕捉率

実態調査結果(1998年)では全捕捉量に占める割合

透過型堰堤では10~30%
(流木対策指針(案)で30%以下)

不透過型堰堤ではバラツキが大きい。

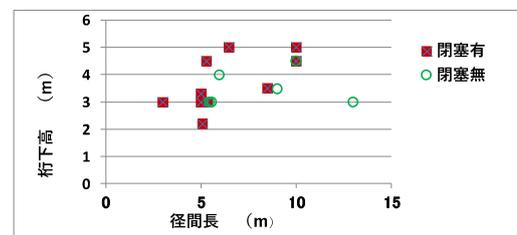
(流木対策指針(案)では通常2%)



④橋梁の構造の改良

災害事例における流木による橋梁の閉塞条件

- ①径間長が13m未満の橋梁は流木により閉塞され易い。
- ②同一の溪流では上流の橋梁ほど閉塞され易い。



流木による橋梁の閉塞の有無と桁下高および径間長

④流木対策用 水平移動型橋梁の例 Trachtbach, スイス



橋梁概要
 長さ:8.5m、幅:9m
 クリアランス:
 平常時:1.8m
 移動時:4.5m
 移動距離:22m
 平常時の流積:
 10m²
 移動時の流積:
 24m²
 移動担当機関:消防
 移動パワー:人力
 チェーンとギア
 で動かす。
 移動作業時間:
 約1時間(土石流の
 力でも移動可能)

出典:National Platform on
 Natural Hazards Information in
 Switzerland:PLANAT

④橋梁の構造の改良;流木対策用 上昇型橋梁 Valais, スイス



橋梁概要
 重量:152tf
 2.8m上昇

出典:National Platform on
 Natural Hazards Information in
 Switzerland:PLANAT

2.2. ソフト対策

(1) 流木による影響を考慮した土石流、洪水の
 ハザードマップの作成 ←流木による橋梁の閉
 塞箇所調査が必要

(2) 流木発生・流量および対策施設の効果の
 評価法の確立 ←災害の実態調査の高度化が必
 要

(3) 流木による橋梁の閉塞を検知して通報する
 システムを整備する。

(1)1990年7月に熊本県一の宮町
 で発生した土石流・流木災害
 土石流氾濫シミュレーション計算
 により土石流および流木の流下・
 氾濫範囲を推定(図-2,3,4)。



写真-1 古慮川における流木による
 橋梁の閉塞に伴う土石流・流木
 の氾濫・堆積状況



写真-2 流木の堆積状況

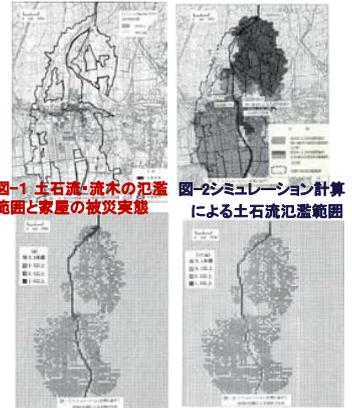


図-1 土石流・流木の氾濫
 範囲と家屋の被災突数

図-2シミュレーション計算
 による土石流氾濫範囲

図-3シミュレーション計算
 による土石流流動深の分布による土石流の流体力の分布

(1)2013年10月伊豆大島、大金沢における土石流、流木災害

流木により橋梁が閉塞した場合の土
 石流の氾濫方向の特徴

- ①左右岸で地盤の高さが異なる場合
 には低い岸の側に流下・氾濫する。
- ②左右岸で地盤の高さがほぼ同じで
 ある場合には、湾曲部では外湾側に
 流下・氾濫する(直進する)。
- ③左右岸にある建物の配置が粗で強
 度が低い方に流下・氾濫する。
- ④左右岸の高さが同じで建物の配置
 も同様である場合には両岸に氾濫す
 る。

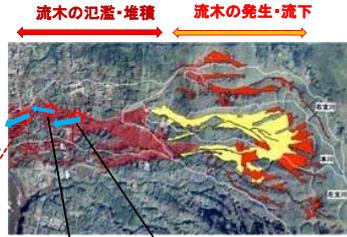


写真-2-16 元町地区の被害状況
 (流木によって閉塞した3つの橋梁)
 (撮影:株式会社バスコムシステム株式会社、撮影日:)



写真-2-15 元町地区の被害状況
 (多数の流木が氾濫堆積して被害が拡大)
 (撮影:株式会社バスコムシステム株式会社、撮影日:)



写真-2-14 つばき宇初海岸の橋梁の流木閉塞状
 況
 (撮影:株式会社バスコムシステム株式会社、撮影日:)

まとめ(4)

- ・ 流木の発生原因、発生形態は多様であり、災
 害の形態も多様である。
- ・ 最近、流木による災害が顕著になってきてお
 り、総合的に流木対策を進める必要がある。
- ・ 流木災害を防止するためには事前の対策が
 重要である。
- ・ 流木災害発生した後は、二次災害を防止す
 るための緊急対策も重要である。

まとめ(5):総合的な流木対策

- 溪流の上～下流:森林の整備
 - 流路内の大きな立木の伐採
 - 溪流沿い森林の林相転換
(針葉樹林→広葉樹林)
- 透過型堰堤による流木の捕捉
- 流木が詰まり難い橋梁(流路)への改良
- 流木による橋梁の閉塞を考慮した土石流・洪水のハザードマップの作成・公表
- 堆積・橋梁に詰まった流木の除去機械
- 流木の処理技術(再利用等)の向上

今後の調査・研究課題

- ① 流木の溪流・河道における移動・堆積機構、特に集団(塊)としての流木の運動機構
- ② 流木の谷出口への流出率の算定手法
- ③ 不透過型堰堤による流木の捕捉率の算定手法(捕捉率を左右する条件)
- ④ 透過型堰堤による流木の捕捉率の算定手法(捕捉率を左右する条件)
- ⑤ 流木災害の発生機構、特に橋梁における流木の閉塞機構
- ⑥ 流木の衝突による家屋、堰堤の被害度推定法(流木の衝突による衝撃力の算定)