

# 流木流出の一連の過程に基づく、 流木流出統合物理モデルの構築

2016年東北・北海道豪雨  
岩手県小本川での調査

東北大学大学院工学研究科 小森 大輔

2022/12/02 令和4年度河川情報シンポジウム 研究助成講演

## 災害事例 ～近年における全国の流木被害～

2



東北大学  
TOHOKU UNIVERSITY

近年における全国の流木被害

広島県広島市安佐北区  
2018年7月西日本豪雨



<http://www.bo-sai.co.jp/>

沙流川・厚別川流域  
2003年台風10号



<http://www.mlit.go.jp/>

福岡県寺内ダム  
2017年九州北部豪雨  
貯水池への大量の流木流入



<http://mizu.bosai.go.jp/>

流木被害を想定した  
流域管理が必要

各流域の  
流木流出特性の把握

長野県裾花ダム  
洪水吐ゲートの障害



<http://www.mlit.go.jp/>

岩手県岩泉町  
2016年台風10号



# 流木が流域内で果たす役割

3



東北大学  
TOHOKU UNIVERSITY

## 正の側面

- ・淵瀬の形成
- ・流下する有機物の捕捉
- ・分解に伴う有機物の生産



<https://iyashi.midb.jp/>

## 負の側面

- ・土石流に混じり建造物を破壊
- ・ダム取水障害
- ・船舶の運航障害



<http://www.bo-sai.co.jp/>

➡ 流木は様々な分野と複雑に関係

# 研究背景

4



東北大学  
TOHOKU UNIVERSITY

## ◆ 主な流木の発生源 芳賀ら(2006)

- ✓ 河岸侵食
- ✓ 森林施業
- ✓ 枯死
- ✓ 斜面崩壊
- ✓ 風倒

生物的・物理的・人為的要因

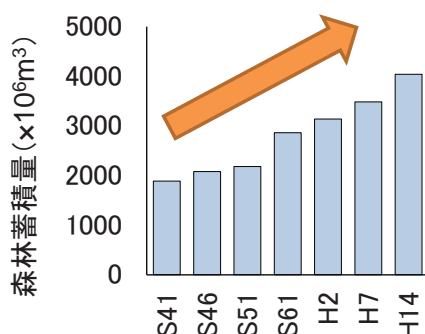
複合的に作用  
流木が発生

## ◆ 日本の森林の現状 今井(2006)

- ◆ 森林資源量は安定 & 森林蓄積量は増加
- ◆ 林業の衰退等から森林の荒廃が進行

## ◆ 地球温暖化に伴う大雨の激化

- ◆ 土石流の発生に伴う流木流出が災害を拡大



今後、流木が発生しやすくなる？

- ◆ 流木の発生
- ◆ 森林内における流木の堆積・再移動
- ◆ 河川からの流木の流出

という一連のプロセスを通じた理解が重要

# 研究目的

## ◆ 既往研究

### ◆ 発生要因・流出過程に関する研究

例: Montgomery and Buffington (1993), West et al. (2011), Ruiz-Villanueva et al. (2014a), Thapthai and Komori et al. (2018), Scheip and Wegmann (2021)

### ◆ 生態系に与える影響の研究

例: Prescott et al. (2002), Yan et al. (2006), Seo et al. (2008)

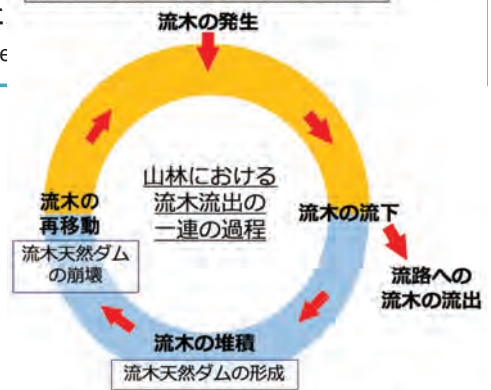
### ◆ 流木の堆積に関する研究

例: 清水 (2009), Seo et al. (2012),

### ◆ 台風や豪雨により発生した

例: Murakami et al. (2008), Steeb e

枯死・風倒, 河岸侵食, 斜面崩壊, 土石流,  
森林施業など生物的・物理的・人為的要因



(Ruiz-Villanueva, 2016)

✓ 流木天然ダムの量的変化を調査し、森林内における流木の堆積・再移動をモデル化する研究はない

➢ 堆積流木の今後の流出が懸念されることから、流木の堆積・再移動に関する研究は重要

✓ 通常時の発生流木量に関する研究が少ない

## ➢ 流木流出の一連のプロセスのモデル化

◆ 現地調査を実施し、流木流出メカニズムを明らかにする

◆ 北上川水系および筑後川水系を対象に、モデルを構築する

# 流木流出実態の 現地調査

1) 合田明弘, 小森大輔, 横山光, 山本道, 森田陽, 板倉健太, 山田正  
肘川流域の山地溪流における流木の堆積特性に関する研究.  
河川技術論文集, 26, 2020, 557-562.

2) Sartsin PHAKDIMEK, Masashi NAKAMURA, Yuta ABE and Daisuke KOMORI  
The Influence of Spatial Variation Soil Thickness and Rainfall on Shallow  
Landslide Triggering Patterns  
土木学会論文集G(環境), 印刷中.

# 対象地域

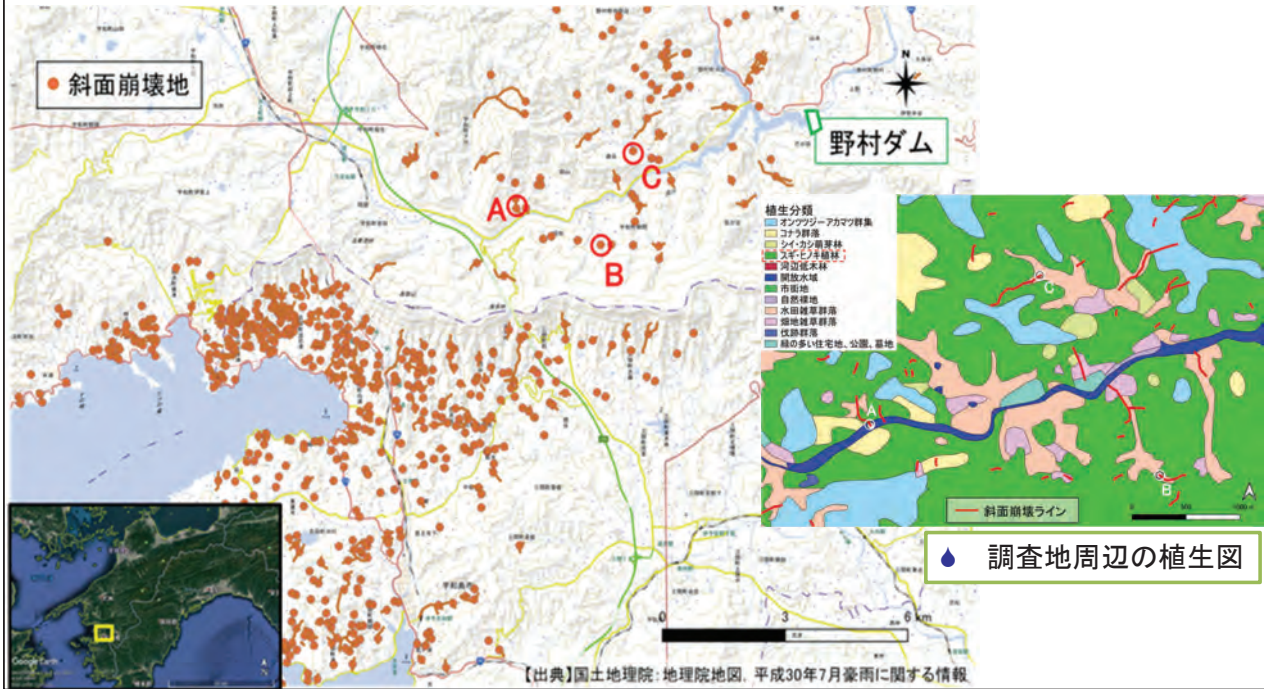
2018年西日本豪雨にて斜面崩壊や土石流に伴う大量の流木流出が見られた愛媛県西予市を流れる肱川に流入する山地溪流

7



東北大学  
TOHOKU UNIVERSITY

- ◆ 砂防堰堤や道路などの人為改変が行われていない地点を選定し、調査を実施
  - ※ 調査地点とその上流域の植生は概ね、スギ・ヒノキ植林地.
  - ※ チャートや砂岩が主となる秩父帯である. 土質は礫質砂.



# 調査項目

8



東北大学  
TOHOKU UNIVERSITY

- 次の出水で流出する可能性のある流木と立木にマーキング
- 流木ダムの形成位置 (GPSを使用)
- 立・倒木の樹齢、胸高の計測
- 流木ダムの体積 (H, W, D)
- 立木の高さの計測



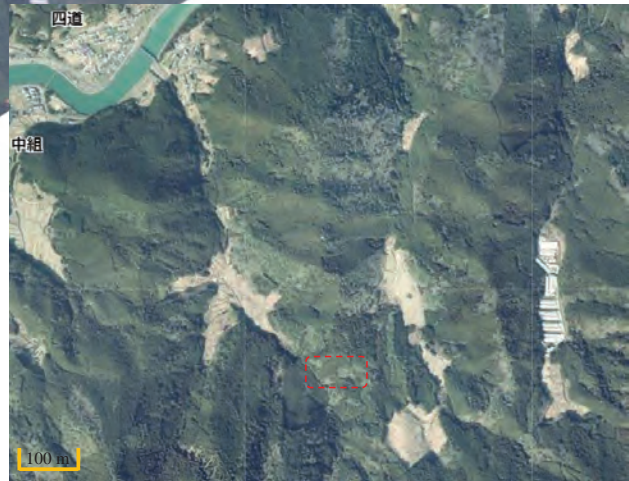
# 調査地点B



被災後写真  
2018年7月11日撮影

【出典】国土地理院

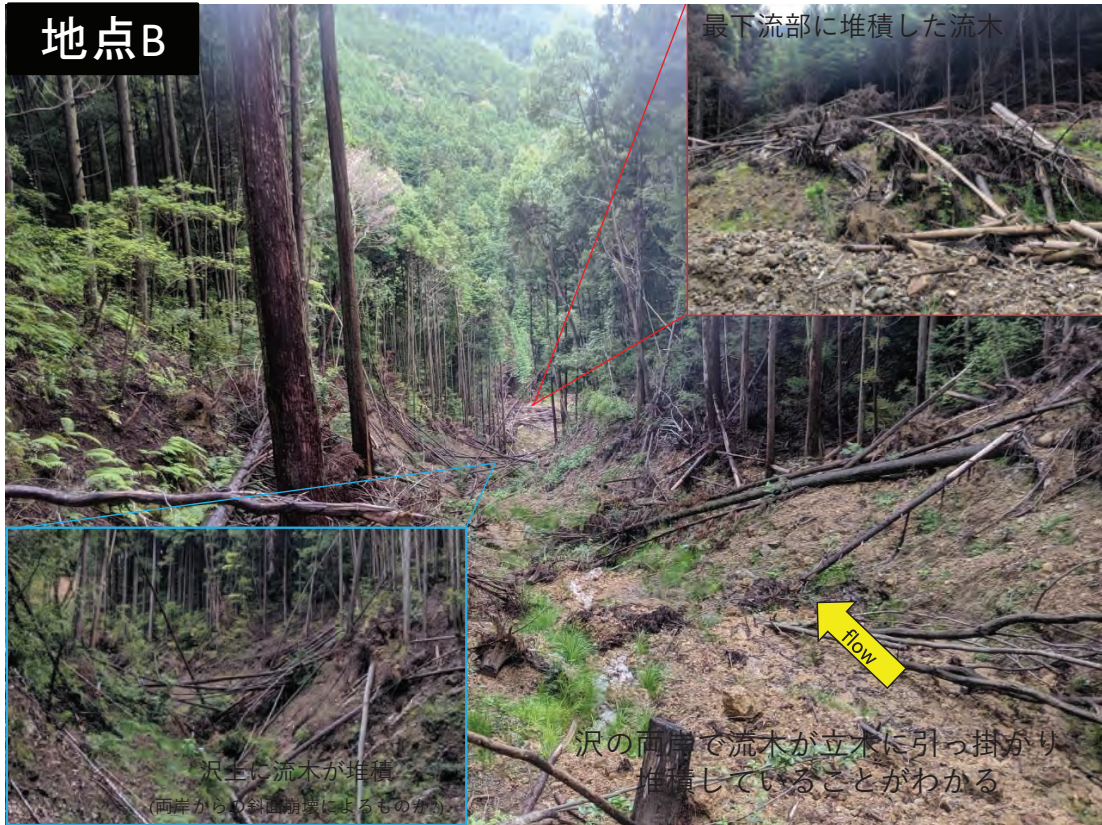
被災前写真  
2009年4月撮影



# 調査地点B

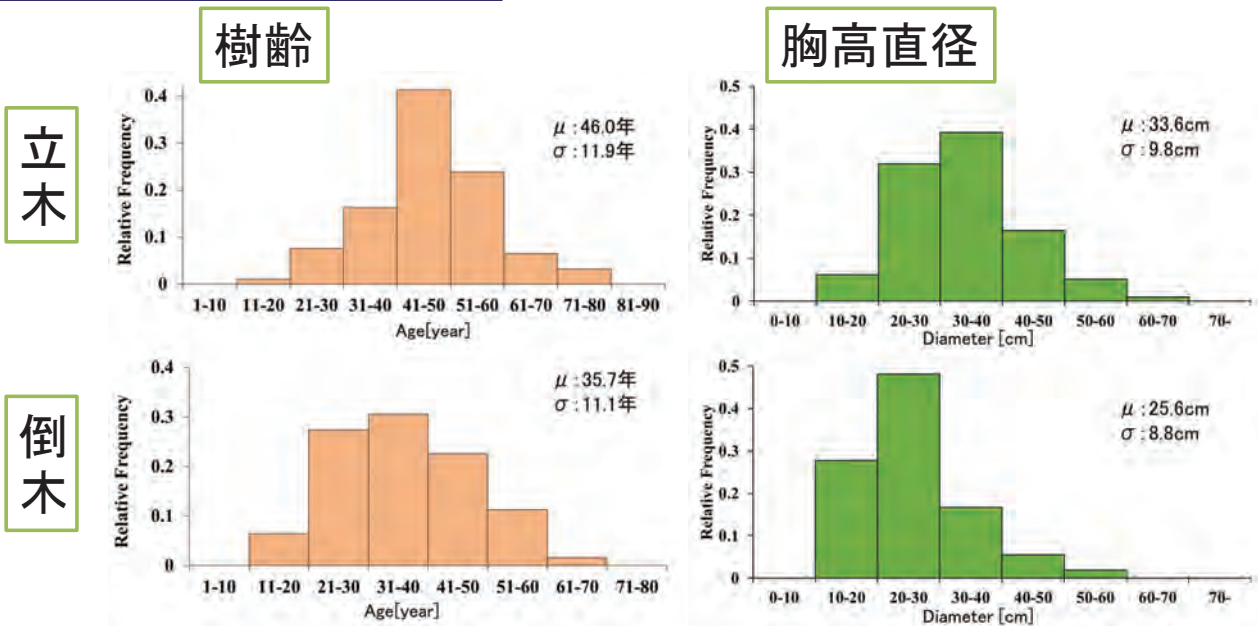


地点B



## 樹齢・胸高直径

サンプル：  
立木91本（内、針葉樹85本）、  
倒木63本（内、針葉樹52本）の計154本

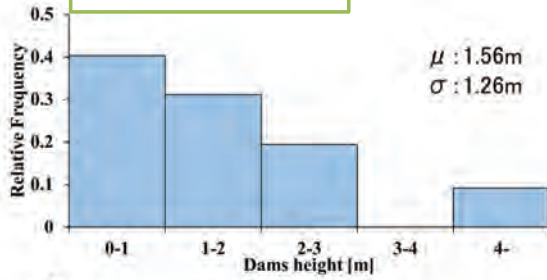


- ◆ 倒木は立木よりも平均樹齢で約10歳若く、平均胸高直径で8 cm小さかった。
  - ※ 岩手県小本川周辺における調査と同様な結果
  - ※ 樹齢が若く、胸高直径が小さい個体は流出しやすく流木天然ダムの形成に寄与することが示唆された。

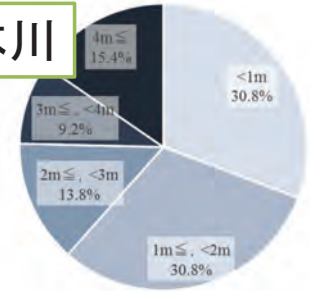
# 流木天然ダムのおおきさ

高さ

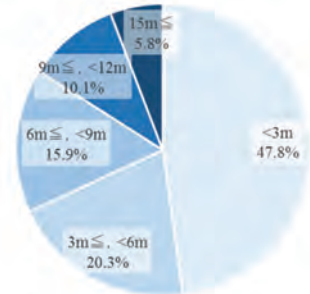
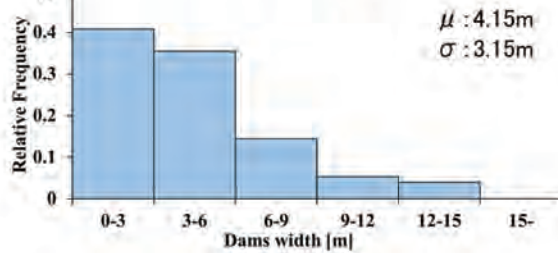
## 愛媛県肱川



## 岩手県小本川



幅



◆ 約30%が2 mを超える大規模な流木天然ダム(写真)を形成

- ※ 岩手県小本川周辺における調査と同様な結果
- ※ これらの流木天然ダムの後ろには、大量の流木や土砂が堆積しており、大規模な流木天然ダムは流木流出に大きな影響を与えることが示唆された



# 流木天然ダムの形成要因

愛媛県  
肱川岩手県  
小本川

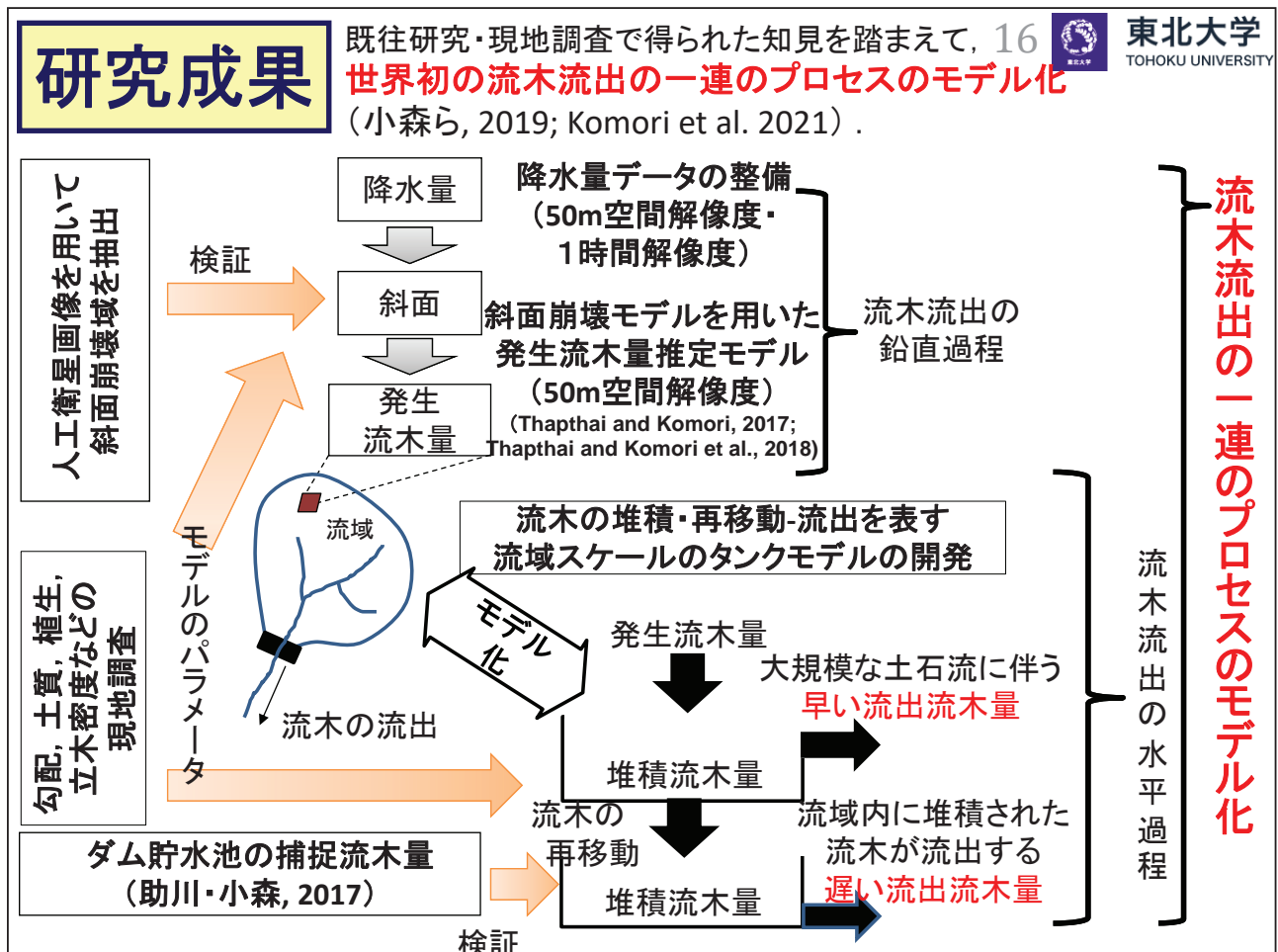
TYPE	説明	割合	
a.	側岸の斜面崩壊から供給された倒木と土砂が直下の流路を閉塞し、その場にダムを形成したタイプ	10.9%	8%
b.	流路を移動した流木が途中で集積して流路を閉塞し、ダムを形成したタイプ	7.3%	
c.	側岸から流出した流木や上流から流下した流木が、流路脇の立木に堆積してダムを形成したタイプ	81.8%	92%

◆ 流路上の流木天然ダムは豪雨によって流され、流路脇のダムの多くが残存。

- ※ この堆積特性は、Seo et al. (2015) が指摘しているように、南日本では豪雨の頻度が高いため、北日本に比較して流木堆積量が少ないことに関係していることを示唆している。

# 流木流出統合 モデルの構築

- 3) 小森大輔, 助川友斗, Thapthai CHAITHONG, 風間聡  
流域スケールでの流出流木量の推計モデルの構築.  
河川技術論文集, 25, 2019, 639-644.
- 4) 横山光, 小森大輔, Thapthai Chaithong  
平成29年九州北部豪雨における寺内ダム流域の流木流出メカニズムの解明.  
土木学会論文集B1(水工学), 75, 4, 2019, I\_169-I\_174.
- 5) Komori, D., Sukegawa, Y., Chaithong, T., Kazama, S.  
Modelling of large wood export at a watershed scale.  
Earth Surface Processes and Landforms, 2021, 1–9.



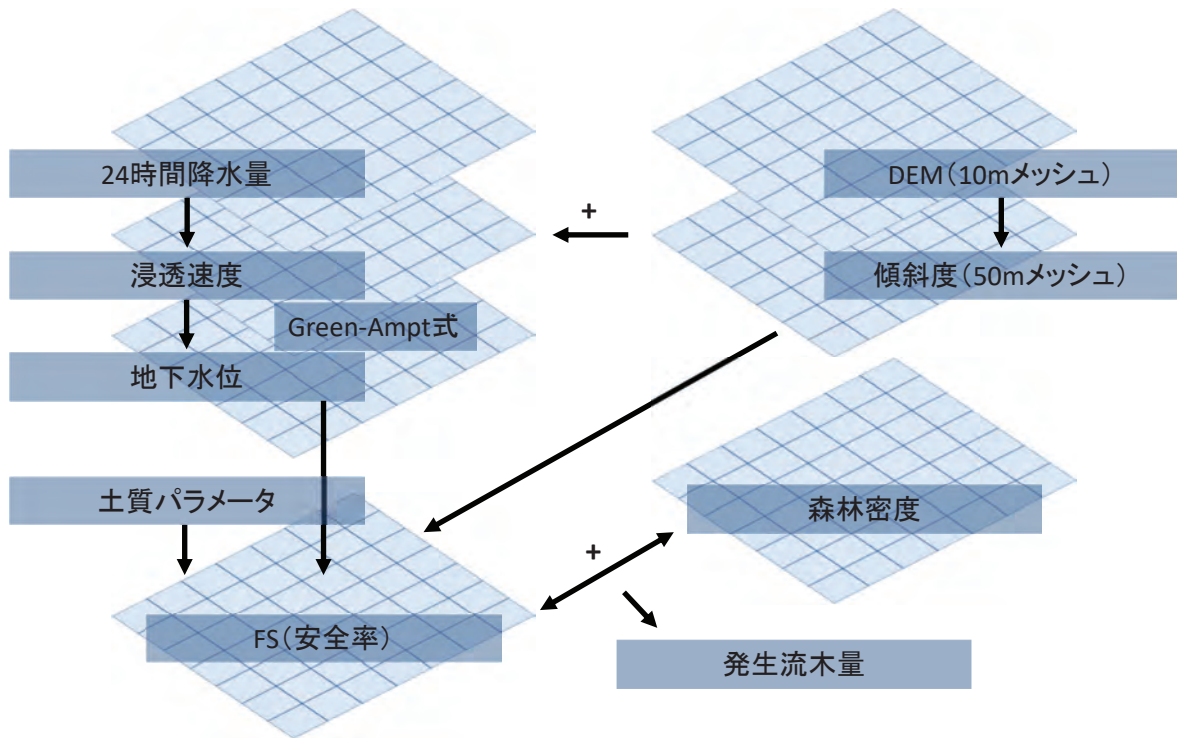


# 発生流木量推定モデル(計算手順) (Thapthai and Komori, 2017)

17



東北大学  
TOHOKU UNIVERSITY



# 発生流木量推定モデル (Thapthai and Komori et al., 2018)

18



東北大学  
TOHOKU UNIVERSITY

$$FS = \frac{c' + \cos\beta^2 \cdot m[\gamma_{sat} + (D - 1) \cdot \gamma_t] \tan\phi'}{\cos\beta \cdot \sin\beta \cdot m \cdot [\gamma_{sat} \cdot \gamma_t + (D - 1) \cdot \gamma_t]}$$

Thapthai and Komori (2017)

m: 地下水位,  $\gamma_{sat}$ : 飽和単位堆積重量  
 $\gamma_t$ : 湿潤単位体積重量,  $\phi'$ : 内部摩擦角  
 $c'$ : 有効粘着力,  $\beta$ : 傾斜度,  $D$ : 地盤高さ

表: 現地調査より作成した土質パラメータ

パラメータ	数値	単位
effective porosity	0.501	-
Soil suction head	16.68	cm
Hydraulic conductivity	0.65	cm/hr
volumetric water content deficit	0.486	-
Area of catchment	2500	cm <sup>2</sup>
Channel width	500	cm
Cohesion of soil	10.30	kPa
Friction angle	28.70	degree
Saturated soil unit weight	15.20	kN/m <sup>3</sup>
Total soil unit weight	14.80	kN/m <sup>3</sup>
Water unit weight	9.81	kN/m <sup>3</sup>
Soil depth	5.00	m

FS(安全率) < 1  
 斜面崩壊が発生している

↓  
 斜面崩壊発生箇所  
 ×  
 森林密度(現地調査)

➤ 過剰に算出している

GISにより流域内の流路を抽出

↓  
 単位森林面積当たりの発生量

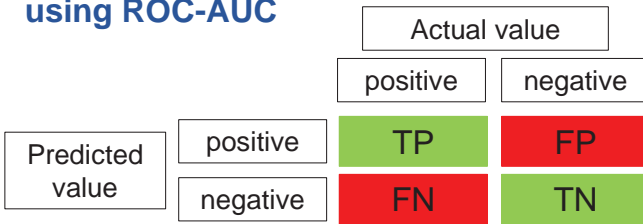
×  
 流路総延長 × 流路幅

↓  
**流路周辺で発生した流木**  
 流出することを表現

# 結果①(斜面崩壊モデル)

(Sartsin and Komori et al., 2022)

Evaluate the performance of model using ROC-AUC



$$\text{positive rate} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{negative rate} = \frac{FP}{FP + TN}$$

Scenarios of model with different spatial distribution parameter.

Spatial Resolution (meters)	Soil Thickness	Radar Rainfall (R)	IDW Rainfall (I)
10	Uniform (C)	C-10-R	C-10-I
	Z-model (Z)	Z-10-R	Z-10-I
	S-model (S)	S-10-R	S-10-I
50	Uniform (C)	C-50-R	C-50-I
	Z-model (Z)	Z-50-R	Z-50-I
	S-model (S)	S-50-R	S-50-I

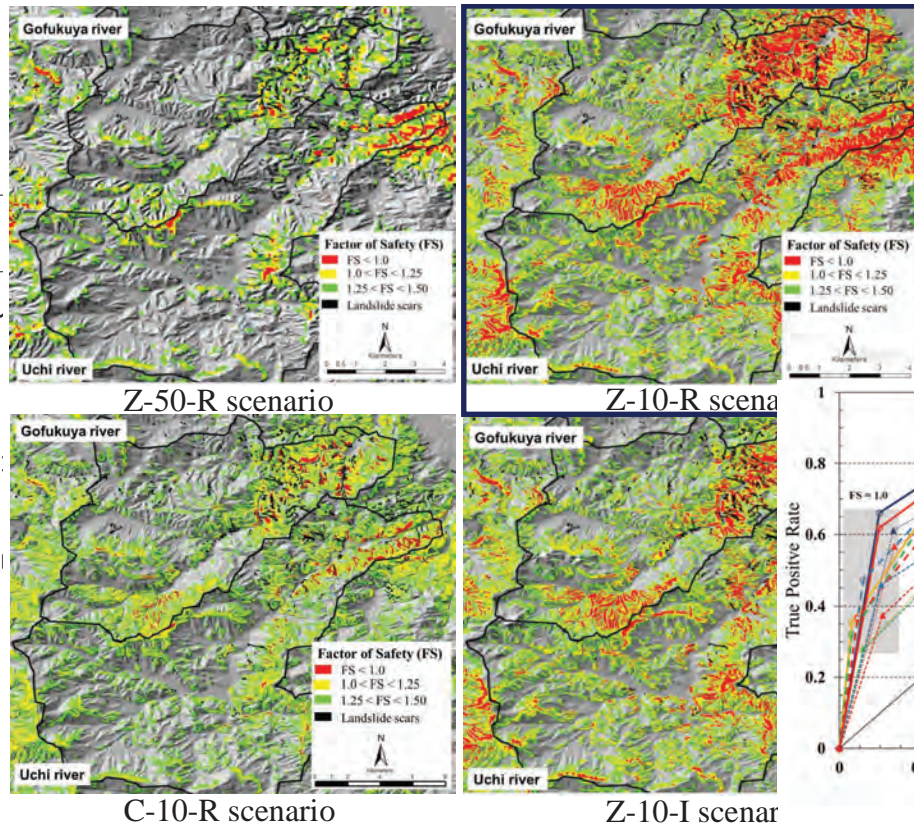
Relative Importance of Predisposing Factors

$$RI = \frac{(AUC_{all} - AUC_i)}{AUC_{all}} * 100$$

where  $AUC_{all}$  is the value of AUC computed from the prediction model using all predisposing factors, while  $AUC_i$  represents the AUC value when  $i^{th}$  factor

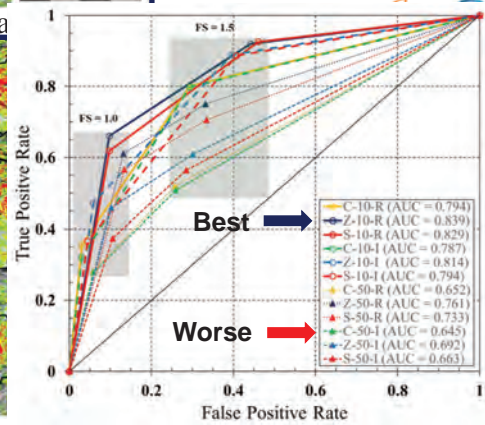
# 結果①(斜面崩壊モデル)

(Sartsin and Komori et al., 2022)



Model with different spatial distribution parameter.

Soil Thickness	Radar Rainfall (R)	IDW Rainfall (I)
Uniform (C)	C-10-R	C-10-I
Z-model (Z)	Z-10-R	Z-10-I
S-model (S)	S-10-R	S-10-I
Uniform (C)	C-50-R	C-50-I
Z-model (Z)	Z-50-R	Z-50-I
S-model (S)	S-50-R	S-50-I



AUC is 0.645 – 0.839

# 流木流出タンクモデル (小森ら, 2019)

## 2つの流木流出成分を表現

### ① 大規模流木流出 $q_1$

多量の流木の発生を伴う大規模な流出  
貯留量  $S_1$  がタンクの容量  $Z$  を上回ると流出

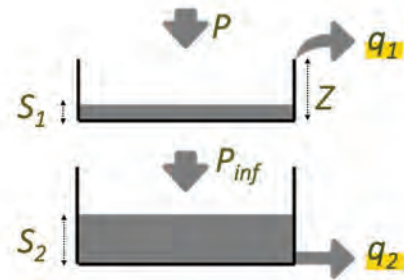
$$\begin{cases} q_1 = 0 & [S_1 \leq Z] \\ q_1 = S_1 - Z & [S_1 > Z] \end{cases} \quad \frac{dS_1}{dt} = \frac{P - P_{inf}}{dt}$$

$$P_{inf} = b \cdot S_1$$

### ② 基底流木流出 $q_2$

堆積した流木の再移動による流出

$$\begin{cases} \frac{dS_2}{dt} = P_{inf} - q_2 \\ S_2 = k \cdot q_2^p \end{cases}$$

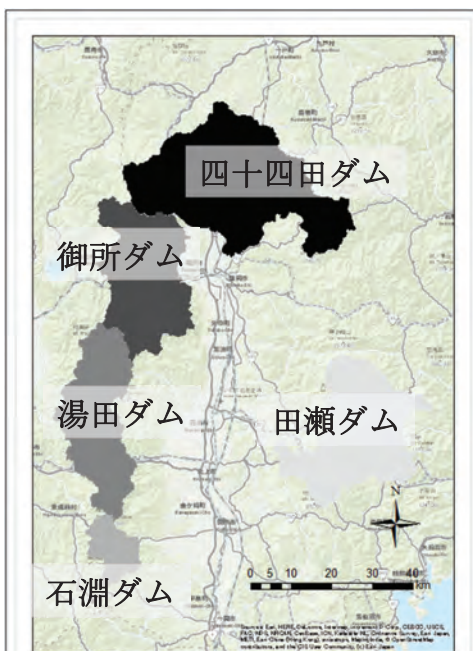


Nash-sutcliffe係数が最も高くなる  
パラメータを用いて流出量を計算

$P$	: 発生流木量	( $\text{m}^3/\text{year}$ )
$S_1$	: 1段目の貯留流木量	( $\text{m}^3/\text{year}$ )
$S_2$	: 2段目の貯留流木量	( $\text{m}^3/\text{year}$ )
$P_{inf}$	: 輸送流木量	( $\text{m}^3/\text{year}$ )
$q_1$	: 1段目の流出流木量	( $\text{m}^3/\text{year}$ )
$q_2$	: 2段目の流出流木量	( $\text{m}^3/\text{year}$ )
$Z$	: タンクの容量	( $\text{m}^3/\text{year}$ )

# 対象流域

## ◆ 北上川流域 (Komori et al., 2021)



- ❖ 現地調査を行った2016年北海道・東北豪雨で大規模流木流出が発生した小本川流域に隣接

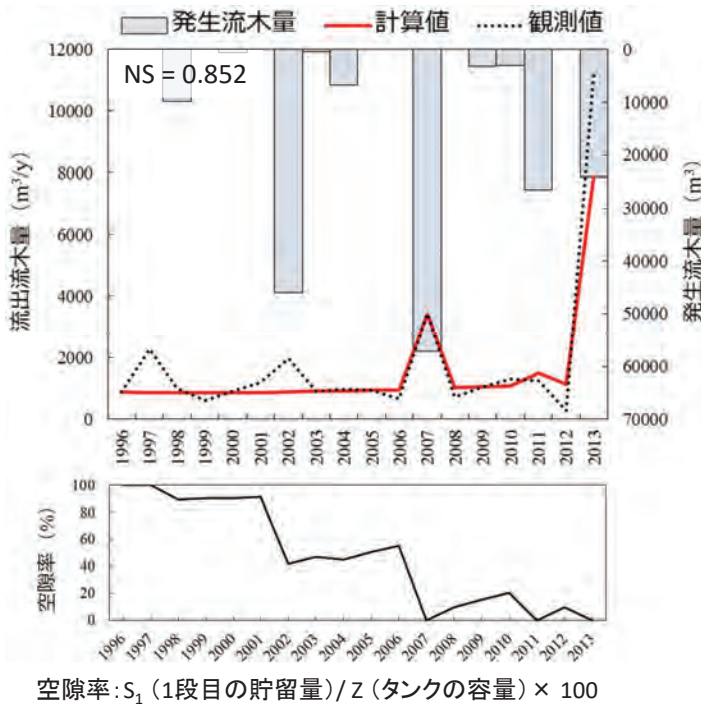
## ◆ 筑後川流域 (横山・小森ら, 2019)



- ❖ 寺内ダムにおいて過去最大クラスの流木が流れ込む被害

## 結果②(御所ダム)

(小森ら, 2019)



- ・御所ダム
- ・湯田ダム
- ・石淵ダム
- ・田瀬ダム


 NS = 0.7 以上  
再現性: **あり**

➤ 2002年, 2007年

観測値 : **増加**  
発生流木量: **増加**  
空隙率 : **減少**

➤ 2013年

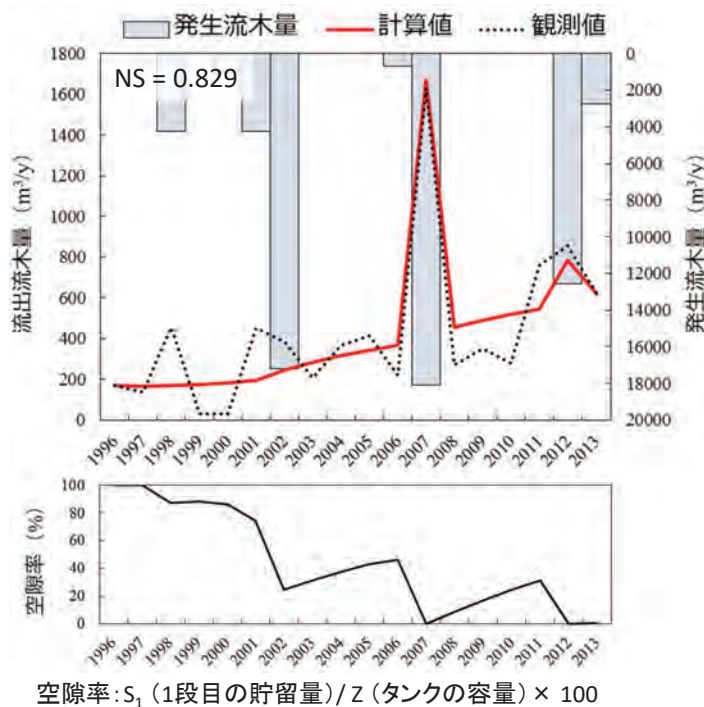
観測期間中最大の観測値  
発生流木量は2007年の半分以下


 空隙率: **小**


発生流木量: **小**  
流出流木量: **大**

## 結果③(石淵ダム)

(小森ら, 2019)



➤ 2007年

観測値 : **増加**  
発生流木量: **増加**  
空隙率 : **減少**

➤ 全体の傾向

流木発生量を記録: 空隙率**減少**  
流木発生量なし: 空隙率**増加**

→ 次回の降水イベントの  
許容量を把握可能

計算値と観測値の傾向が一致

異なる**2つの流域特性**  
を組み合わせる



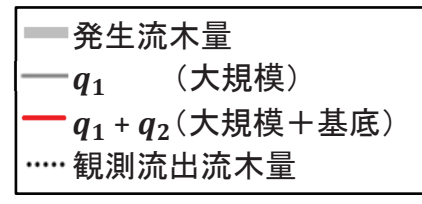
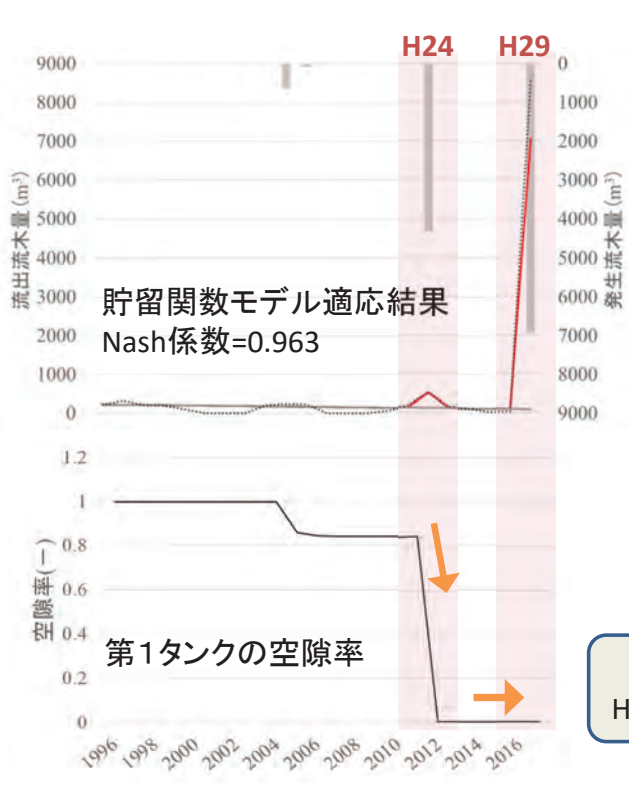
流出流木量を**表現可能**

Number of spin-up (times)	0	1	2	3
$E_{ns}$	0.828	0.711	0.694	0.687

(Komori et al., 2021)

# 結果④(寺内ダム)

(横山・小森ら, 2019)



- ◆ H24年に流木が多量に発生  
大規模流木流出量は小さいが、  
第1タンクの空隙が大きく減少
- ◆ タンクの空隙が回復しないまま、  
H29年に多量の流木が投入  
→ 大規模流木流出としてほぼ流出

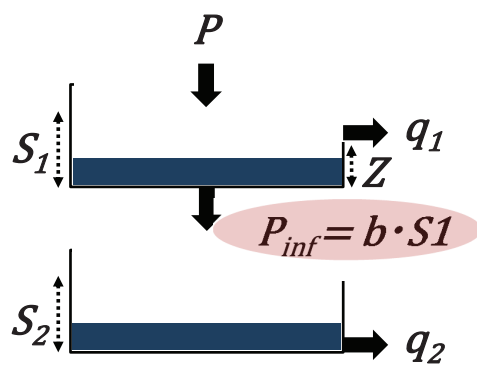
H24年九州北部豪雨時に発生した流木が  
H27年九州北部豪雨に発生したものと共に流出

# 結果⑤(北上川水系と筑後川水系の比較)

## パラメータの比較

(横山・小森ら, 2019)

	流域面積	1段目の タンク容量		1段目→2段目の 輸送しやすさ
	A(km <sup>2</sup> )	Z(m <sup>3</sup> )	Z/A(m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	b(-)
寺内	51	4700	92.2	<u>1.0 × 10<sup>-4</sup></u>
御所	635	91200	143.6	1.0 × 10 <sup>-1</sup>
湯田	583	22800	39.1	1.0
石淵	154	32900	213.6	9.0 × 10 <sup>-2</sup>
田瀬	740	79100	106.9	1.0 × 10 <sup>-2</sup>



寺内ダムではパラメータbの値が  
他のダム流域と比較して小さい



1段目の流木が2段目に輸送されにくく、  
連続して流木が発生すると大規模流木流出しやすい

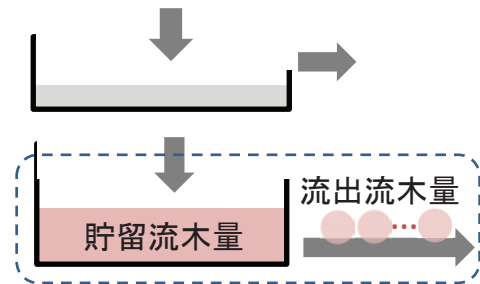
# 結果⑤(北上川水系と筑後川水系の比較)

(横山・小森ら, 2019)

## 2段目(基底流木流出)の比較

$$\text{基底流木流出率} = \frac{\text{2段目の流出流木量}}{\text{2段目の貯留流木量}} \text{ を算出}$$

→ 基底流木流出特性の違いに着目



1996~2013までの18年間の基底流出率の平均値

岩手	御所ダム	湯田ダム	石淵ダム	田瀬ダム	寺内ダム	九州
	0.60	0.13	3.02	4.60	10.06	北上川 寺内

低い

高い

北上川水系のダム流域は  
基底流木流出しにくい

寺内ダム流域は  
基底流木流出しやすい

## まとめ

### ◆ 現地調査を実施し、流木流出メカニズムを明らかにする

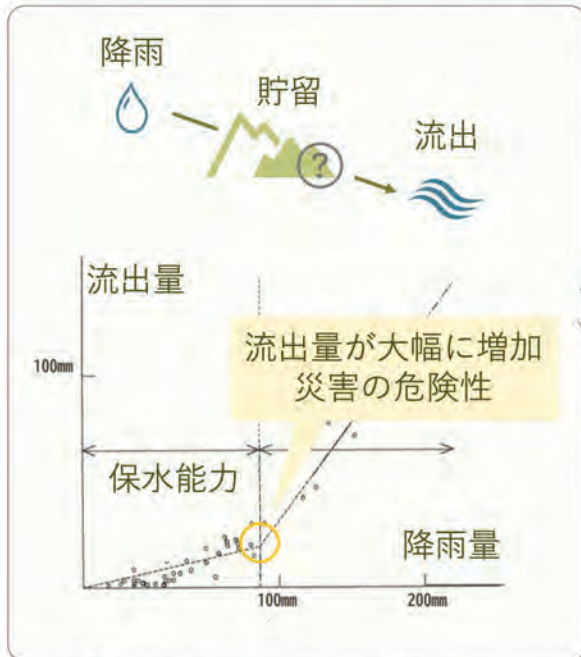
- ※ 樹齢が若く、胸高直径が小さい個体は流出しやすく流木天然ダムの形成に寄与する
- ※ 大規模な流木天然ダムの背後には大量の流木や土砂が堆積しており、**大規模な流木天然ダム(流木の堆積)**は流木流出に与える影響が大きい
- ※ 流木天然ダムの形成要因について、既往研究(北海道と岩手県)に比べて、流路上に形成されるダムが少なかった
  - Seo et al. (2015) が指摘している通り、南日本と北日本における豪雨の発生頻度の違いが流木天然ダムの形成要因に影響を与えていることが示唆された。
- ※ 流路脇タイプの流木天然ダムは、急斜面で多く形成されていた

### ◆ 北上川水系および筑後川水系を対象に、モデルを構築する

- ※ 四十四田ダム以外のダムにおいて、早い流出特性と遅い流出特性の2つの異なる流出特性を組み合わせたタンクモデルより、流出流木量に関する**高い再現性**を得た
  - 流木の流出には、降水イベント時に山間部において発生した流木や堆積していた流木が土石流等により速やかに流出する**早い流出特性**と、新たな流木の発生を伴わずに堆積していた流木が流出する**遅い流出特性(基底流木流出)**が存在することが証明された。
- ※ 寺内ダム流域は北上川水系に比べ、**大規模流木流出が起きやすく**、堆積した流木は**基底流木流出として流出しやすい**ことが推察された

# 現在の展開 流木災害リスクの評価

本研究における流木災害リスクの考え方



大規模流木流出 $q_1$ が  
流木災害につながる可能性が高い

リスク評価の観点

- ① どの程度の発生流木量から大規模流木流出を危惧するべきか
- ② 流出流木量の期待値
- ③ 最大どの程度の流出流木量が想定されるか（最悪ケース）

【出典】 <https://www.mlit.go.jp/>

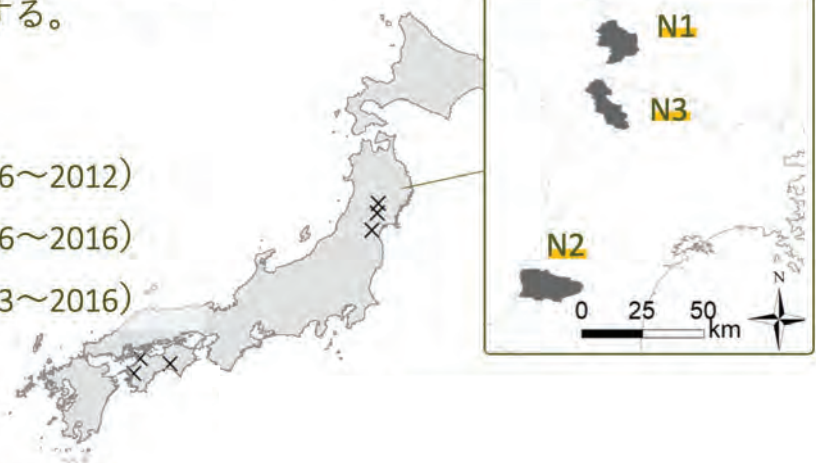
## 対象地域・対象期間

石淵ダム: 154.0 km<sup>2</sup>  
 釜房ダム: 195.3 km<sup>2</sup>  
 花山ダム: 126.9 km<sup>2</sup>

タイムステップは1年とする。

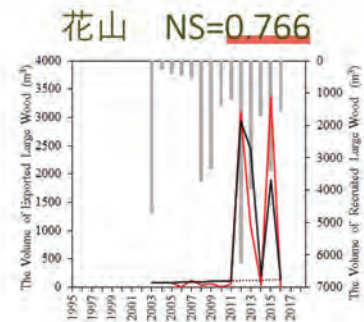
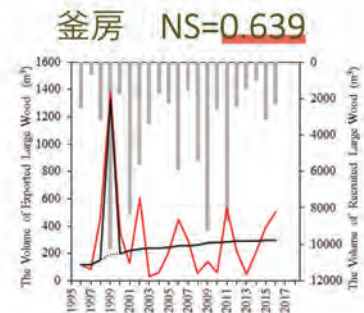
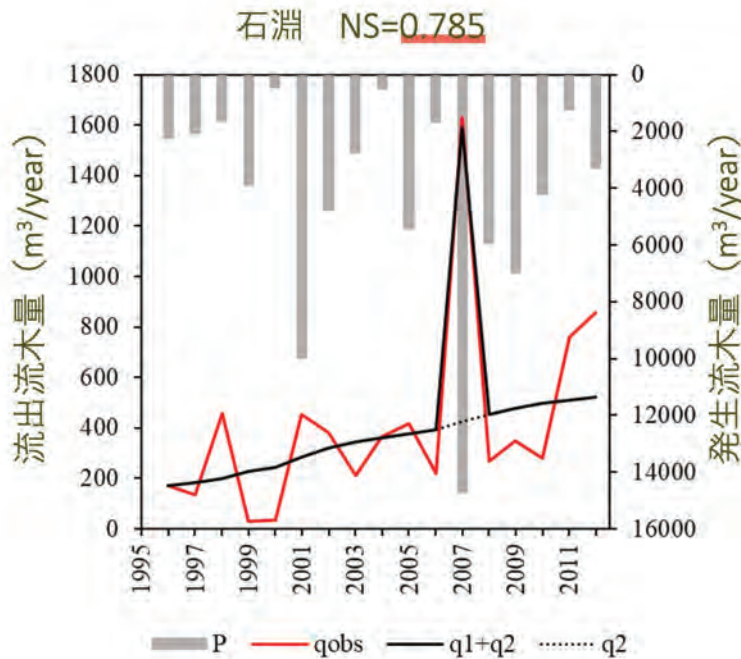
■ 北日本

- N1: 石淵ダム (1996~2012)
- N2: 釜房ダム (1996~2016)
- N3: 花山ダム (2003~2016)



# 結果⑥(流木流出モデルの再現性)

3ダム流域すべてにおいて再現性が高い = 流木流出は2成分で説明できる

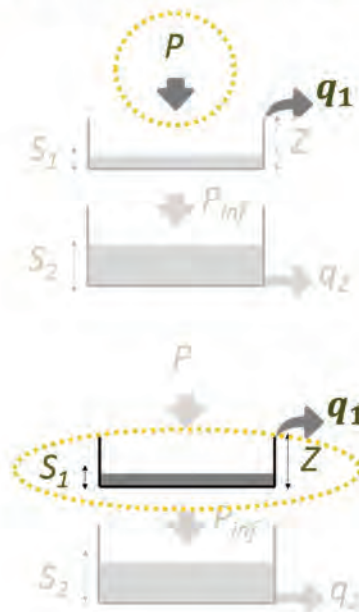
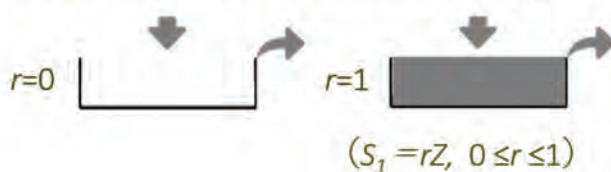


# モデルを用いたリスク推計手法(1)

再現性が得られた北日本のダム流域を対象に再度モデルを適用し、  
任意の条件におけるその年の想定される流出流木量 (流木流出ポテンシャル) を算出

## 2種類の条件

- 発生流木量  
各流域の過去の推計の最大値を上限として任意に与える
- 前年のタンクの貯まり具合  
 $r$ : 1段目のタンクの貯留率 を定義  
1段目のタンクの容量  $Z$  に対してどのくらい貯まっているか任意に決定





# モデルを用いたリスク推計手法(2)

## 貯留率 $r$ の期待値の算出

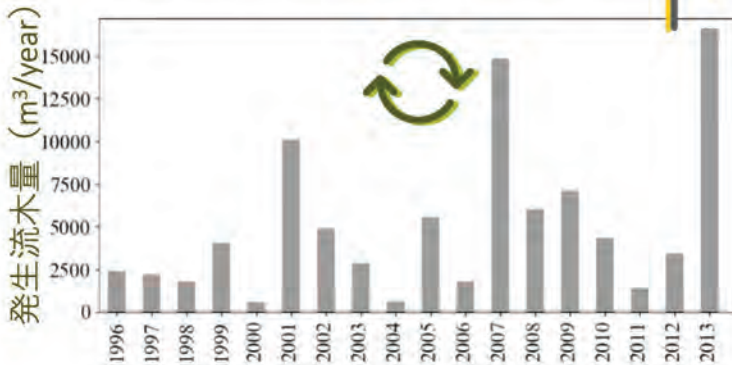
タンクの貯まり具合は、

- 前年までの流木の発生仕方
  - 2段目のタンクへの落ち方
- により異なることが考えられる。



貯留率  $r$  は  
流域ごとに異なる期待値を持つ？

過去の発生流木量 (石淵ダム)



これらの推計値を  
順序関係なく入力値として  
1万年分の流出計算



1万年間の各年の貯留量から  
 $r$  の期待値 (EV) を算出



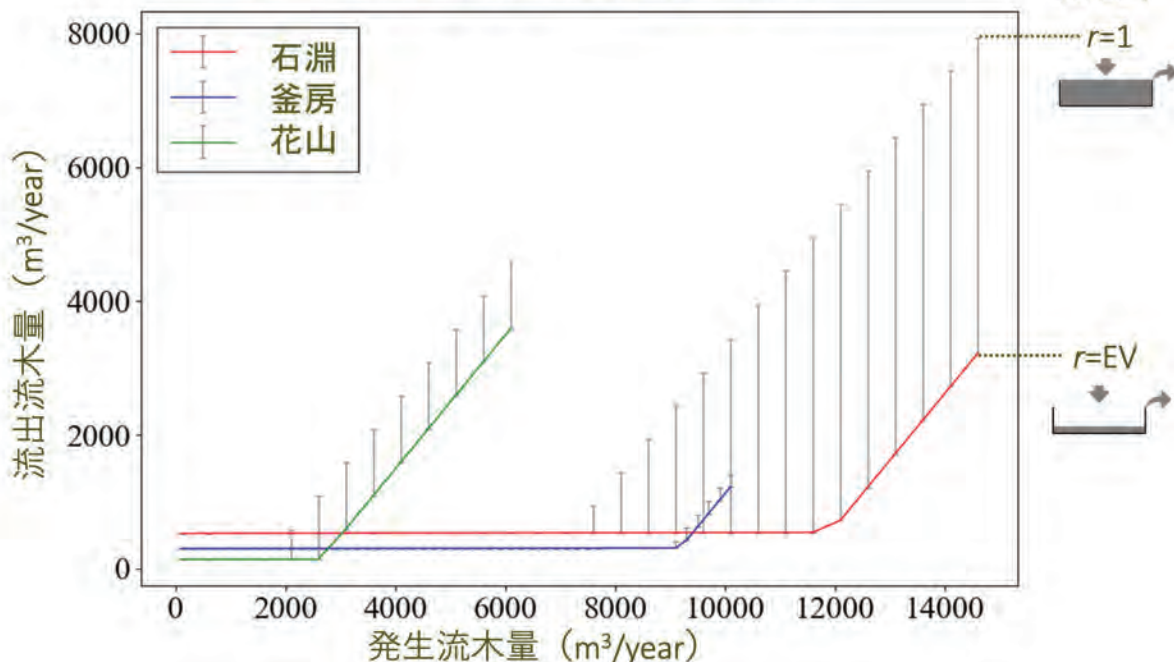
$r=EV$  において  
想定される流出流木量を算出

## 結果・考察⑦

石淵ダム: 154.0 km<sup>2</sup>  
釜房ダム: 195.3 km<sup>2</sup>  
花山ダム: 126.9 km<sup>2</sup>

貯留率  $r$  の期待値 (EV)

石淵: 0.56    釜房: 0.41    花山: 0.89

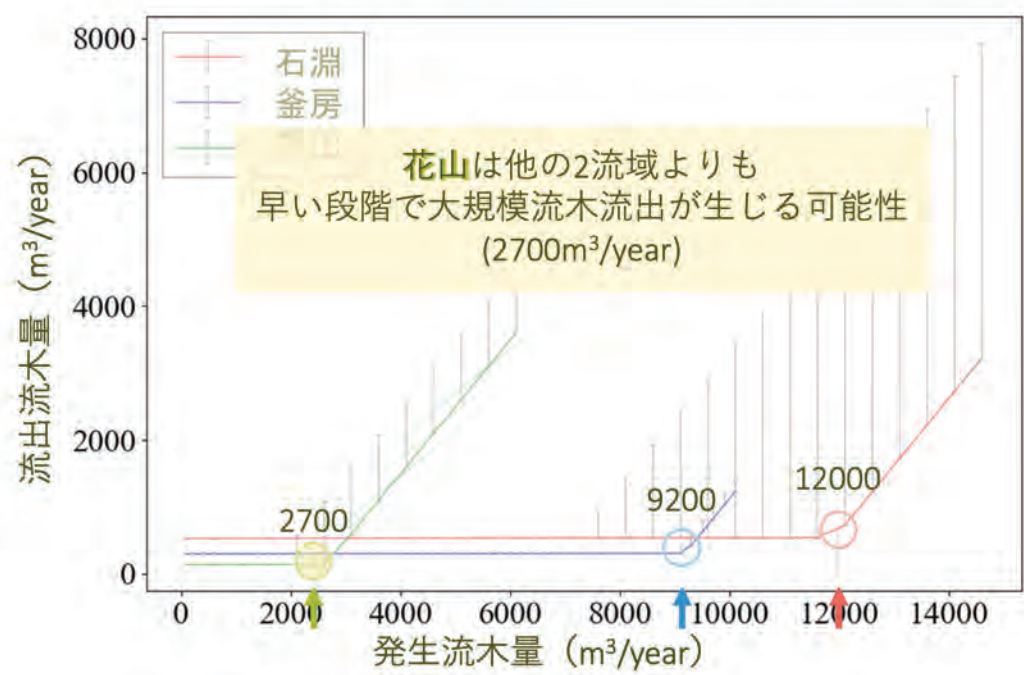


# 結果・考察⑦

石淵ダム: 154.0 km<sup>2</sup>  
釜房ダム: 195.3 km<sup>2</sup>  
花山ダム: 126.9 km<sup>2</sup>



## ①どの程度の発生流木量から大規模流木流出を危惧するべきか

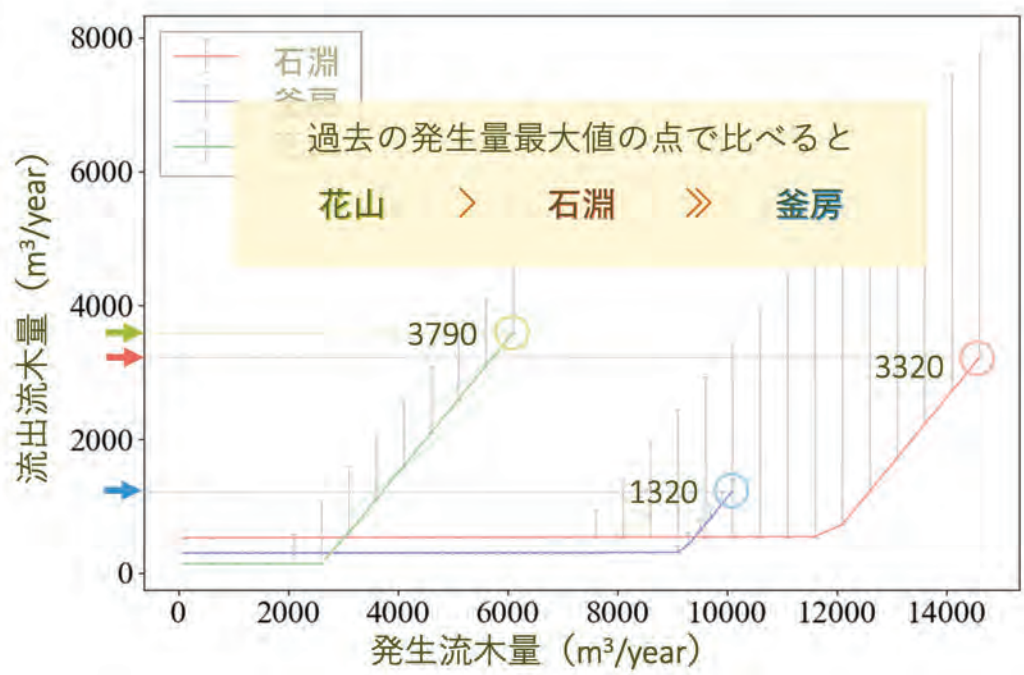


# 結果・考察⑧

石淵ダム: 154.0 km<sup>2</sup>  
釜房ダム: 195.3 km<sup>2</sup>  
花山ダム: 126.9 km<sup>2</sup>



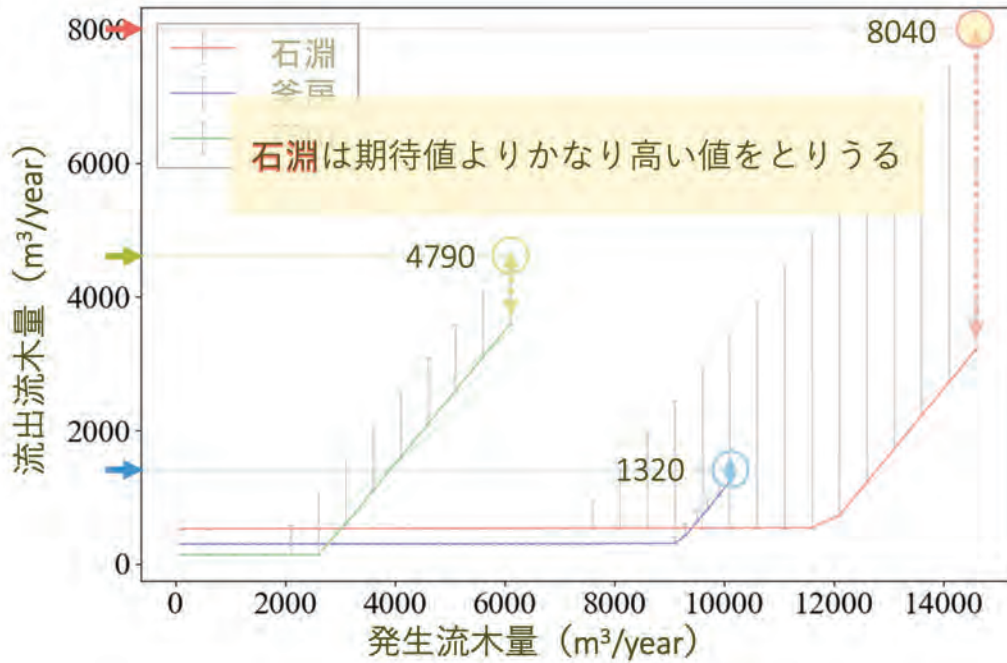
## ②流出流木量の期待値



# 結果・考察⑨

石淵ダム: 154.0 km<sup>2</sup>  
 釜房ダム: 195.3 km<sup>2</sup>  
 花山ダム: 126.9 km<sup>2</sup>

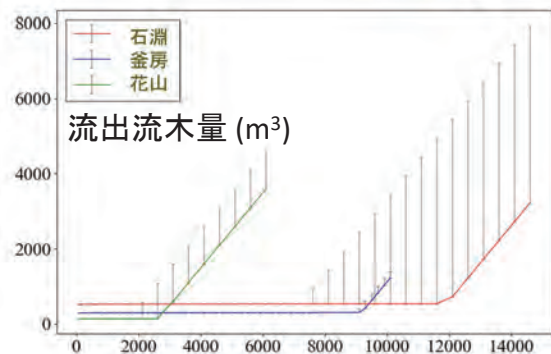
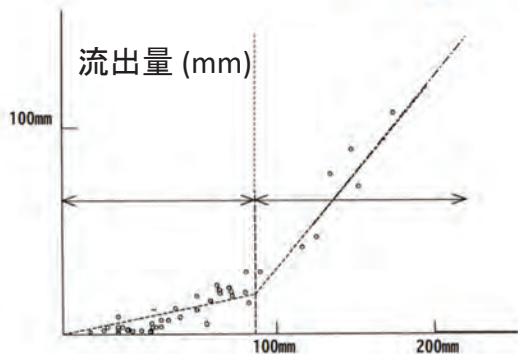
## ③最大どの程度の流出流木量が想定されるか (最悪ケース)



# まとめ 流木災害リスクの評価

### 成果

流木の発生と流出の関係を示し、流木災害リスクを評価したこと。



降雨量 (mm)

発生流木量 (m<sup>3</sup>)

### 森林バイオマスの現状

(森林飽和の状況)

○森林蓄積量の増加

・53億m<sup>3</sup>(2017)

[21,600m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>]

森林機能の多面性

・17億m<sup>3</sup>(1956)

[6,900m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>]

拡大造林政策の導入

○年間蓄積量

・7,000万m<sup>3</sup>

(うち人工林寄与分)

4,800万m<sup>3</sup>

○国産材供給量

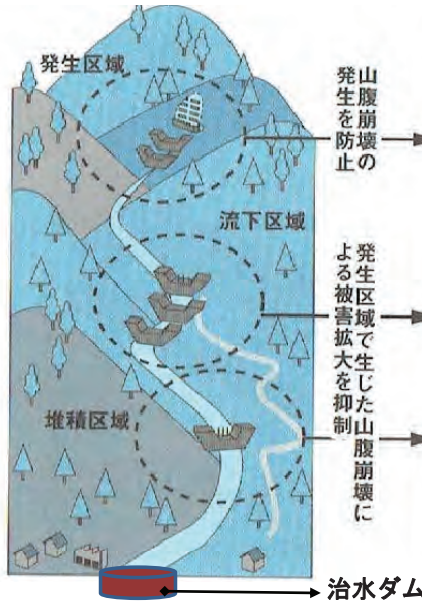
・3,000万m<sup>3</sup>

(発電原料/集成材等)

・自給率:36%

↓  
包括的な流木災害対策  
の必要性(太田・虫明)

## 包括的な流域治水の視点の必要性



- 保安林の適切な配置
- 山腹土留め工(表面浸食防止)
- 間伐等による根茎の発達促進

- 流木化可能性の高い立木伐採
- 流木捕捉式の治山ダム/砂防ダム
- [効率的な流木捕捉・资源化利用]**

- 森林に緩衝機能を持たせる
- 治山ダムによる溪流の安定化
- 治水ダムによる流木捕捉
- [流木流出拡大防止]**
- [捕捉した流木の资源化利用]**

ダム管理者等の支援策のあり方



山腹崩壊



流木流出



妙見川砂防ダム

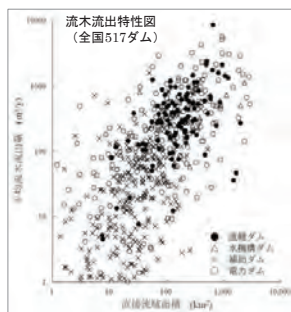


○九州北部豪雨(2017.07)による流木災害の実態

虫明功臣・太田武彦監修「ダムと緑のダム」(抜粋・筆者加筆)

## 流木资源化・利用システム

(国土交通省河川砂防技術開発地域課題(松下先生(中央大学)代表))



データ分析:  
東北大学  
小森研究室

### 1. 研究計画(全体の枠組み)

左図: 全国大ダムの流木捕捉量データ(近20年平均値)

○年間総量平均50万m<sup>3</sup>, 廃棄処理費50-100億円(推定)

○北上川直轄6ダム: 年総量平均4,500m<sup>3</sup>, 廃棄処理費8千万円程度と推定。

流木资源化・利用システム開発=平成30-32実施課題

流域における流木资源化・利用/地域還元/物質循環系再構築モデル

#### ダムにおける流木捕捉・分別



流木捕捉



流木仕分け

- 気候変動の顕在化, 流木発生量の増加
- 流木の廃棄対策から流木资源化・利用策へコスト削減, 自律的な河川管理方式の実装



希釈倍率(左より)  
100倍, 千倍, 水のみ

#### 農林業栽培試験 (光合成促進効果)

農林業分野における新素材としての利用可能性(森は海の恋人)

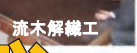
#### 【コア技術】

MRM 亜臨界水  
資源再生装置  
(高速加水分解機能)



難分解性の木質構造を  
短時間で解繊・  
资源化・利用策の検討

#### 流木解繊・ 资源化利用



流木解繊工

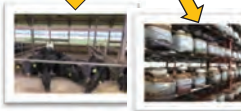
○河道内樹木  
刈草類

#### 【亜臨界水解繊材の利用用途】

流木を资源化・農林畜産業への還元

○良質材⇒木質飼料/キノコ菌床基材

○不良材⇒腐植質・フルボ酸液



木質飼料

キノコ菌床



キノコ菌床

腐植質・フルボ酸液



腐植質・フルボ酸液