



研究背景

◆ 主な流木の発生源 芳賀ら(2006)

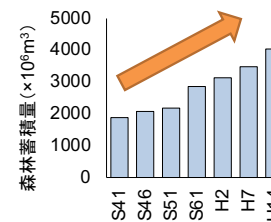


◆ 日本の森林の現状 今井(2006)

- 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

災害事例 ～近年における全国の流木被害～

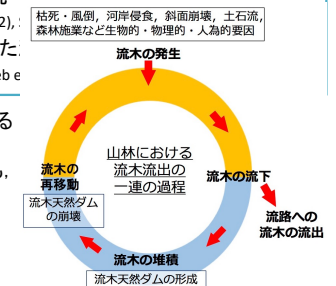


研究目的

◆ 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), 枯死・風倒, 河岸侵食, 斜面崩壊, 土石流, 森林施業など生物学的・物理的・人為的要因
- 台風や豪雨により発生した
例: Murakami et al. (2008), Steeb e

- ✓ 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

(Ruiz-Villanueva, 2016)

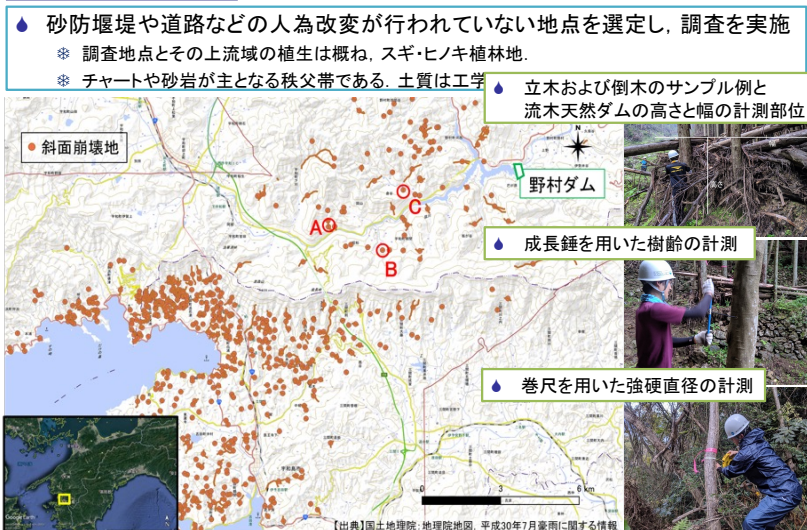
- 現地調査を実施し、流木流出メカニズムを明らかにする
- 北上川水系および筑後川水系を対象に、モデルを構築する

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
肘川流域の山地渓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
土木学会論文誌G(環境), 投稿中.

対象地域

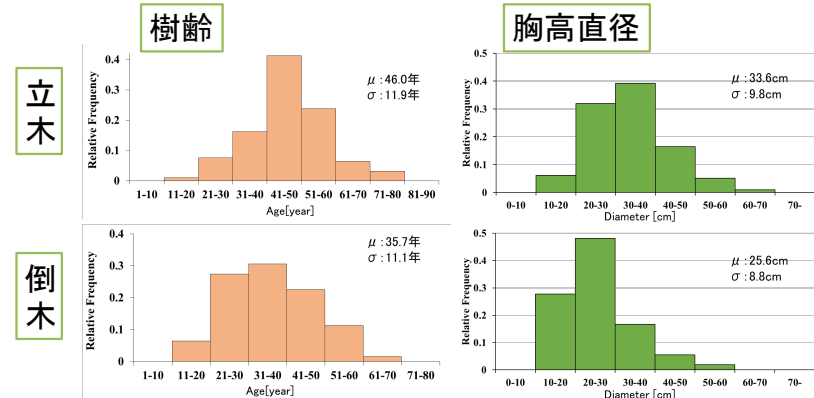
2018年西日本豪雨にて斜面崩壊や土石流に伴う
大量の流木流出が見られた愛媛県西予市を流れる
肱川に流入する山地渓流



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

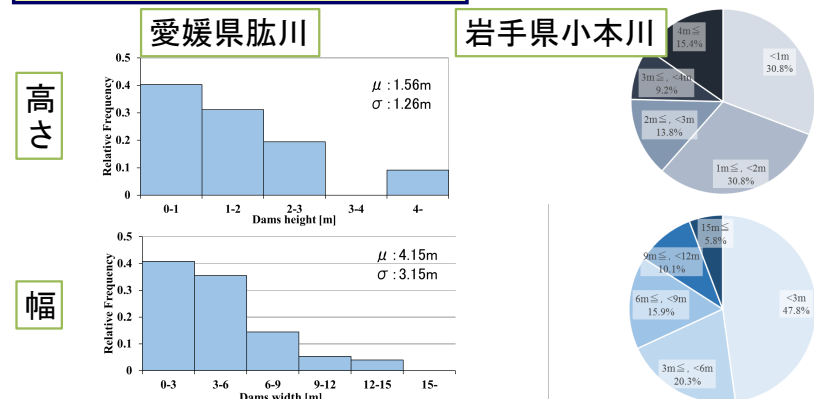
8 東北大学
TOHOKU UNIVERSITY



- ◆ 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.

流木天然ダムの大きさ

9 東北大学
TOHOKU UNIVERSITY



- ◆ 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

10 東北大学

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%	92%
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%	

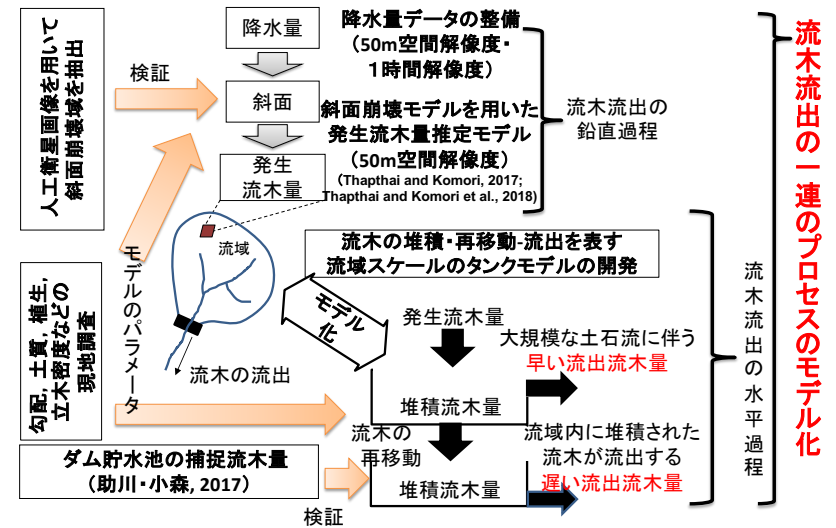
- 流路上の流木天然ダムは豪雨によって流され、流路脇のダムの多くが残存。
 ※ この堆積特性は、Seo et al. (2015) が指摘しているように、南日本では豪雨の頻度が高いため、北日本に比較して流木堆積量が少ないことに関係していることを示唆している。

研究成果

12 東北大学

既往研究・現地調査で得られた知見を踏まえて、**流木流出の一連のプロセスのモデル化**

(小森ら, 2019; Komori et al. 2021) .

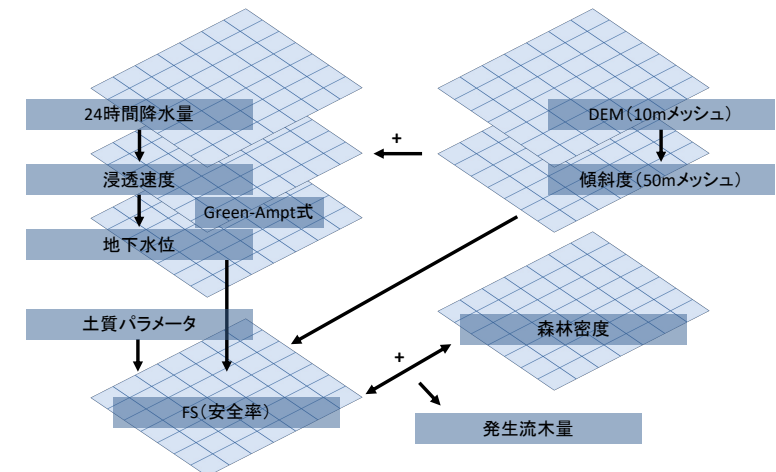


流木流出統合モデルの構築

- 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.
- 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), 25, 4, 2019, 1_169-1_174.
- 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)

13 東北大学



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

14 東北大学
TOHOKU UNIVERSITY

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 ²
Channel width	500	cm
Cohesion of soil	10.30	kPa
Friction angle	28.70	degree
Saturated soil unit weight	15.20	kN/m ³
Total soil unit weight	14.80	kN/m ³
Water unit weight	9.81	kN/m ³
Soil depth	5.00	m

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

Thapthai and Komori (2017)

m: 地下水位, γ_{sat} : 飽和単位堆積重量
 γ_t : 湿潤単位体積重量, ϕ' : 内部摩擦角
 c' : 有効粘着力, β : 傾斜度, D : 地盤高さ

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

流木流出モデル(小森ら, 2019)

15 東北大学
TOHOKU UNIVERSITY

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

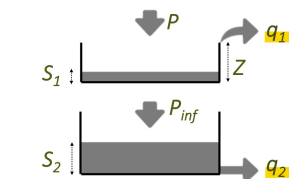
$$\begin{cases} q_1 = 0 & [S_1 \leq Z] \\ q_1 = S_1 - Z & [S_1 > Z] \end{cases} \quad \frac{dS_1}{dt} = \frac{P - P_{inf}}{dt}$$

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

② 基底流木流出 q_2

堆積した流木の再移動による流出

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



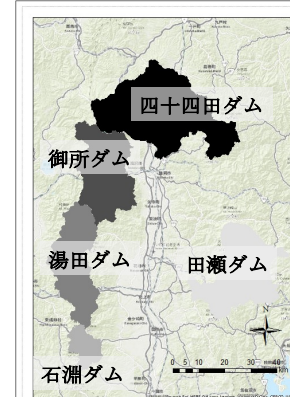
Nash-sutcliffe係数が最も高くなる
 パラメータを用いて流出量を計算

P : 発生流木量 (m³/year)
 S_1 : 1段目の貯留流木量 (m³/year)
 S_2 : 2段目の貯留流木量 (m³/year)
 P_{inf} : 輸送流木量 (m³/year)
 q_1 : 1段目の流出流木量 (m³/year)
 q_2 : 2段目の流出流木量 (m³/year)
 Z : タンクの容量 (m³/year)

対象流域

16 東北大学
TOHOKU UNIVERSITY

◆ 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)

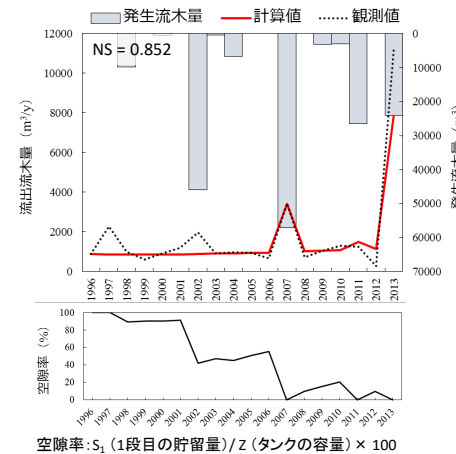


❖ 寺内ダムにおいて過去最大クラスの流木が流れ込む被害

結果①(御所ダム)

(小森ら, 2019)

17 東北大学
TOHOKU UNIVERSITY



・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

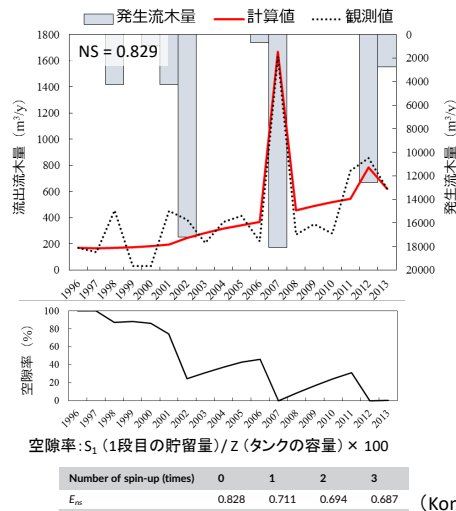
➤ 2013年

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②(石淵ダム)

(小森ら, 2019)



2007年

観測値 : 増加
発生流量 : 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

流出流量を表現可能

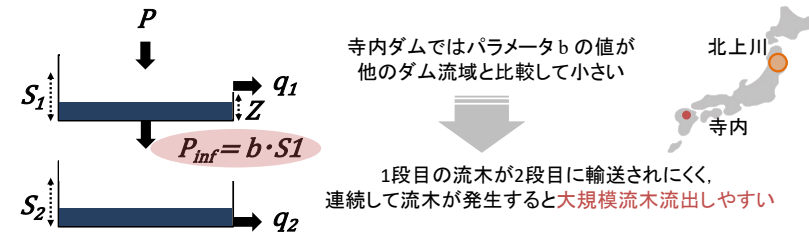
(Komori et al., 2021)

結果④ (北上川水系と筑後川水系の比較)

(横山・小森ら, 2019)

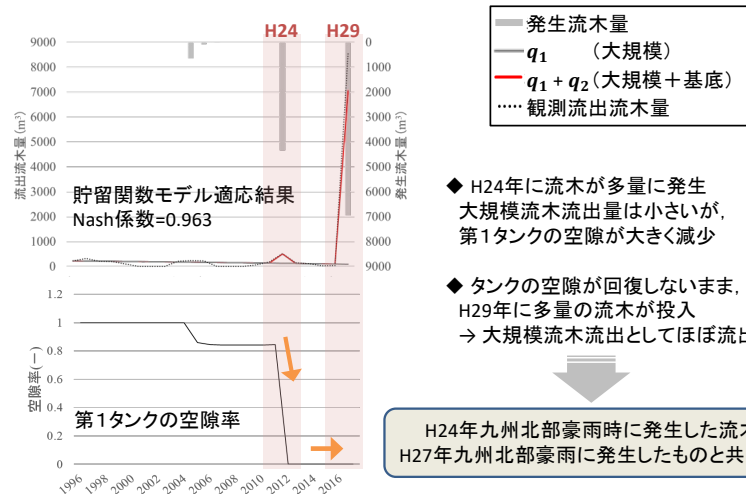
パラメータの比較

	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 ²)	Z(m ³)	Z/A(m ³ /km ²)
寺内	51	4700	92.2
御所	635	91200	143.6
湯田	583	22800	39.1
石淵	154	32900	213.6
田瀬	740	79100	106.9



結果③(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

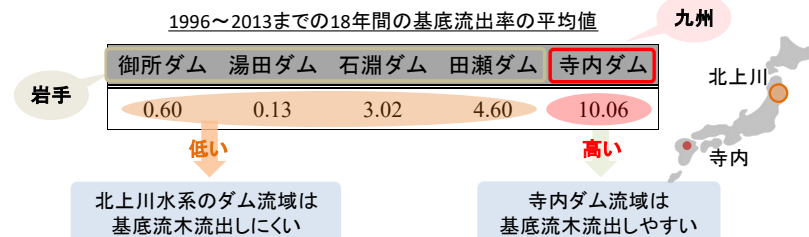
結果⑤ (北上川水系と筑後川水系の比較)

(横山・小森ら, 2019)

2段目(基底流木流出)の比較

基底流木流出率 = 2段目の流出流量 / 2段目の貯留流量 を算出

基底流木流出特性の違いに着目



🔥 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