

穂高砂防観測所流域における 流域土砂動態モデルを用いたシミュレーション

京都大学防災研究所 山野井一輝

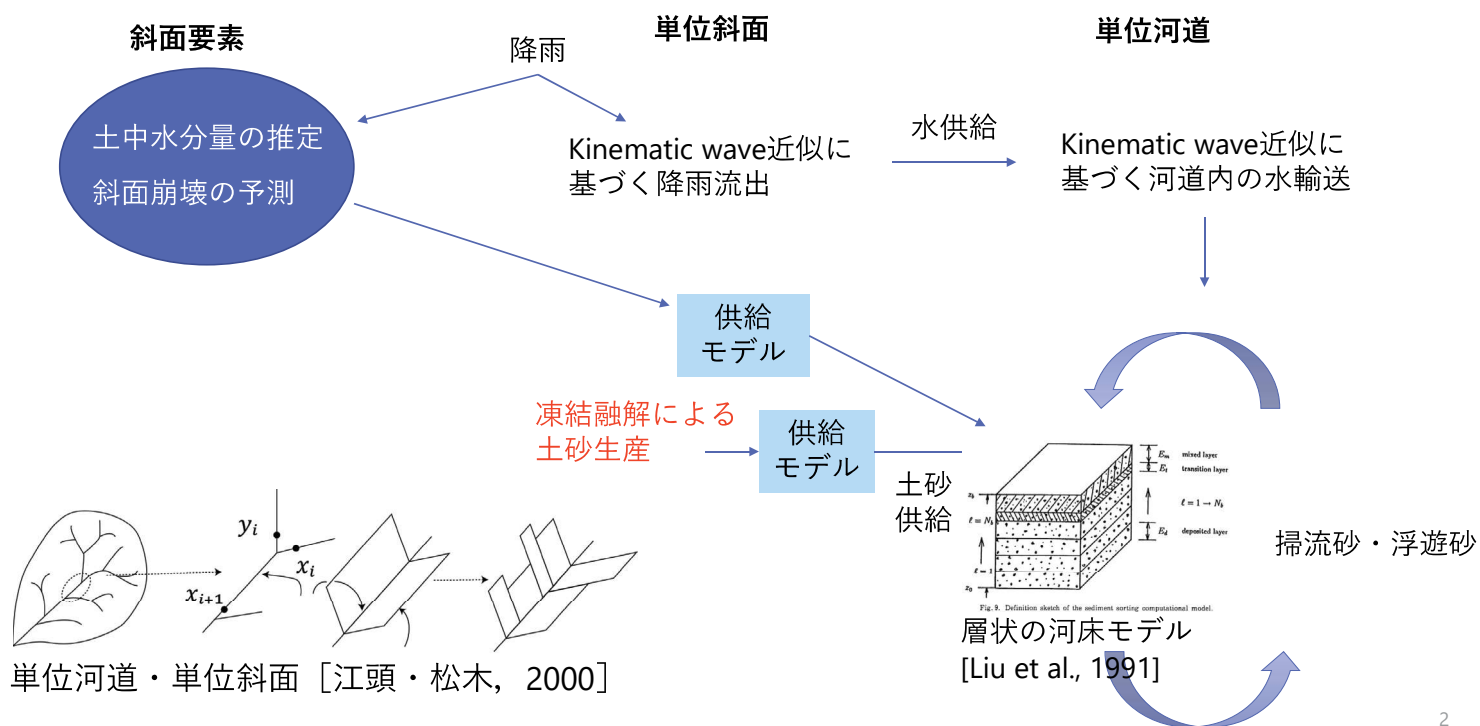
一般研究集会 (2021K-04) 「発生頻度の低い土石流による大規模攪乱後の溪流環境の変遷の追跡」

話題提供の内容

- 流域土砂動態モデルSiMHISの概要
- 観測所流域（ヒル谷・足洗谷）への適用事例
- 土砂流出の季節・年変動特性の評価
- 近年の改良点

1

流域土砂動態モデルSiMHISの概要



2

凍結融解による土砂生産

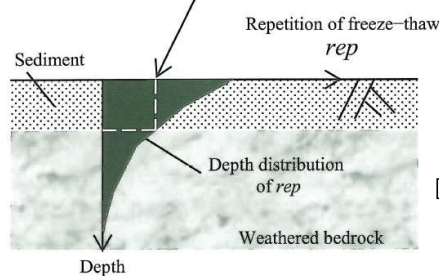


構成モデルの概説

- 流域（地形）モデル
- 降雨流出モデル
- 土砂輸送モデル
- 土砂生産モデル
- 凍結融解
- 斜面崩壊
- 土砂供給モデル
- 河道側部崖錐の侵食
- 斜面崩壊の土石流化

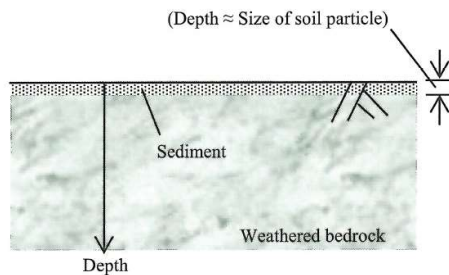
気象データから基岩内温度分布の時間変化を予め推定→生産量推定

- a) Repetition of freeze-thaw needed for sediment production 花崗岩, 花崗斑岩, 頁岩



⇒ rep_c 回凍結融解を経た深さまで土砂化 概ね10

- b) Destruction of weathered bedrock due to 1 cycle of freeze-thaw 砂岩, 流紋岩

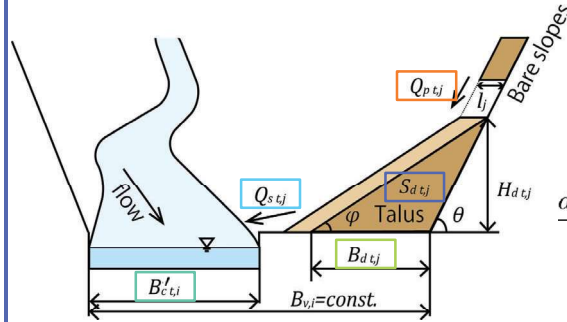


⇒ 凍結融解する度に砂の粒径程度の深さまで土砂化

[泉山, 2012]

構成モデルの概説

- 流域（地形）モデル
- 降雨流出モデル
- 土砂輸送モデル
- 土砂生産モデル
- 凍結融解
- 斜面崩壊
- 土砂供給モデル
- 河道側部崖錐の侵食
- 斜面崩壊の土石流化



川幅拡大時に拡大分の土砂が供給

川幅

$$B'_{ct,i} = \alpha \sqrt{Q_{t,i}}$$

崖錐断面積

$$S_{dt,j} = \frac{1}{l_j} \int_0^t (Q_{pt,j} - Q_{st,j}) dt + S_{d0,j}$$

供給土砂量

$$Q_{st,j} = H_{dt,j} \frac{dB_{dt,j}}{dt}$$

$$\frac{dB_{dt,j}}{dt} = \begin{cases} \frac{dB'_{ct,i}}{dt} & (B_{v,i} - B'_{ct,i} \leq B_{dt,j}, \frac{dB'_{ct,i}}{dt} \leq 0) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

(崖錐が片側の場合)

足洗谷流域全体への適用 (対象：2012年)

適用事例：対象領域

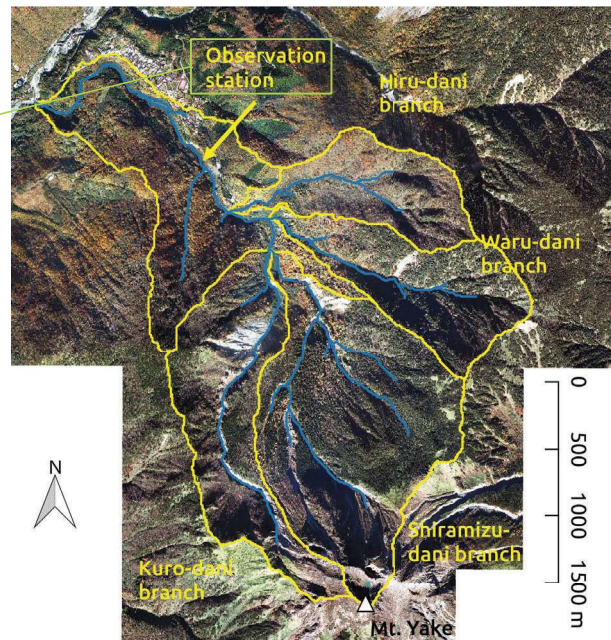
足洗谷流域7.5km²

観測項目 (防災研穂高砂防観測所)

- 流量 (水位計)
- 流砂量 (ハイドロフォン)
- 気象データ (雨量, 日射量, 気温等)

流域の特性

- 裸地域で凍結融解に起因する活発な土砂生産



7

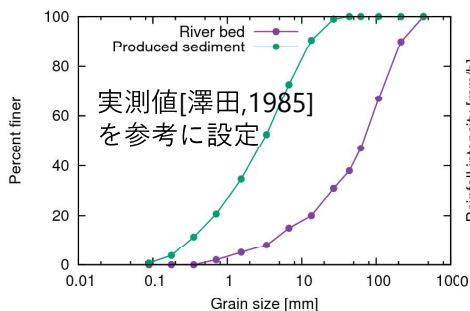
解析条件

対象期間：2012/4/1~11/30

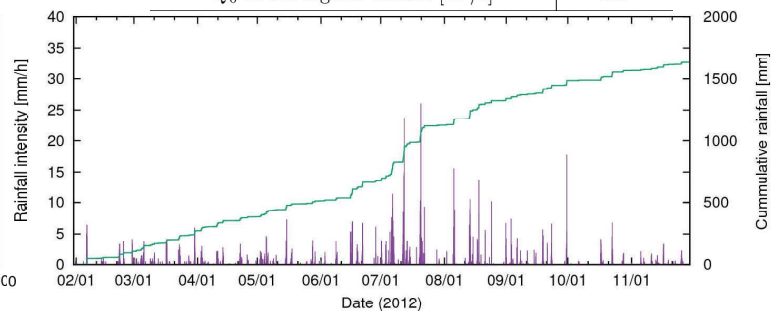
使用データ：

- 気温・日射量 (穂高砂防観測所)
- 降雨データ (Cバンドレーダ)

Parameter	value
Number of horizontal meshes of unit slope	10
Depth of A layer [m]	0.1
Depth of B layer [m]	0.8
Coefficient of permeability of A layer [m/s]	1.0×10^{-3}
Coefficient of permeability of B layer [m/s]	2.0×10^{-5}
Manning coefficient of channels [$m^{-1/3} \cdot s$]	0.05
Manning coefficient of slopes [$m^{-1/3} \cdot s$]	0.8
Runoff rate	0.7
Depth of exchange layer [m]	0.4
Depth of deposition layer [m]	0.4
α in the regeme fomula	3.5
Q_0 in the regeme fomula [m^3/s]	2.0



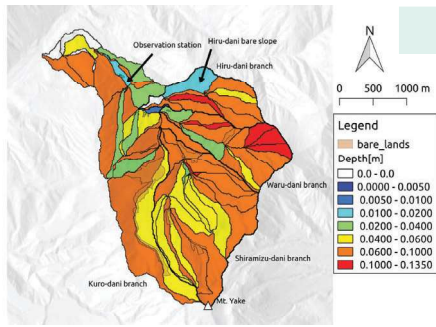
粒度分布



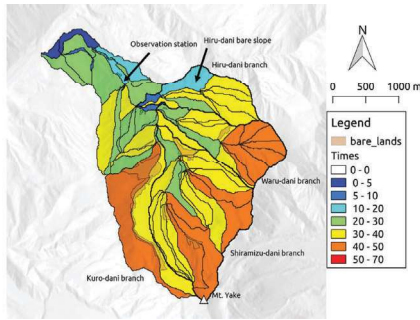
降雨データ (観測所地点)

8

土砂生産量の検証



10回凍結融解深さ



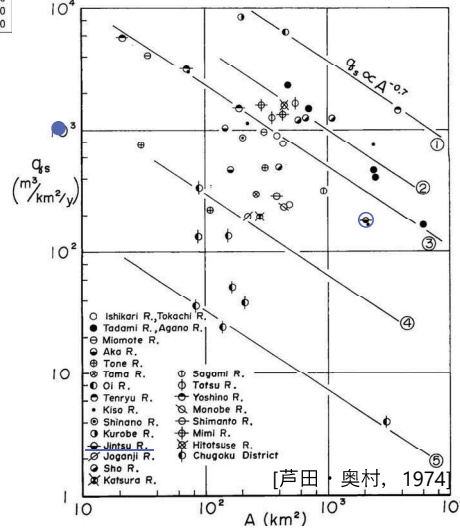
表面の凍結融解回数

年間生産量(2011年秋~2012年春) : 7410[m³/y]

時期が異なることと, 当時の測定精度等を考えれば矛盾しない

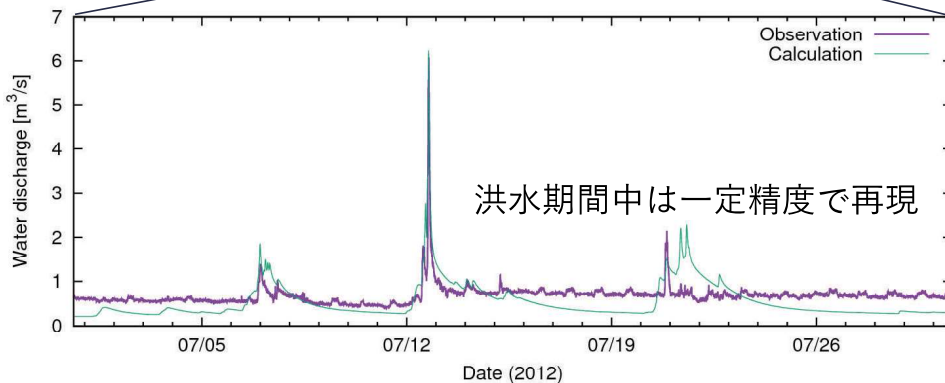
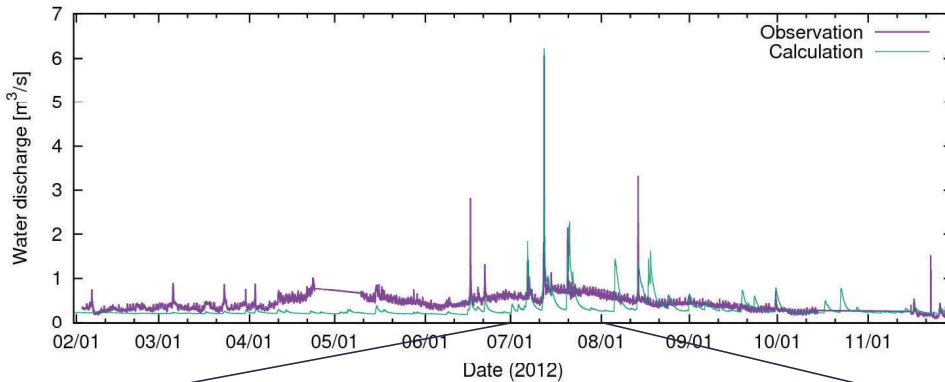
白水谷で約7000m³/y [澤田, 1985]

比土砂生産量 : 0.98×10^3 [m³/km²/y]



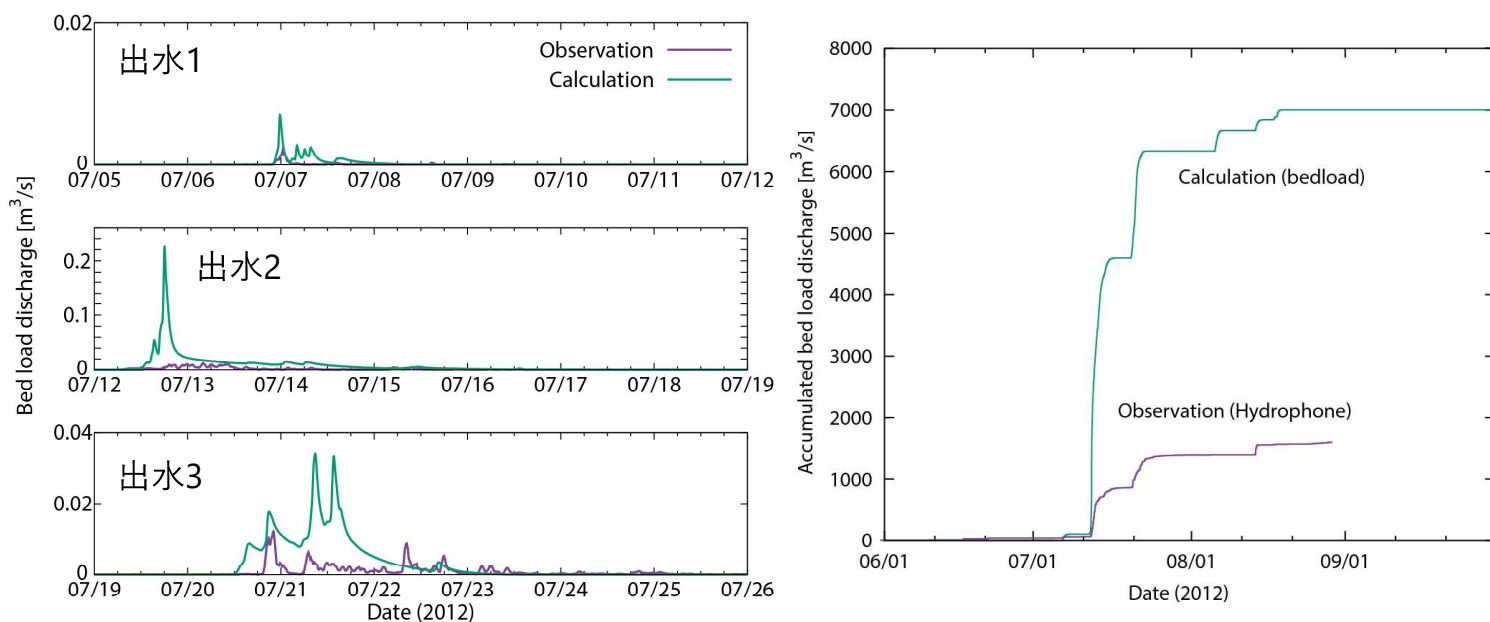
比堆砂量に比較するとやや小さいがオーダーは一致
※崩壊の発生しない平時の解析のため許容可能(?)

流量@観測水路



洪水期間中は一定精度で再現

流砂量@観測水路



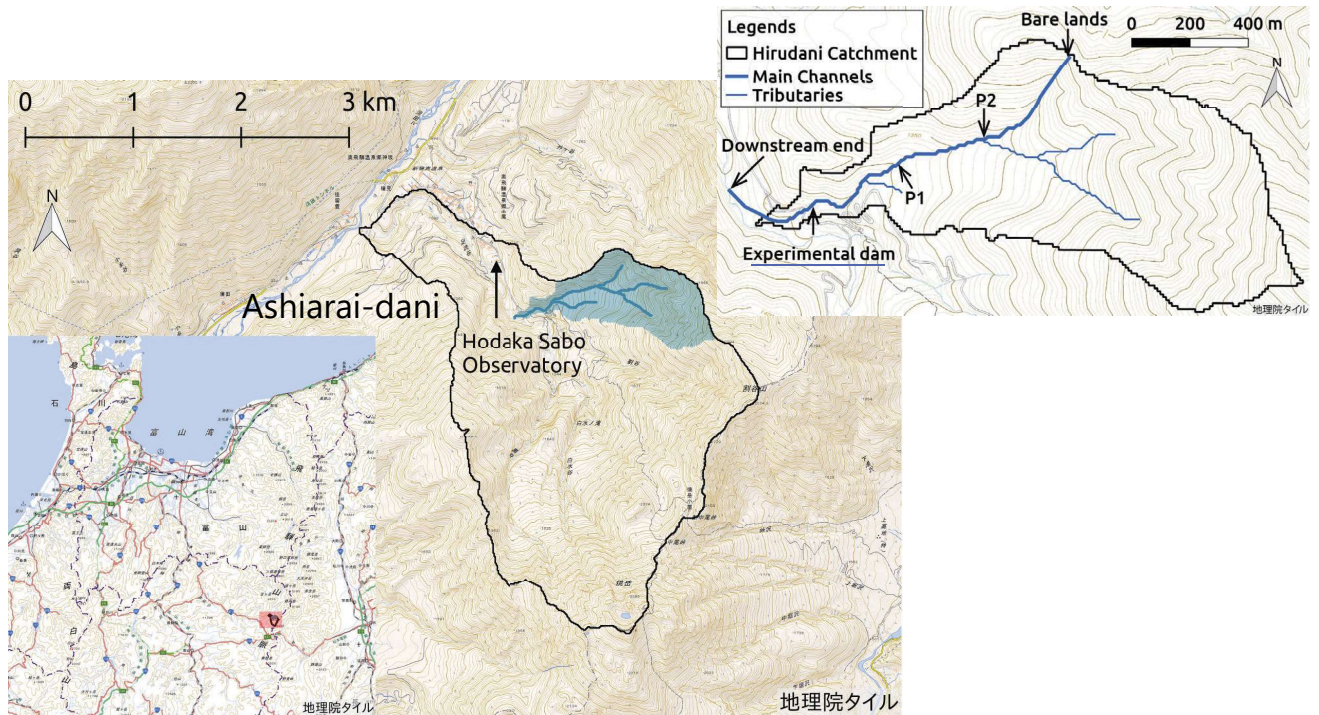
観測値にも定量的な課題があるため単純な比較はできないが、流砂の発生期間・タイミング等大まかな傾向は一致。

11

ヒル谷流域への適用 (年変動・季節変動特性の評価)

注：今年の土石流以前の条件

対象流域：神通川流域ヒル谷 (0.85km²)



13

ヒル谷の土砂収支，流出特性

[澤田, 1985]

凍結融解による年間生産量：約20m³/y



年間土砂流出量 約50m³/y

河床砂礫の空隙、プール部やよどみ、流路周辺部にも土砂が貯留[澤田, 1985]しながら流下

14

ヒル谷の土砂収支, 流出特性

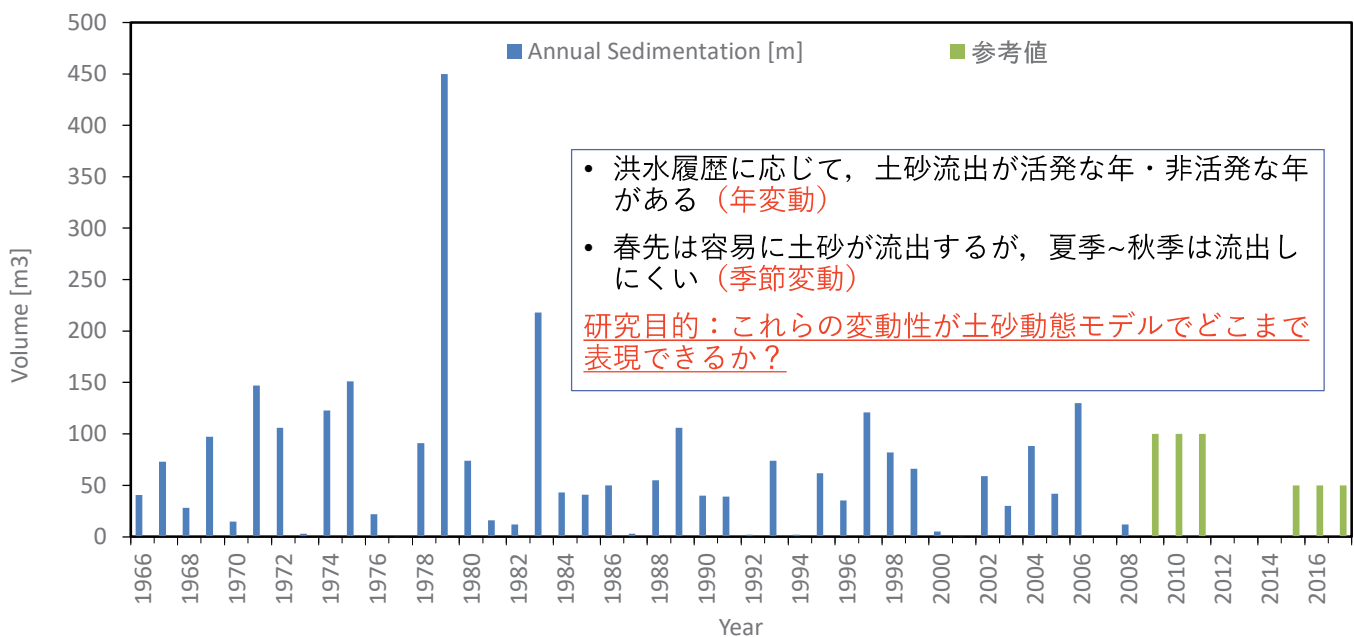


生産土砂の影響を受ける河道



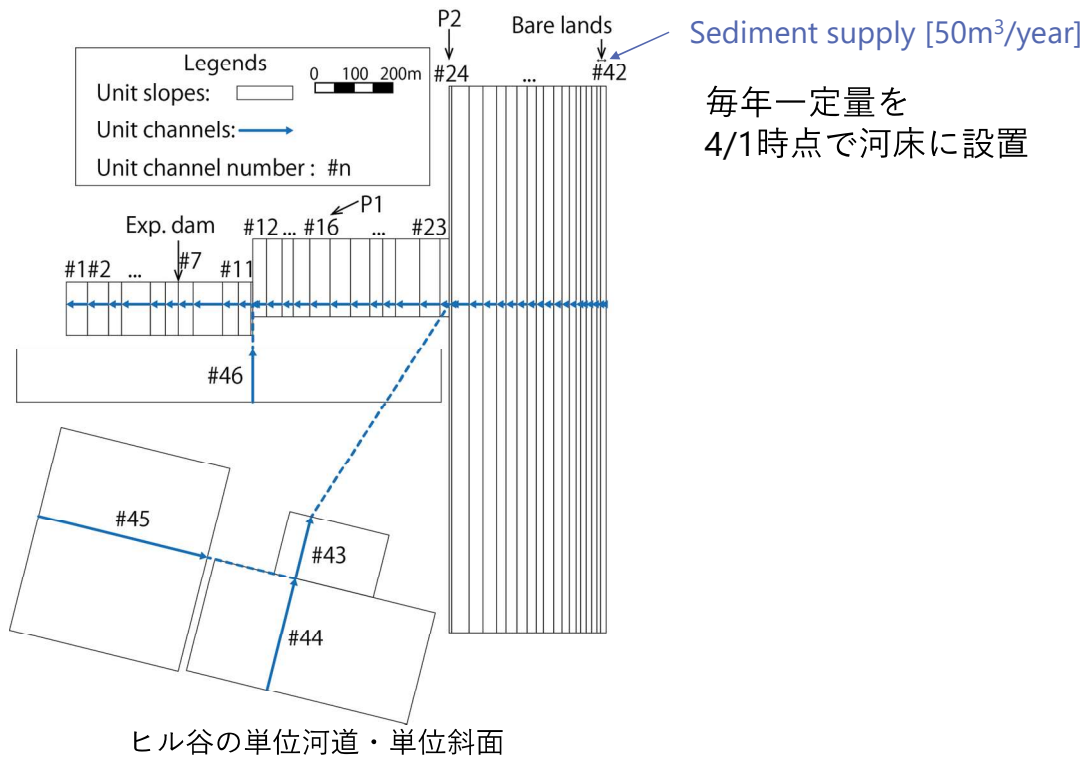
生産土砂の影響を受けない支川

実験堰堤の年堆砂量 (1966-2017)



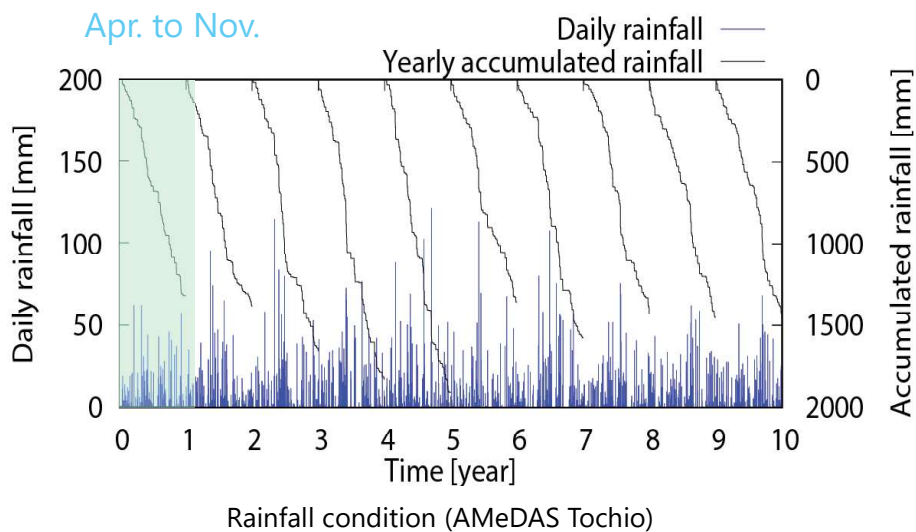
ヒル谷の年間土砂流出量 (実験堰堤堆砂量の変化量)

地形・土砂生産条件



17

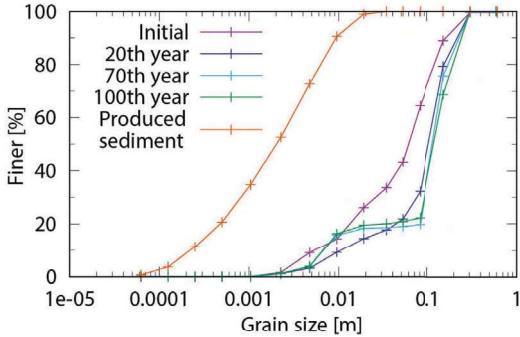
降雨条件



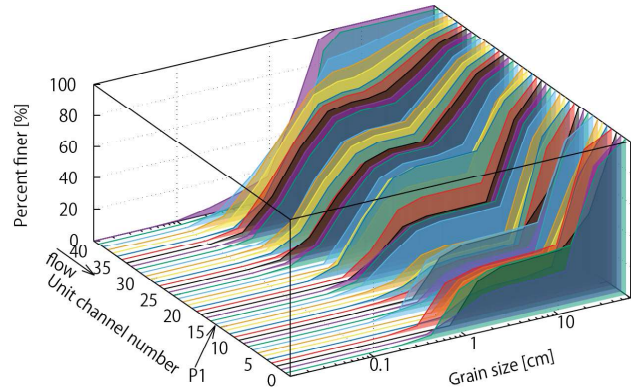
シミュレーションの流れ：
河床の粒径分布の初期条件を設定するための100年間分の予備解析
→10年間の本解析

18

100年間の予備計算結果



流域中流P1地点における河床材料粒径分布の変化

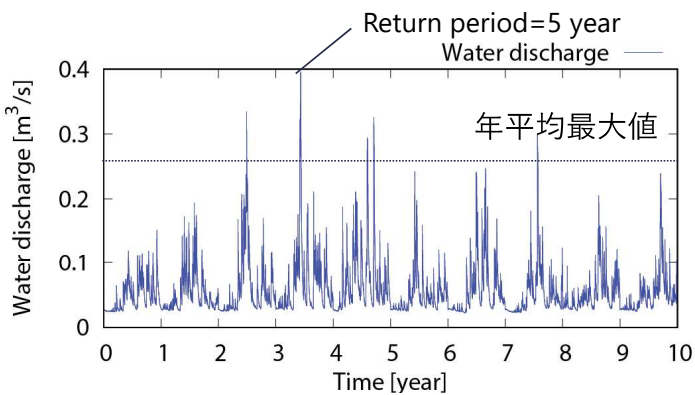


表層の河床材料粒径分布の空間分布

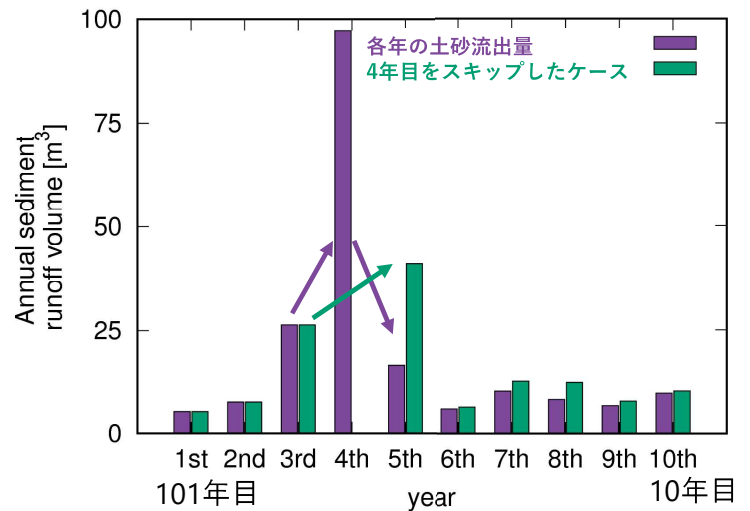
上流域：
生産土砂（砂）が支配的
下流域：
元河床の巨礫・大礫+砂の2粒径に近い状態

→この状態からさらに10年分の解析を実施

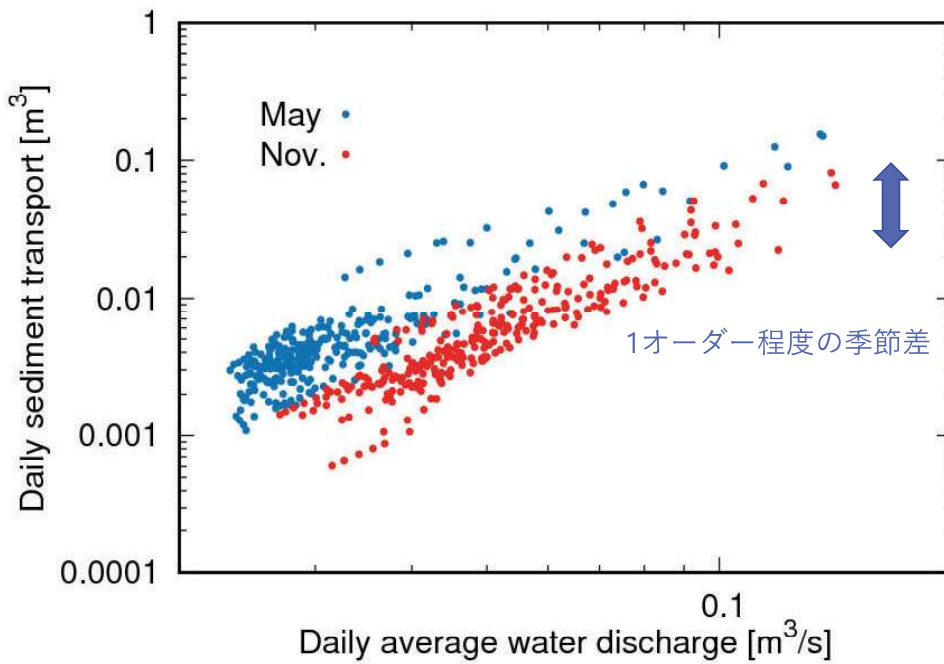
101~110年目の計算結果



観測水路地点における流量の計算結果

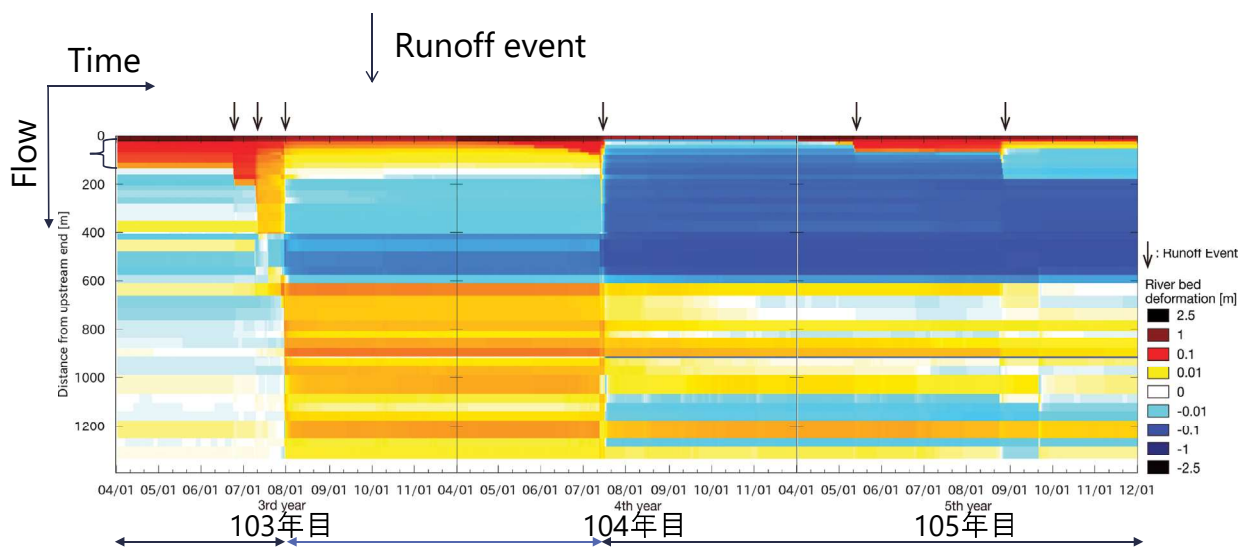


季節変動特性



5月と11月の日流砂量と日平均流量の関係(101~110年目)

河床変動量の時空間分布



土砂が容易に
流出する状態

結論

- 凍結融解モデルによる土砂生産を考慮した土砂動態モデルにより、足洗谷の1年間の土砂流出現象が（ある程度）再現できた。
- ヒル谷への適用の結果、土砂流出の季節変動と年変動特性が双方発現することを確認した。
 - 変動メカニズムは土砂堆積域の時間変化によって説明可能。

課題

- 山地河川特有の土砂の輸送機構について
 - 擬似的に河川の混合粒径モデルを使用しているが、実際の物理は表現できていない。 $h \ll d$ での土砂輸送について考える必要がある。
 - 最大粒径は出水規模毎に変わる？
 - ステッププール状河道の土砂輸送？
- 土石流による大規模擾乱の影響をどう捉えるか

23

近年の土砂動態モデルに関する改良点

- 時間が許せば紹介させていただきます。
 - 観測=シミュレーションの統合化
 - 土石流シミュレーションとの統合
 - 土石流ポテンシャルの変化予測（明日小林が話します）
- 複断面河道モデルを用いた河道周辺氾濫域の高精度化
- 砂防堰堤の効果の導入
- 斜面崩壊の予測の高度化（すべり面予測）
- GUI開発

等

24