



2024年11月9日



山・川・海の連続性を考える 県民会議



埼玉大学名誉教授
浅枝 隆

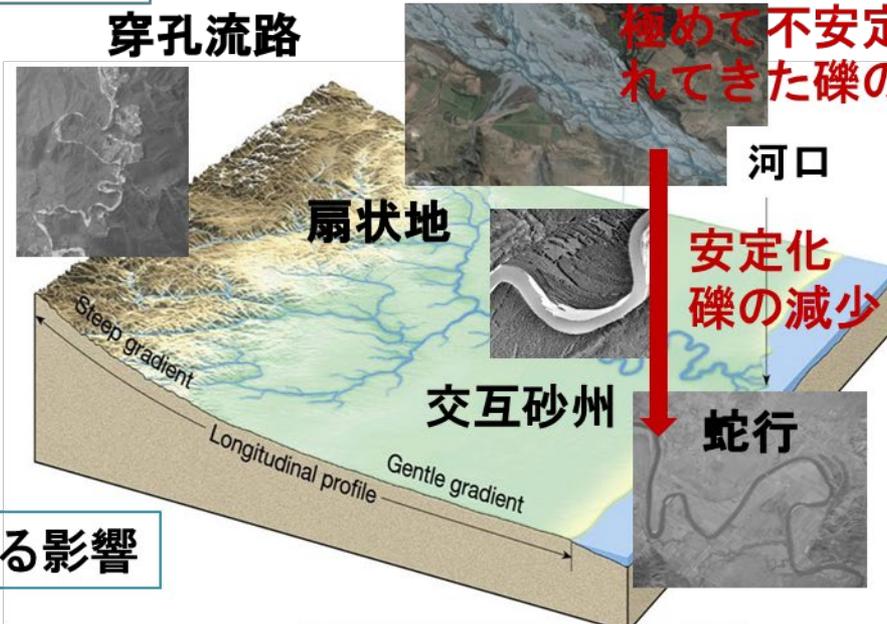
河道内の礫の役割

河道に対する形態

網状流路

穿孔流路

極めて安定



極めて不安定 洪水ごとに運ばれてきた礫の堆積により変化

河口

安定化
礫の減少

による変化

植生に対する影響



荒川



利根川

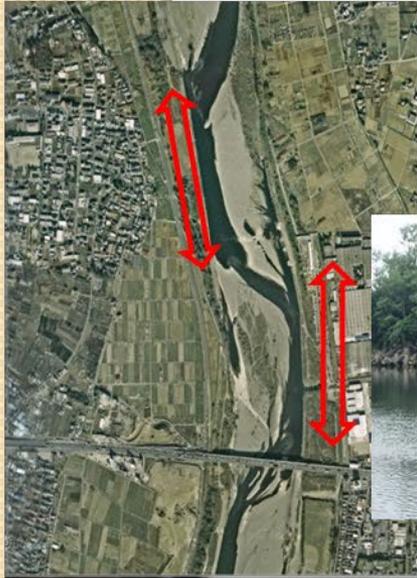


多摩川

- 礫の堆積場所は植生を圧迫、シードバンク、水分や栄養塩が不足
→ 植物の生長を抑制
- 礫の減少、植生の増加、河道の固定化、植生の更なる増加

現状の河道内の土砂の現状 (礫が不足した場合に生ずる現象)

網状流路の消失
深掘れの進行



大和厚木バイパス付近

寒川堰下流



橋脚の露出



河岸の樹林化



海浜の消失



寒川堰下流



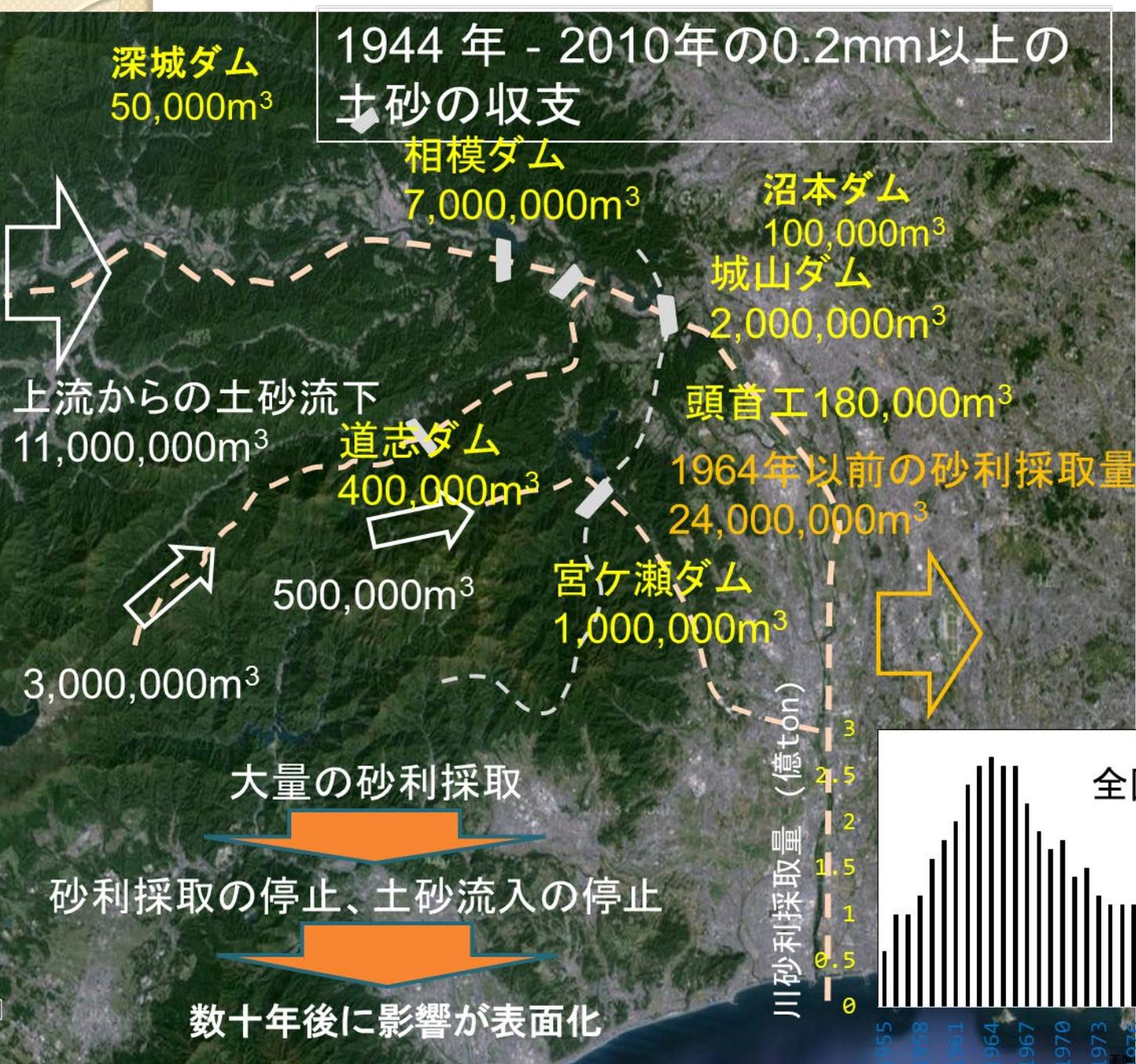
岩盤の露出



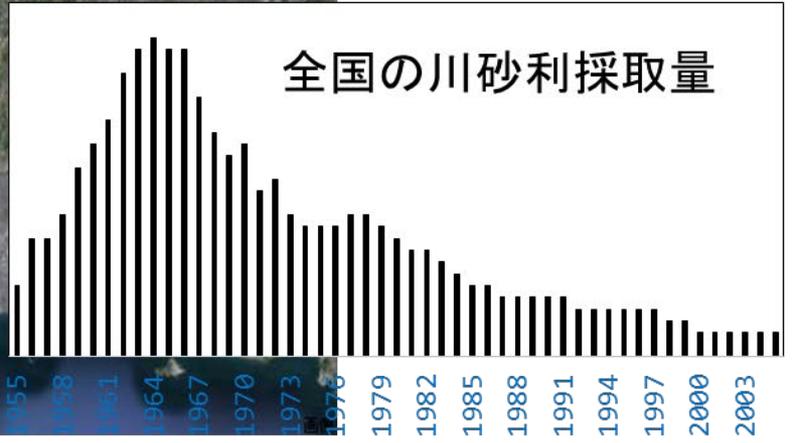
河道内の礫を減少させた直接的要因

1944年 - 2010年の0.2mm以上の土砂の収支

**砂利採取
ダムによる土砂
補足**



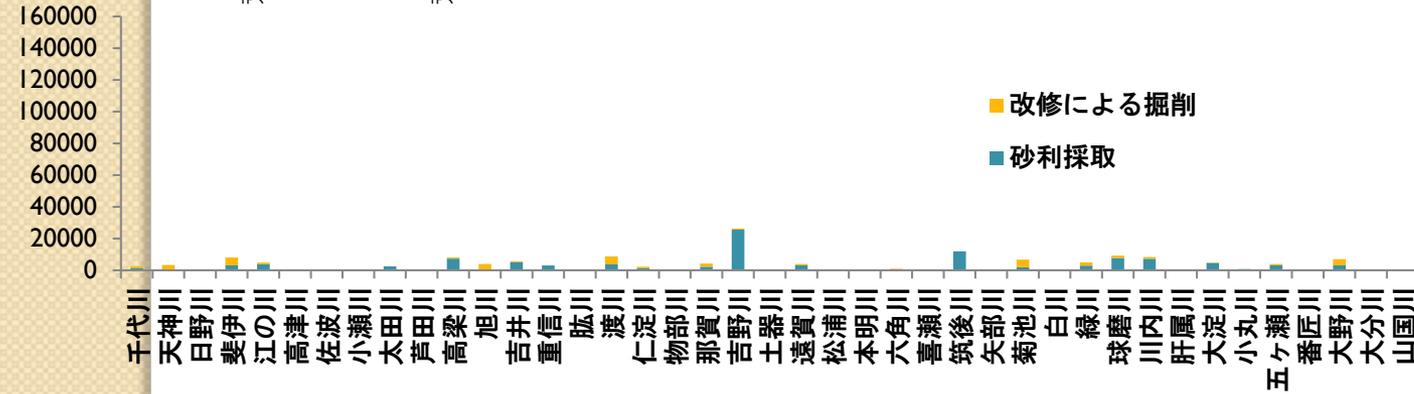
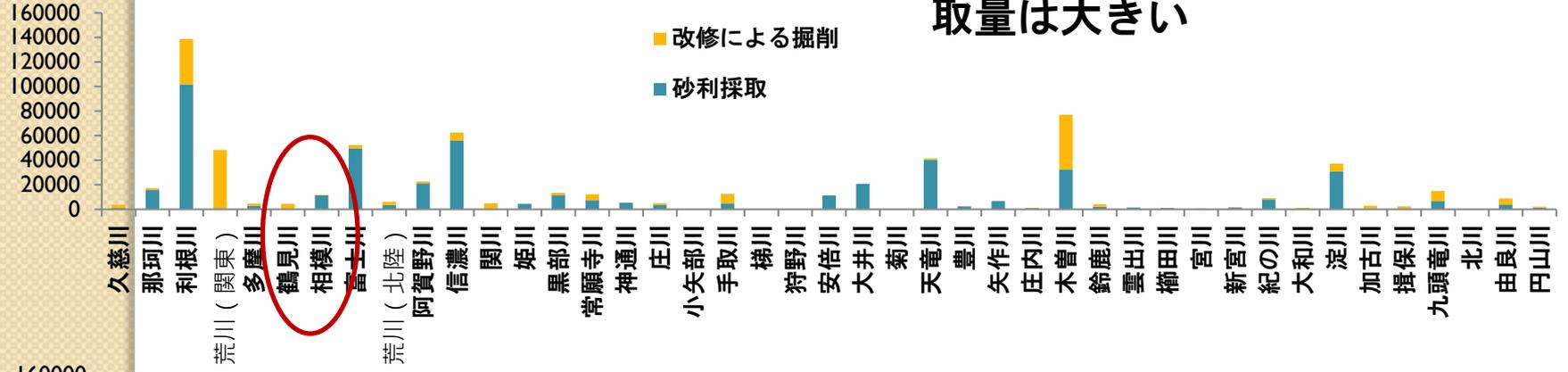
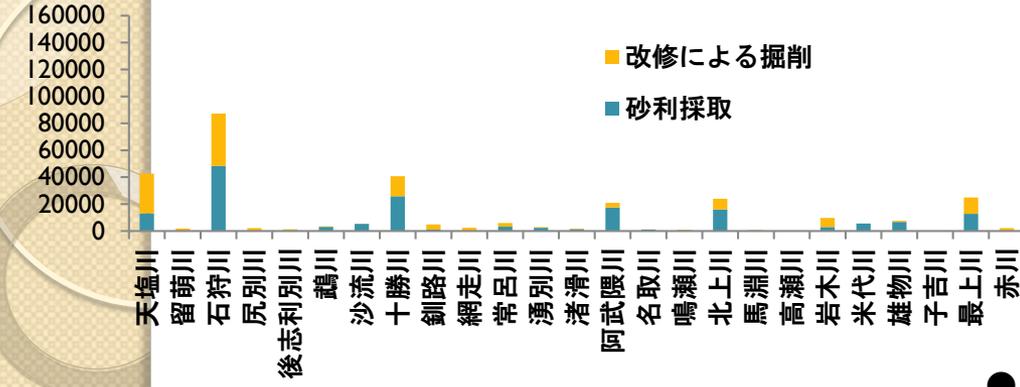
土砂流入の多い
河川にはダムが
建設されている



河道外への土砂搬出量

×1000m³/年

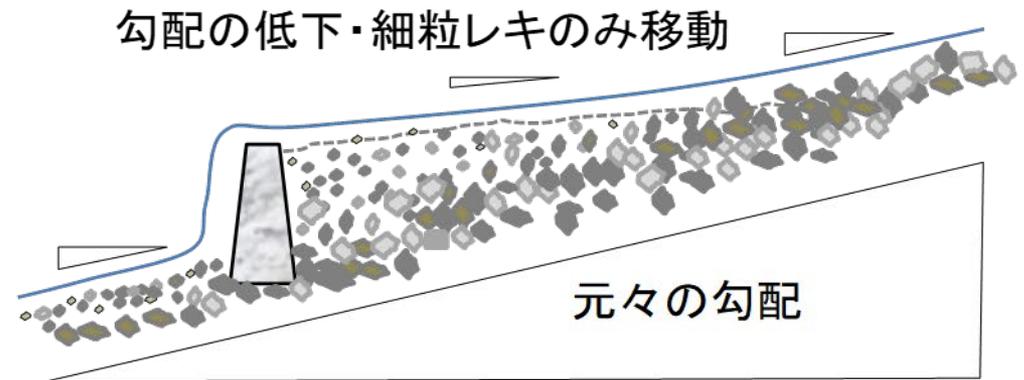
● 大河川、大都市周辺河川の砂利採取量は大きい



沿川の土地利用の高度化（都市化、農地化）



ダム・堰の建設及び砂防事業



土石流や斜面の崩壊は大変な災害
防災上、多くの砂防ダムがつけられた：
砂防ダムは川への土砂の流入を抑え、細粒化を行う

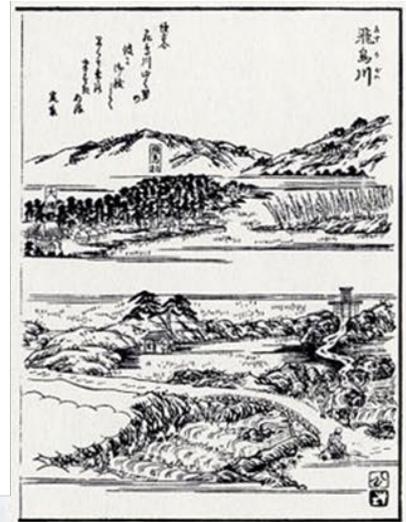
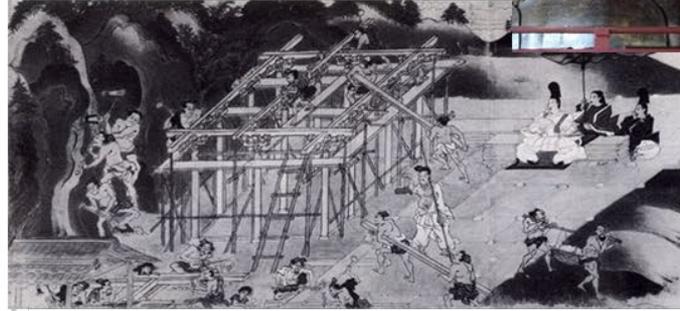


**土砂生産と河川との関係の歴史
—土砂流入減少の背景—**

森林伐採は畿内から徐々に全国に広がった



山林の消滅、禿山の増加

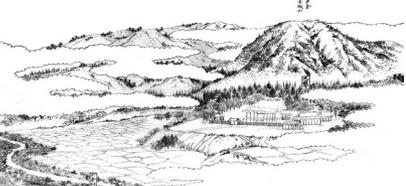


大津市 一足野宮有林(田上山) 大正5年5月(1916)
山腹工施工前の荒廃状況
写真提供：滋賀県林業協会



図 3-3 記念建造物のための木材伐採圏 (タットマン [1998] より)

江戸時代 (室町時代...)



樹木の利用

↓
禿山

↓
大量の土砂生産

大量の礫

↓
礫河床河川

それ以前
上流域が樹木で覆われる



少ない土砂生産



微細土砂河道
河道は水際まで植生で覆われる

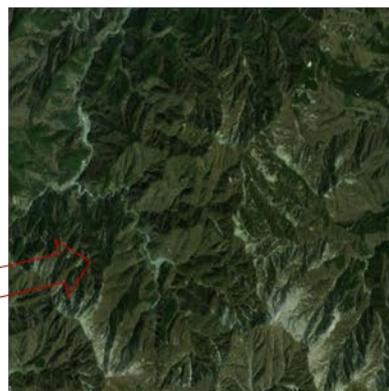
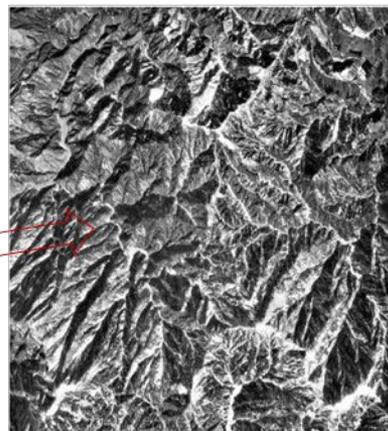
礫河原

- 人間活動の中からつくられた自然
- 1000年程度を経過
- 礫河原特有の生態系が発達

近年の樹林化

- 自然の改変による土砂流入量の低減
- 過去の状況への回帰

神奈川県丹沢の例



山腹の緑化事業



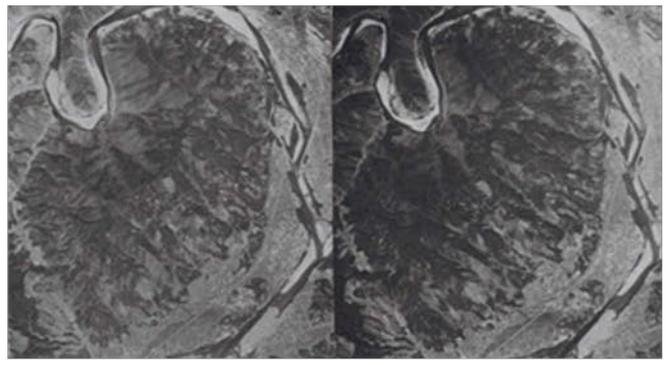
中津川溪谷
明治時代に伐採が進む
現在は緑化が進行



- 山腹の緑化によって土砂の生産は減少
- 流域土地利用の高度化によって河川への土砂流入は停止
- 人間活動によって生じる現象

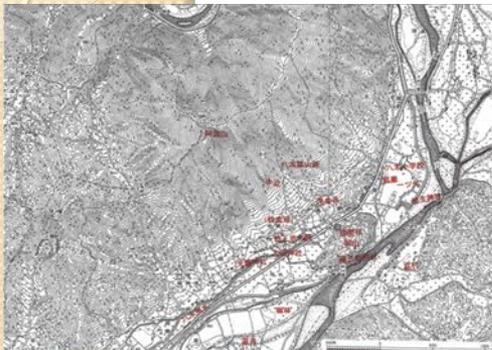
土砂災害との関連 2014年広島土砂災害

1948



1975

山林緑化が進むと
土砂災害の規模が
拡大



1868

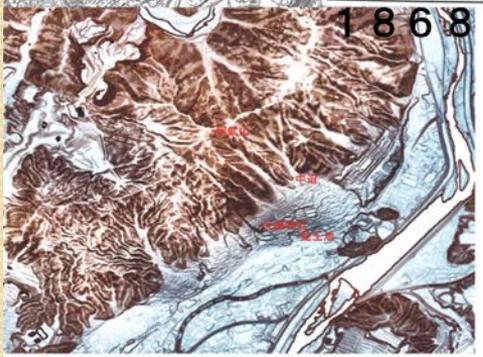
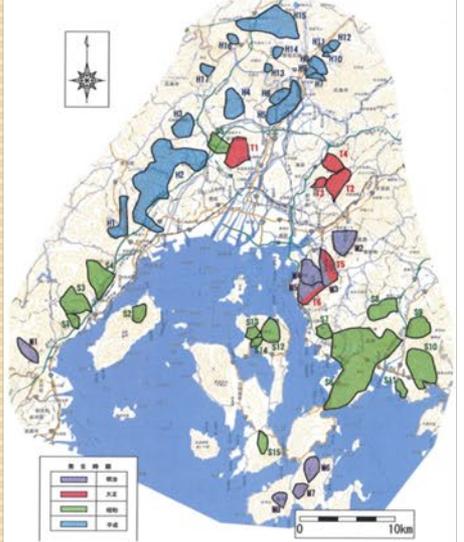


図2 安佐南区八木地区の1:2万正式図(1868年測図、「上安」「可部」図幅、主な地名を添記)
図3 安佐南区八木地区の縮刷図(井上誠作成)



大陸河川の実態

大陸地域の河川中流域



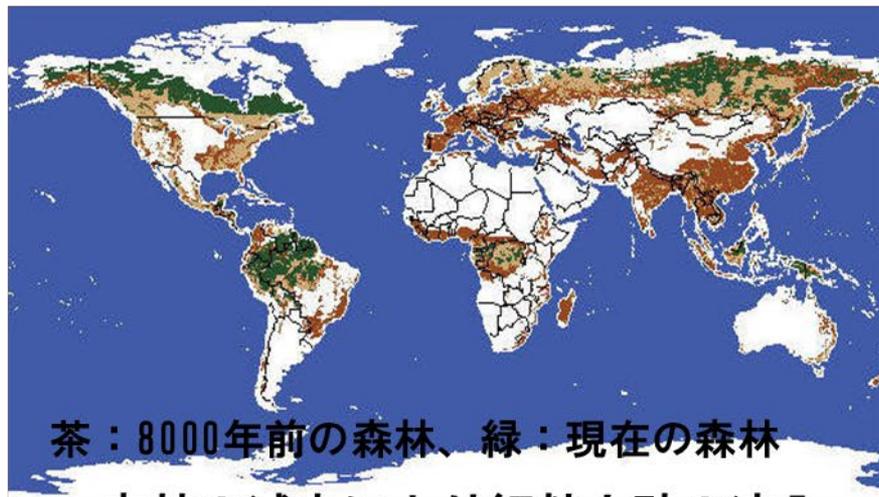
ミシシッピ川河岸



~100年前



大陸河川でも植生は増加傾向



- 森林の減少により細粒土砂の流入
- 河岸植生の増加

大山脈周辺の河川中流域 (大量の粗粒土砂流入がある場合)

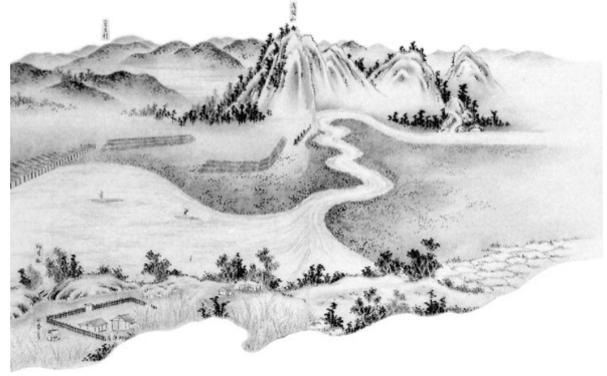
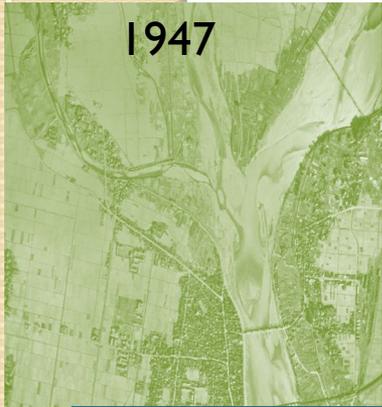
タリアメント川



ブラマプトラ川



- 水際と樹林帯との間に広い礫河原がみられる
- 樹齢は大きい
- 草本群落は少ない



植生群落と関係した土砂管理の必要性



河道内の樹林化

河床材料の大きさによる違い



礫河床河川



砂、シルト河床河川



- 洪水後、植生の回復が遅れる
- 樹林の樹齢が低い
(樹木の侵入は洪水による)
- 洪水後、草本の回復が極めて速い
- 植生の密度が高い
(植生密度は土壤水分、
栄養塩濃度による)

わが国河川

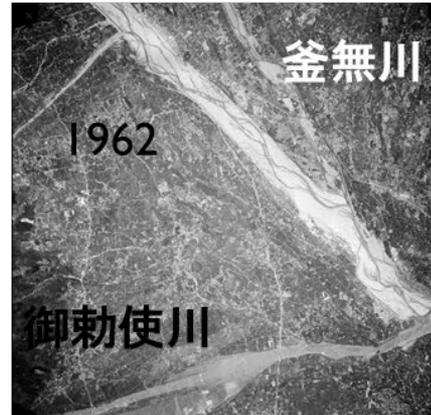
- **問題は土砂全体量の減少と同時に細粒化**

河道形態の戦後の変化

相模川 三川合流地点



カワラノギク
Aster kantoensis



- 網状流路から複列砂州流路への遷移途上
- 河道内は徐々に細粒化
- 河道内は礫に覆われる

江の川 川本下流



1950-60年代以前

- 河道内は礫で満たされる
- 流路形態は網状

洪水時に礫が下流に供給され、堆積

洪水ごとに河道が変化



河道が網状になる

- 現在
- 河道が固定され、交互砂州が発達
 - 河道内の樹林化が進行

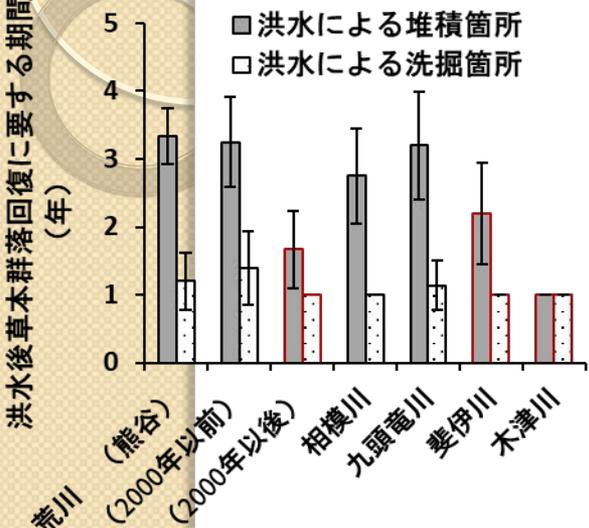


- 河道を変化させる礫の流下がない
- 植物繁茂を抑制する礫がない

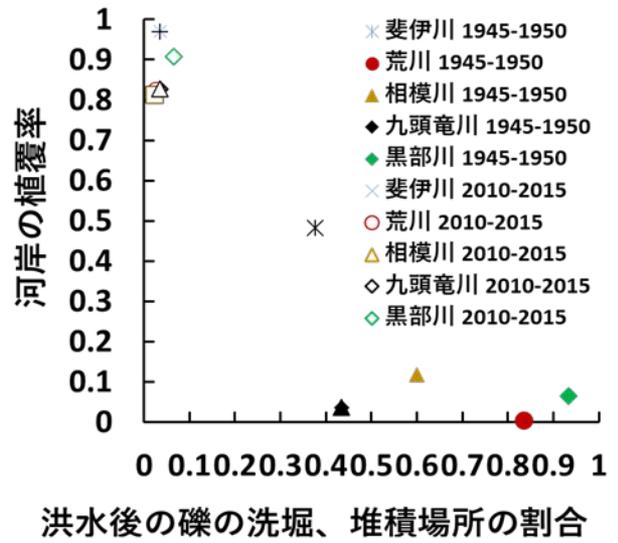
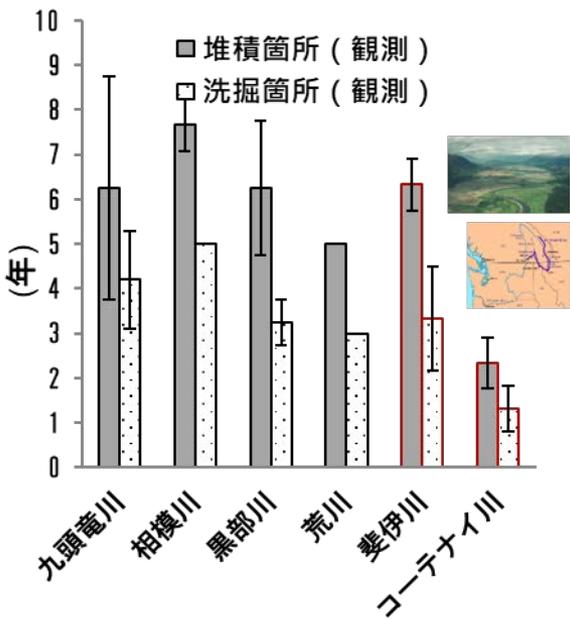
洪水流失後、植物群落再生開始までに要する期間

赤枠：砂河床

洪水後草本群落回復に要する期間 (年)



洪水後樹木の回復に要する時間 (年)



樹木群落再生開始までの期間

礫河道：堆積箇所6-8年 洗掘箇所 3-5年
 砂河道：堆積箇所3-6年 洗掘箇所 1-2年

草本群落再生開始までの期間

礫河道：堆積箇所3年 洗掘箇所 1年
 砂河道：堆積箇所2年 洗掘箇所 1年

礫堆積の影響



砂堆積の影響

礫の増加 > 植生の増加
 上流の植生の増加 > 礫の減少

河岸

河岸の細粒化



密な樹林化



河床

細粒土砂の増加 礫を埋没させ固定化



沈水植物の繁茂

西日本：オオカナダモ



全国：カワシオクサ



漁場としては不適

河道内の樹林化管理



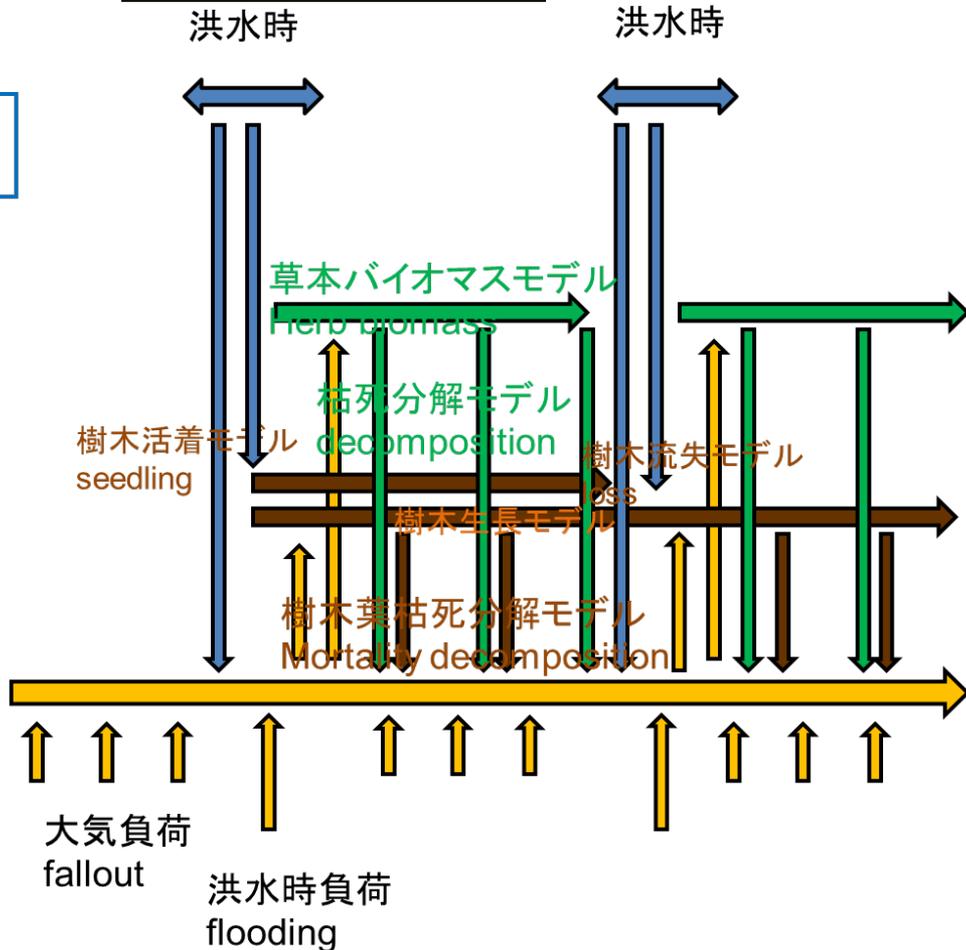
現象のモデル化
—DRIPVEMモデル—

河床変形および水文現象
Hydrology morphology

多年生草本
Herb biomass

樹木 trees

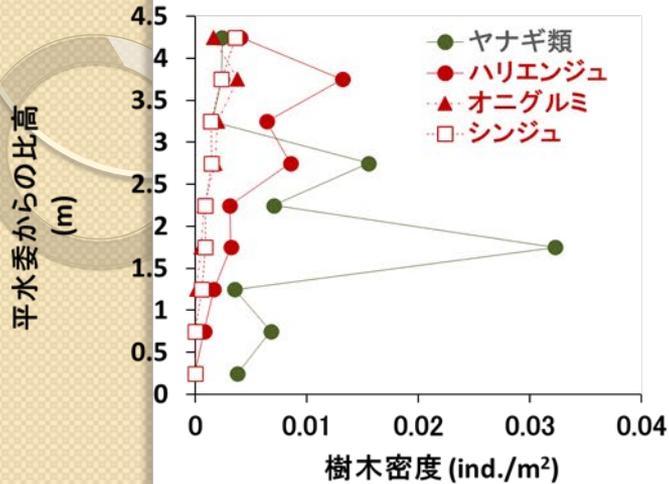
砂州土壌栄養塩
Soil nutrients



$$\sum_i \frac{d}{dt} (\text{樹木数}) = \underbrace{(\text{種子の定着}) * (\text{生長時の生存率})}_{\text{多数の研究が存在}} - (\text{洪水による流失、枯死})$$

Phase based model では一定の植生遷移過程を仮定 ⇨ 洪水かく乱過程のみで植生パターンを表現

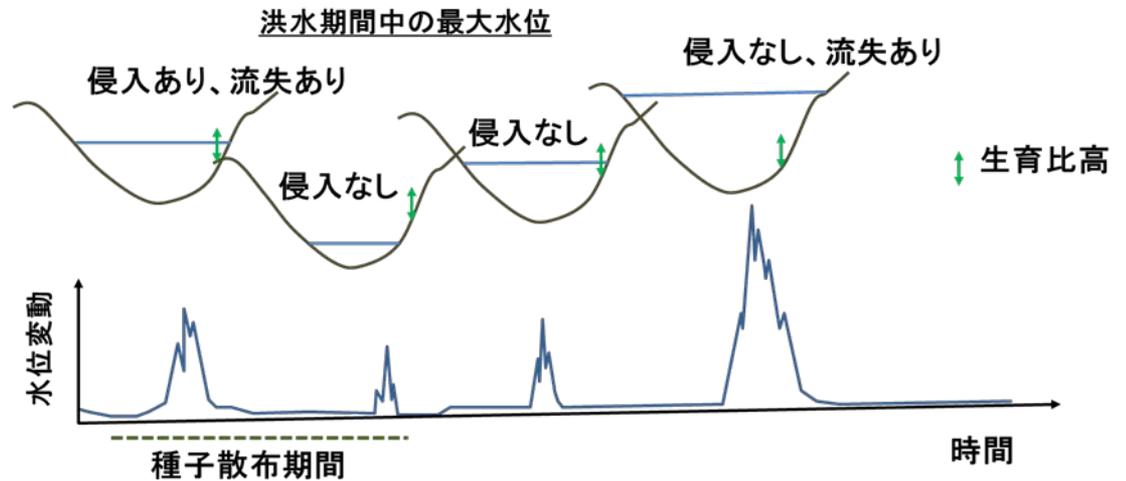
樹木の侵入条件及び比高 —樹種によって異なる—



洪水による種子分散

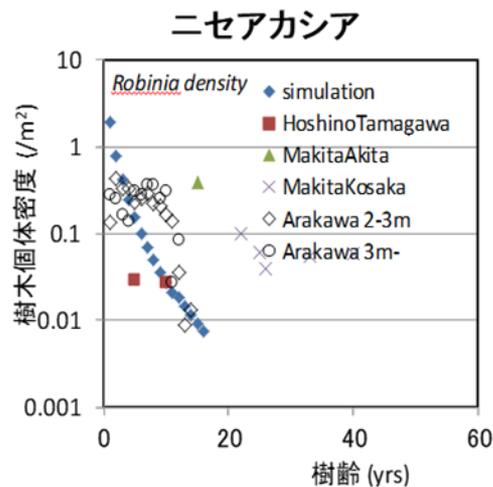
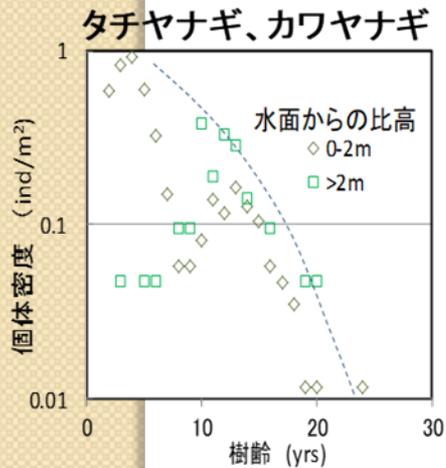


生育可能な比高の解析

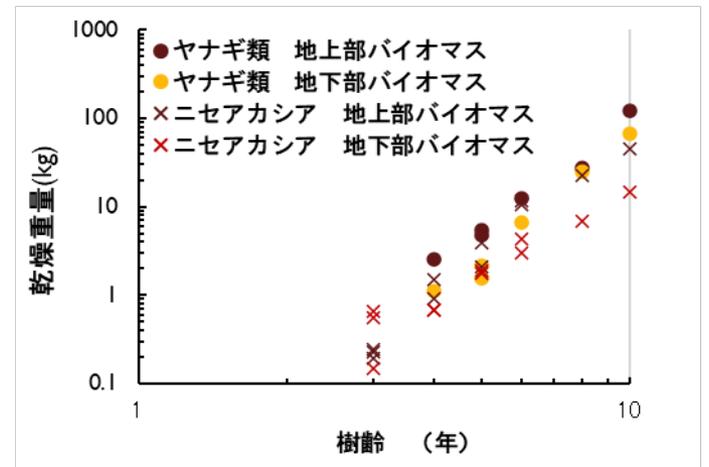


	ヤナギ類 <i>Salix</i> spp.	ニセアカシア <i>Robinia pseudoacacia</i>
必要となる洪水特性	4月-5月初めの洪水	8月-9月の洪水
侵入する水面からの比高	種子散布から3-4週間以内に生ずる洪水 0-3m	2-5m(洪水ピークから1m以内)
侵入に必要な土壌特性	タチヤナギ:シルト カワヤナギ:新しく堆積した砂 草本大群落外	主に微細土壌 草本大群落外
初期密度	30 seedlings/m ²	0.3 seedlings/m ²
生長過程での自己間引き	AGE ⁻²	0.3(8 ⁴ /(8 ⁴ +AGE ⁴))

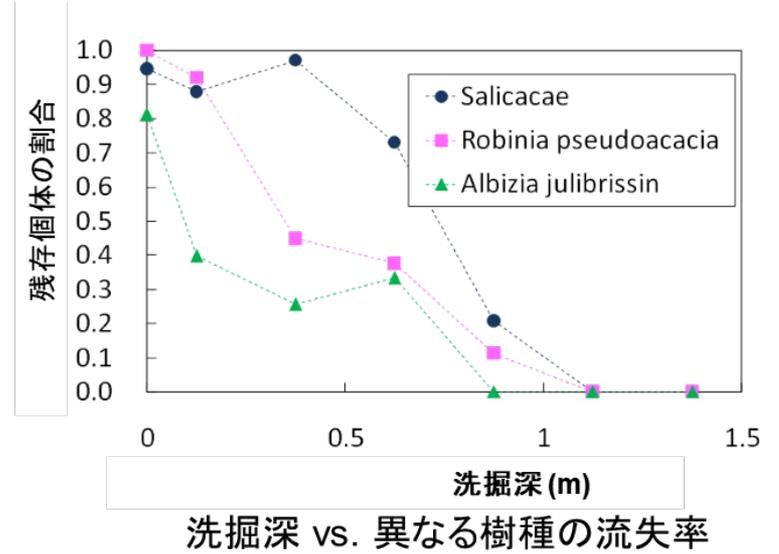
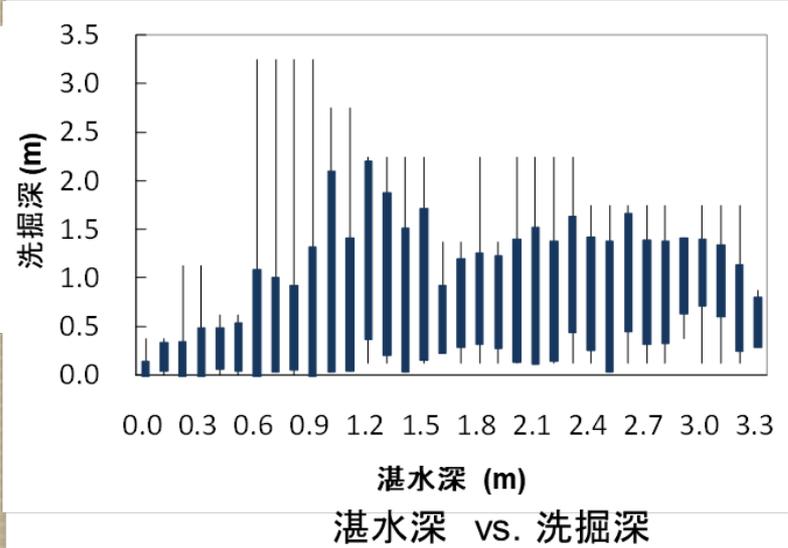
自己間引き率



生長特性



樹木の流失モデル



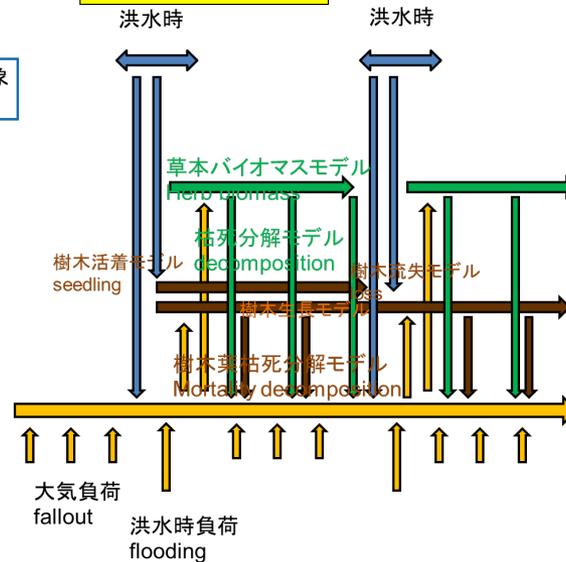
現象のモデル化 —DRIPVEMモデル—

河床変形および水文現象
Hydrology morphology

多年生草本
Herb biomass

樹木 trees

砂州土壌栄養塩
Soil nutrients

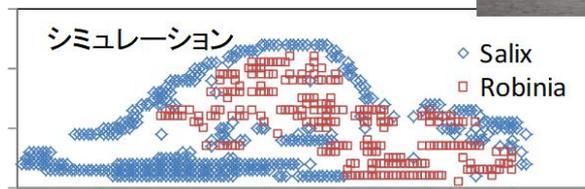
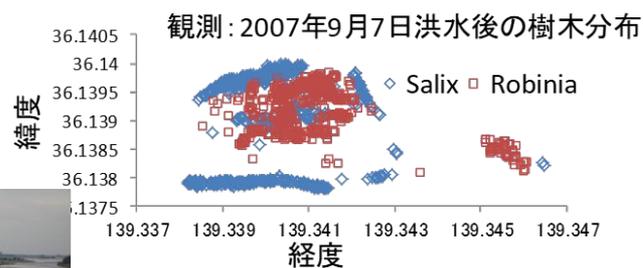
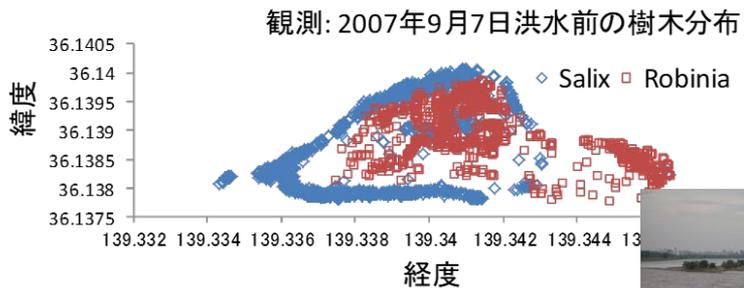
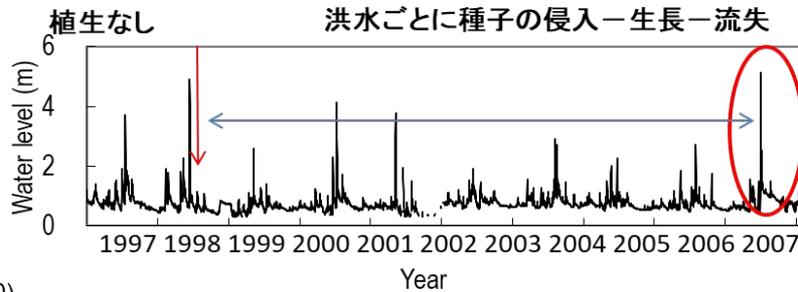


シミュレーション結果の例

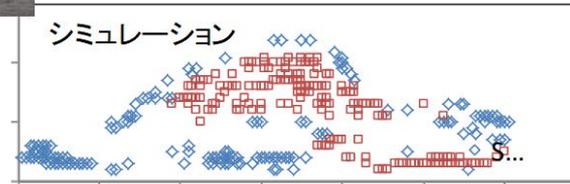
荒川 熊谷砂州の例



Asaeda et al. Rive. Res. Appl. (2010)



10年間計算後: 2007年の洪水前

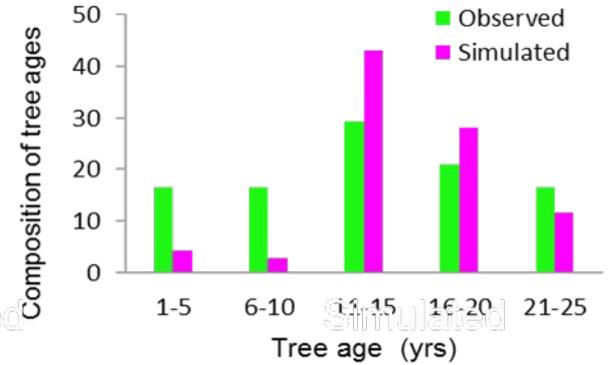
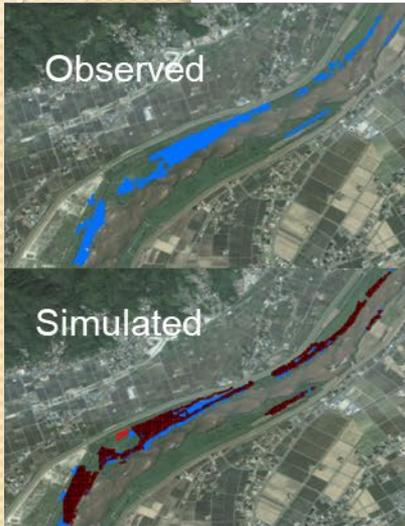


2007年の洪水後

斐伊川 (50年間のシミュレーション結果)

草本類

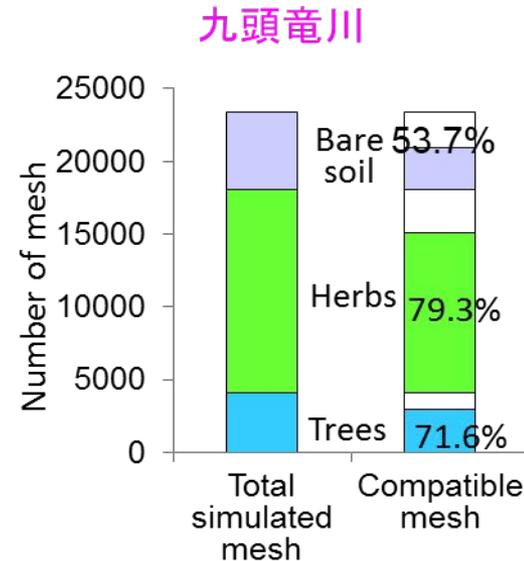
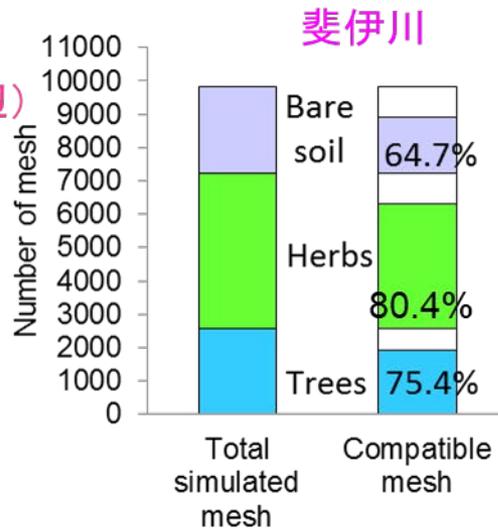
年齢構成の比較



計算されたメッシュの観測結果との比較



柏模川中流部
(磯部頭首工周辺)

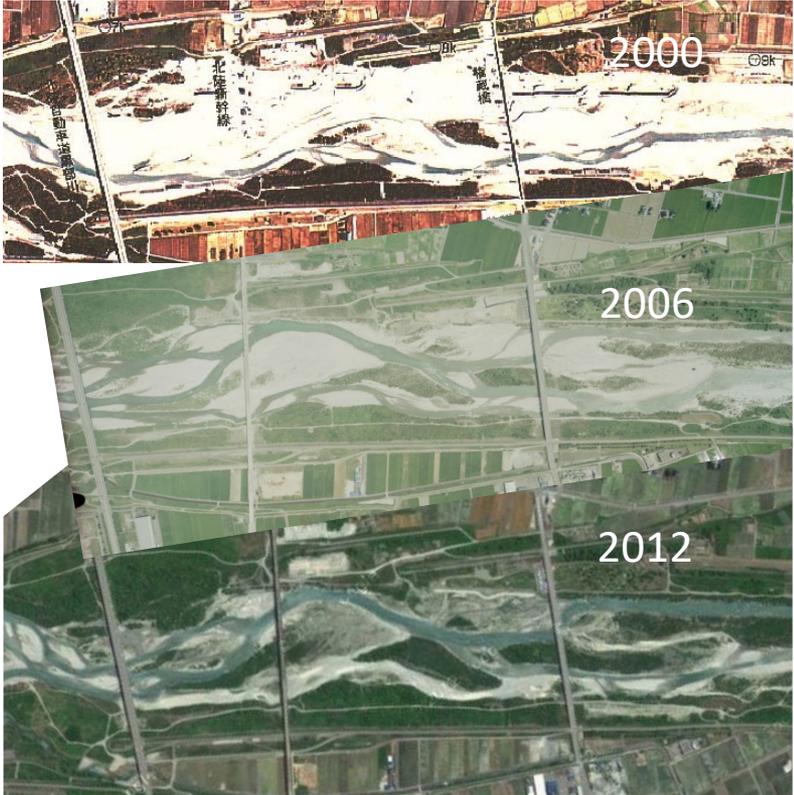


土砂還元事業

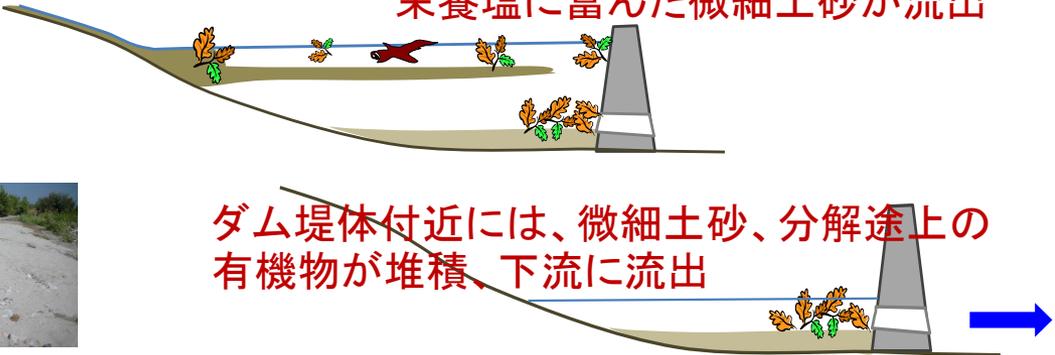
排砂ゲート



排砂ゲート



栄養塩に富んだ微細土砂が流出



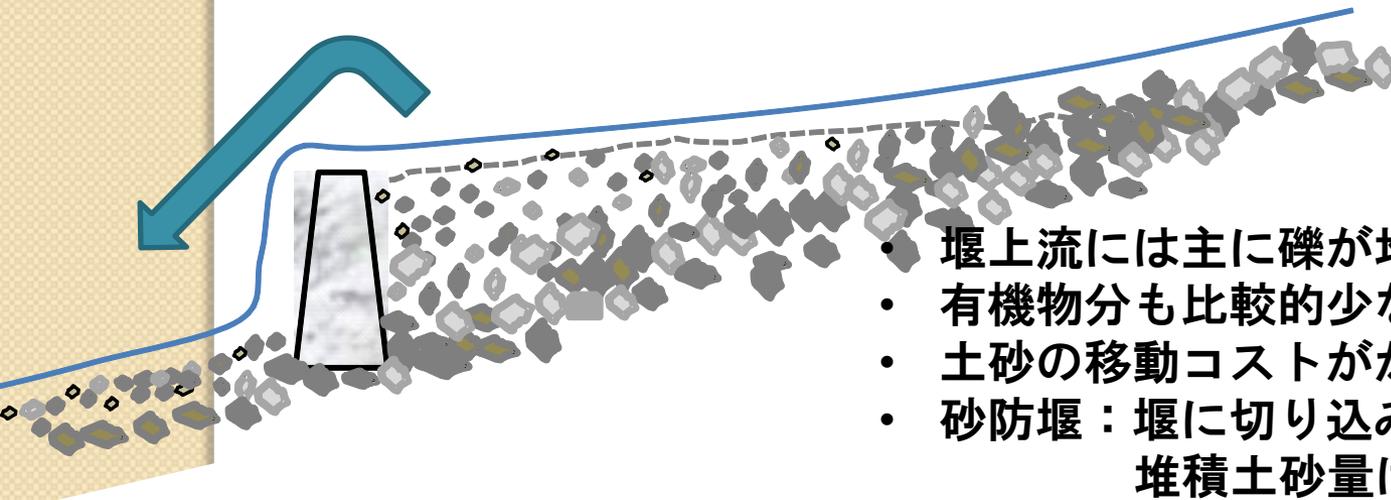
ダム堤体付近には、微細土砂、分解途上の有機物が堆積、下流に流出



中流の堰、支流の砂防ダムとの透過化



堰に堆積した土砂の下流への還元



- 堰上流には主に礫が堆積
- 有機物分も比較的少ない
- 土砂の移動コストがかからないことから安価
- 砂防堰：堰に切り込み
堆積土砂量はあまり変わらない
- 取水堰：一部ゲート化

高水敷の切り崩し、深掘れ部の埋め戻し



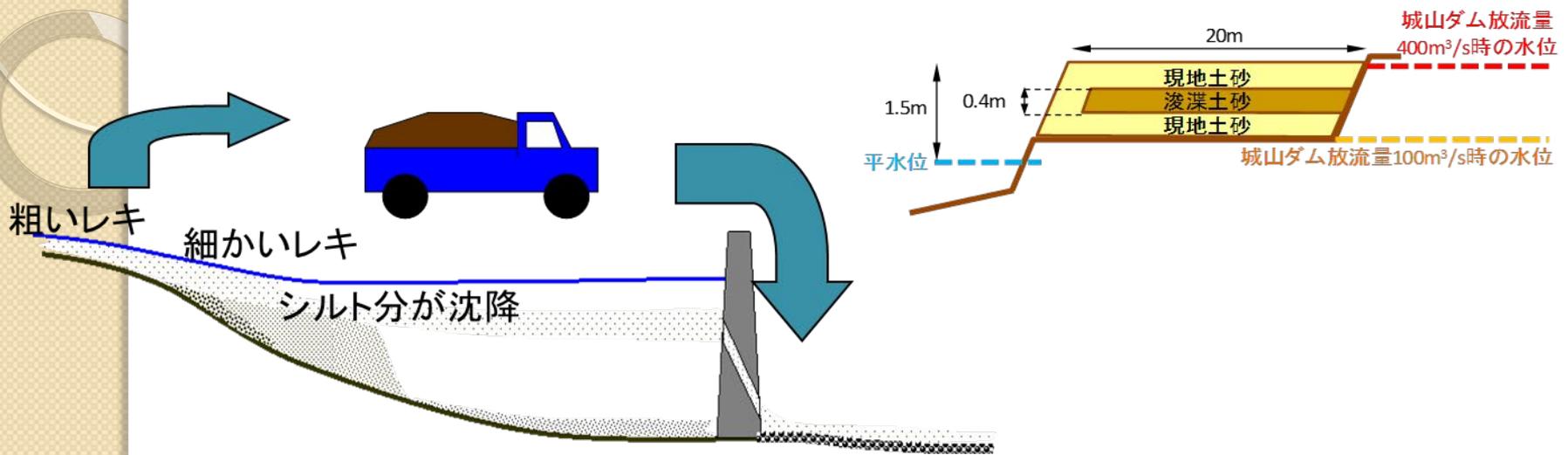
高水敷を切り下げて滞筋の埋め戻し

- 元々の断面形に戻す
- 高水敷の構成土砂は粗粒レキを多く含む
- 一旦乱された河床は洪水時に動き易い
- 高水敷の樹林の除去
- 河床表面の攪乱も有効である

河床の礫の掘り起こし（耕運）

- 掘り起こされた礫は洪水時に動きやすい

置き砂



2018年7月 8484m³



洪水

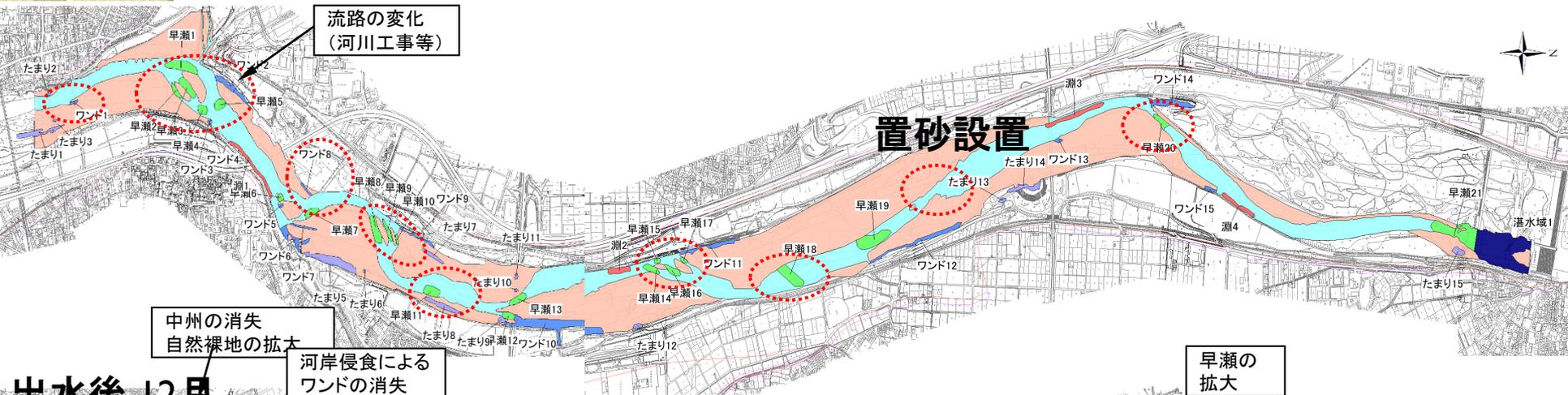
2018年12月 4914m³



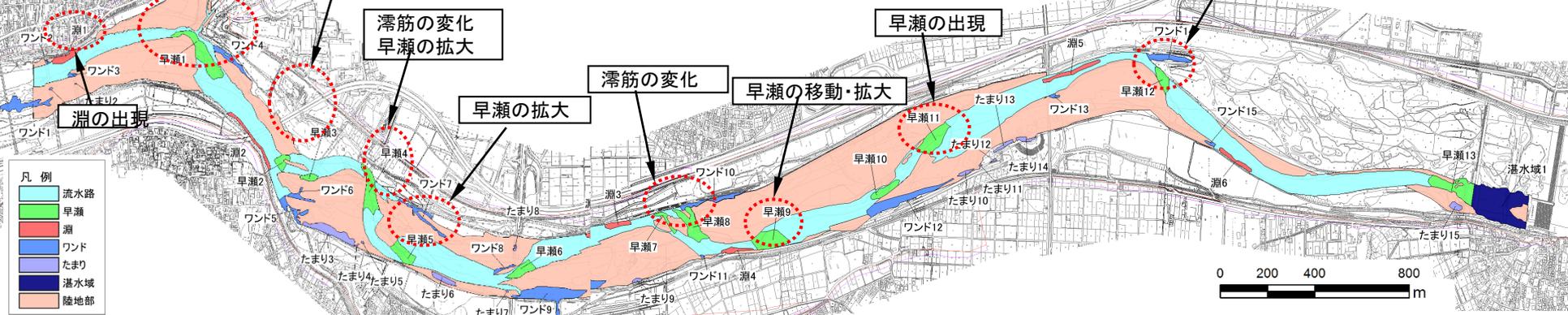
【出水前後における瀬・淵分布の変化】

- ・早瀬：土砂の移動・堆積により面積が拡大、または新規に出現
- ・淵：とろの状態であった箇所が、出水による深掘れにより淵へ変化
- ・ワンド：河岸の侵食等により流水路が拡大し縮小又は消失
- ・たまり：陸地化により一部縮小

出水前 7月



出水後 12月



日本の河川の将来

日本の河川の現状



荒川



多摩川



利根川



太田川



大陸河川の様相



ミシシッピ川



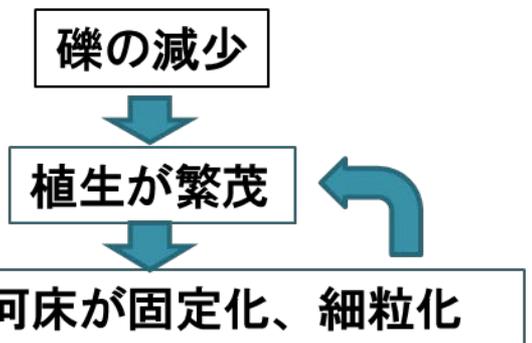
ミズーリ川



テームズ川

礫流入量の減少
大陸河川中流域の様相
に近づき、水際まで樹
林化：土砂の補足
治水は極めて危険

- 水際に礫河原、砂州がみられる
- 樹齢は一般に小さい
- 河岸には草本群落が卓越している



- 砂-シルト河床
- 水際まで高木に覆われている
- 礫河原・砂州はほとんどみられない
- 草原もほとんどみられない
- 流土砂は洪水ごとに補足される（二極化）

まとめ

- 日本の河川においては、近年、礫が著しく不足して生きている
- 礫の不足の要因としては、砂利採取、堰やダムによる捕捉の他に、上流の山岳地域の緑化や流域の土地利用の高度化による、礫の流入停止がある
- 過去には、上流の山岳地域には樹木がなく、河道内には礫が豊富に存在していた
- 礫河原は人間活動の結果であり、山の過度な緑化が進むと土砂生産が減少、川の樹林化は進行する
- 礫流入の減少によって、河岸、河床の微細土砂化が進行、河岸の樹林化、河床に植物群落の発達を誘発する
- 予測としては樹種ごとの個別別予測が必要である
- 相模川では対策として、置き砂が行われているが、更なる検討が必要である



ありがとうございました

