

自然堤防帯河川の高水敷掘削後の土砂堆積

岐阜大学 流域圏科学研究センター 原田守啓

1. 自然堤防帯ってどんなところ？ 原生的な自然堤防帯河川の特性

山間地

谷底平野

扇状地

自然堤防帯

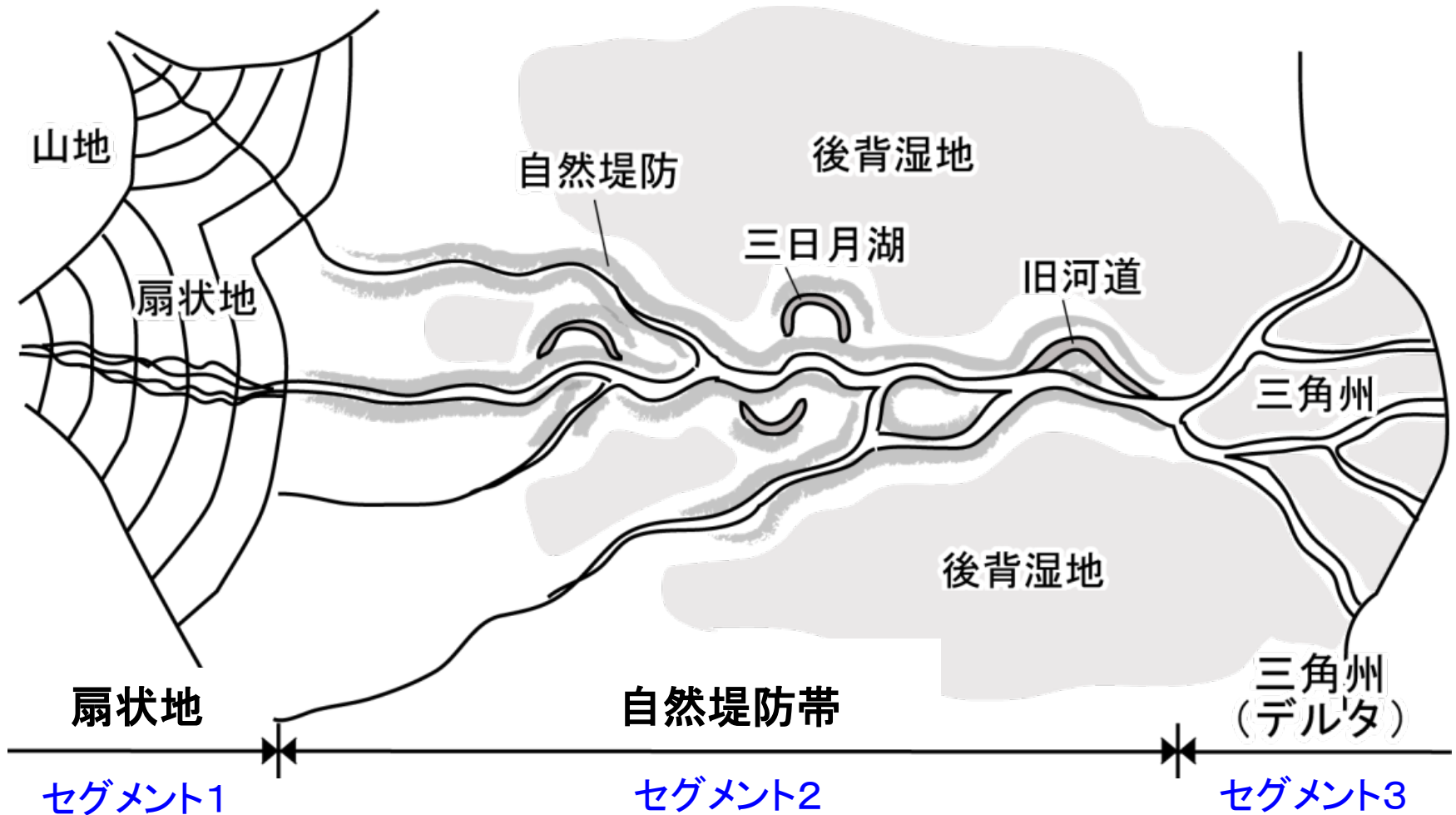
デルタ(三角州)

セグメント区分とその特徴

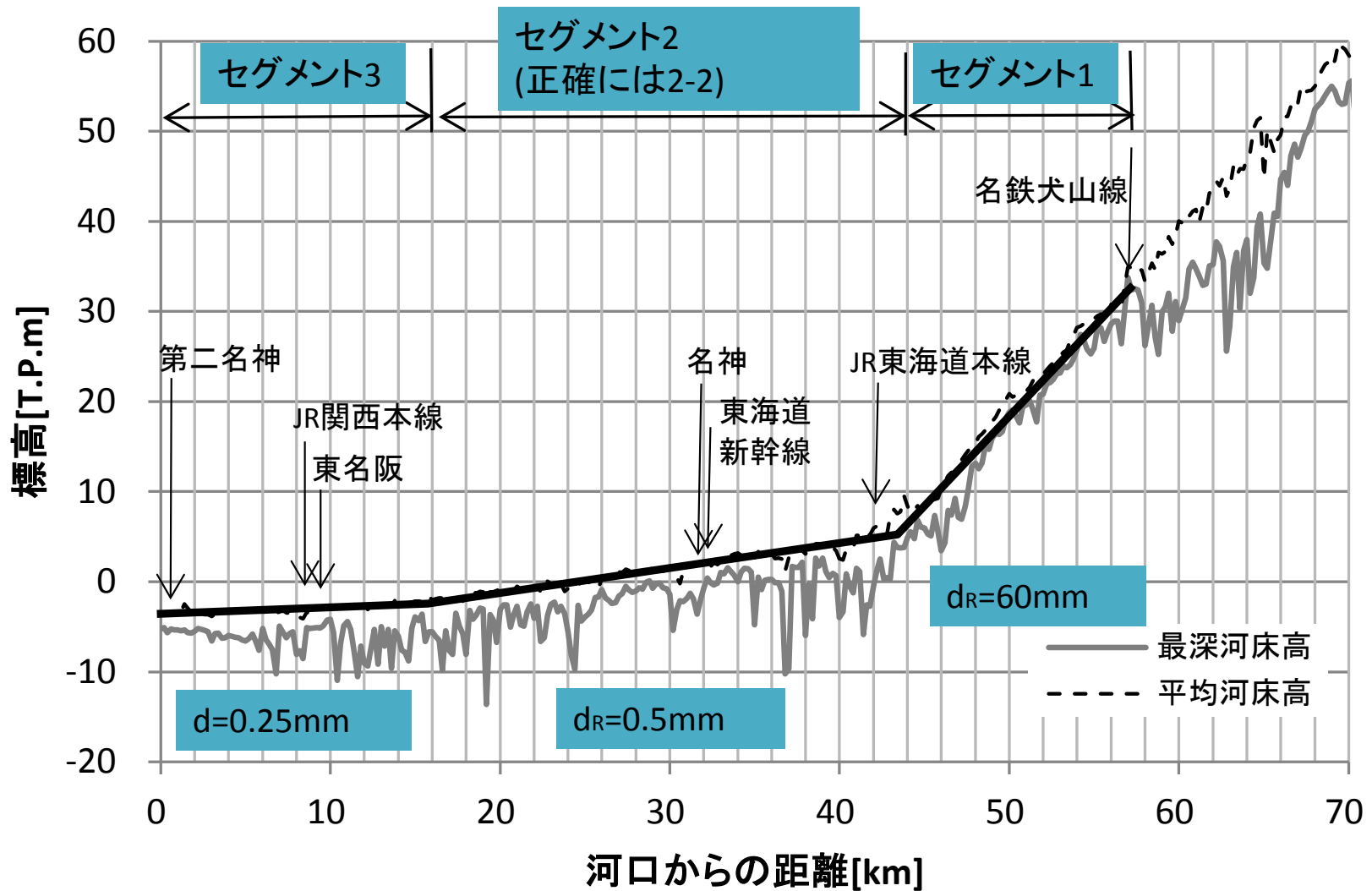
項目と区分	セグメント M	セグメント 1	セグメント 2		セグメント 3
			2-1	2-2	
地形区分	← 山間地 → ← 扇状地 → ← 谷底平野 → ← 自然堤防帯 → ← デルタ →				
河床材料の 代表粒径 d	様々	2cm 以上	3cm～1cm	1cm～ 0.3mm	0.3mm 以下
河岸構成物質	河床河岸に岩が出ていることが多い。	表層に砂、シルトが乗ることがあるが薄く、河床材料と同一物質が占める	下層は河床材料と同一、細砂、シルト、粘土の混合物		シルト・粘土
勾配の目安	様々	1/60～1/400	1/400～1/5000	1/5000～水平	
蛇行程度	様々	曲りが少ない	蛇行が激しいが、川幅水深比が大きい所では 8 字蛇行または島の発生		蛇行が大きいものもあるが小さいものもある
河岸侵食程度	非常に激しい	非常に激しい	中、河床材料が大きいほうが水路はよく動く		弱、ほとんど水路の位置は動かない
低水路の平均深さ	様々	0.5～3m	2～8m		3～8m

出典：沖積河川学

沖積平野の地形区分

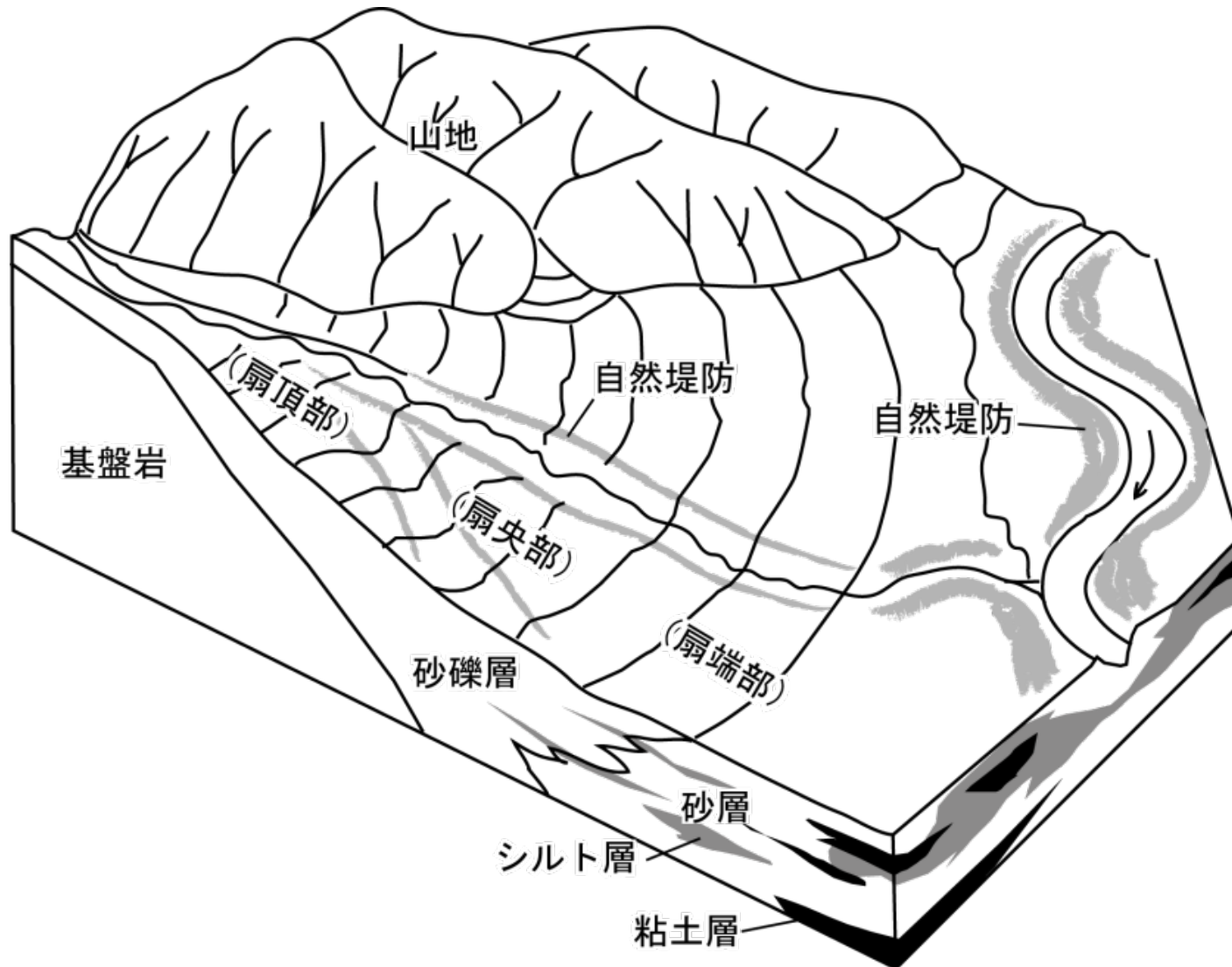


木曽川の縦断勾配と地形区分

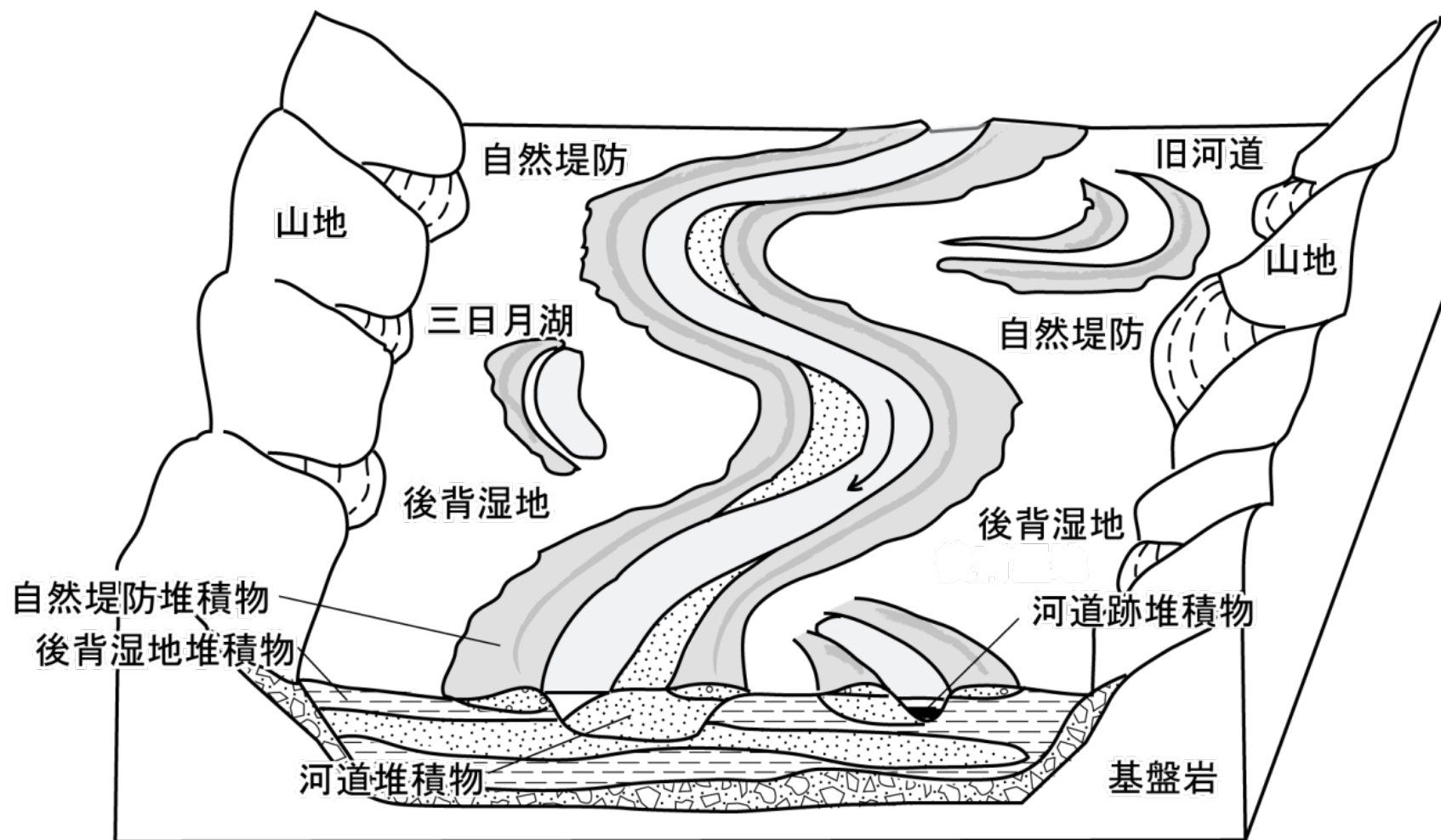


細かく見ていくと、セグメント内で、支川合流点などを境にして、勾配や河床材料が変化していることも。⇒小セグメントという。

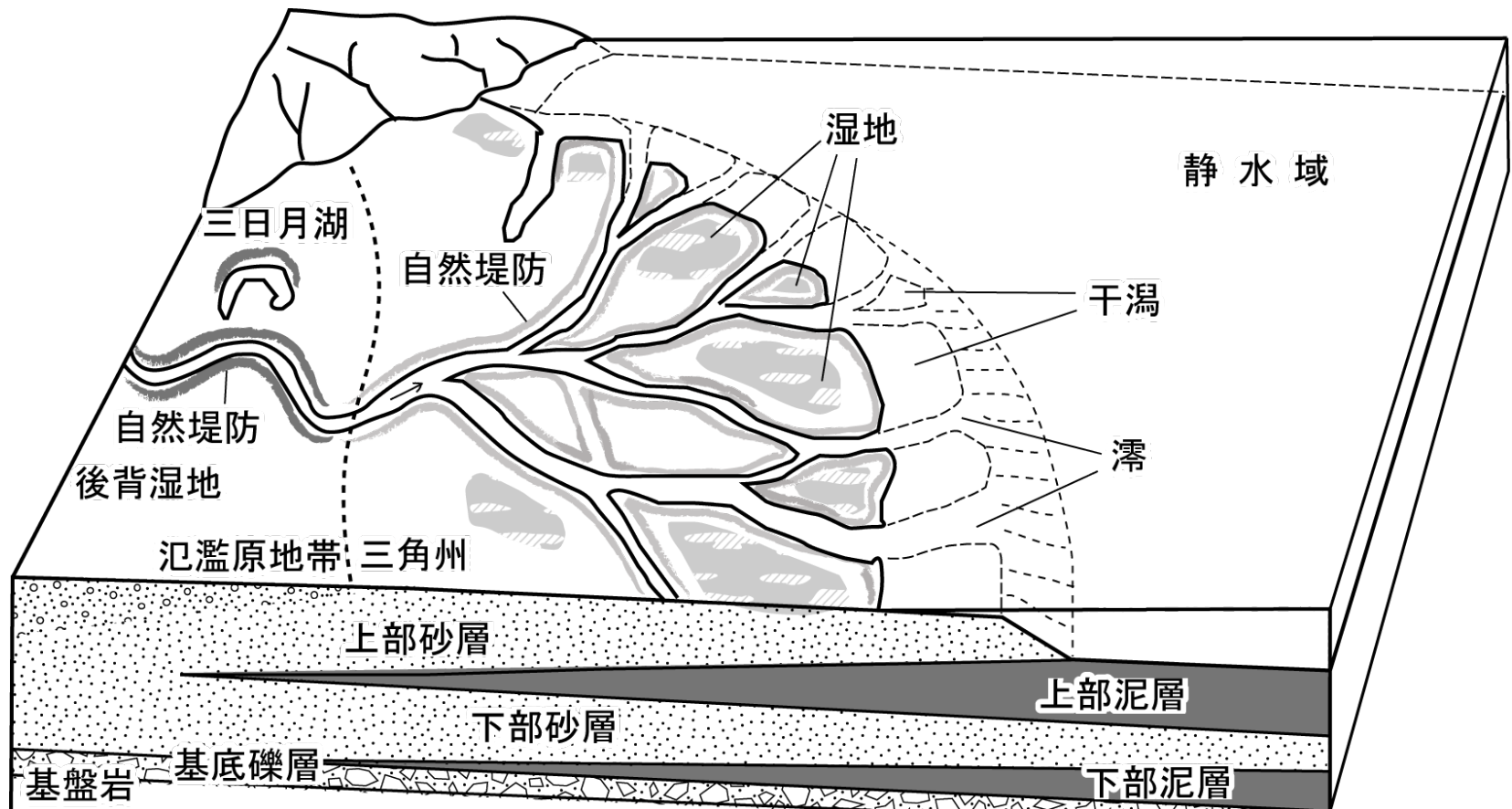
扇状地



自然堤防帯

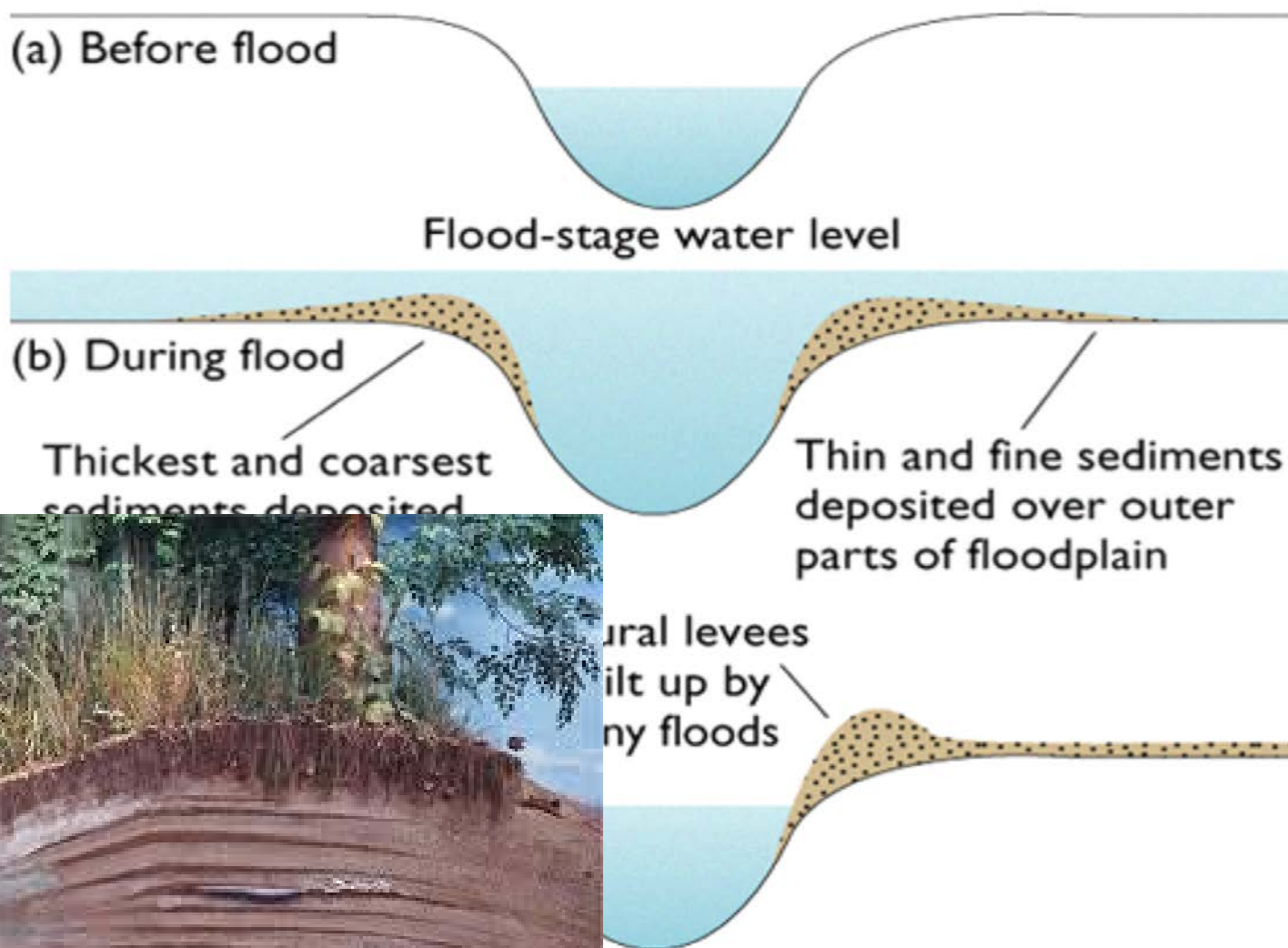


デルタ

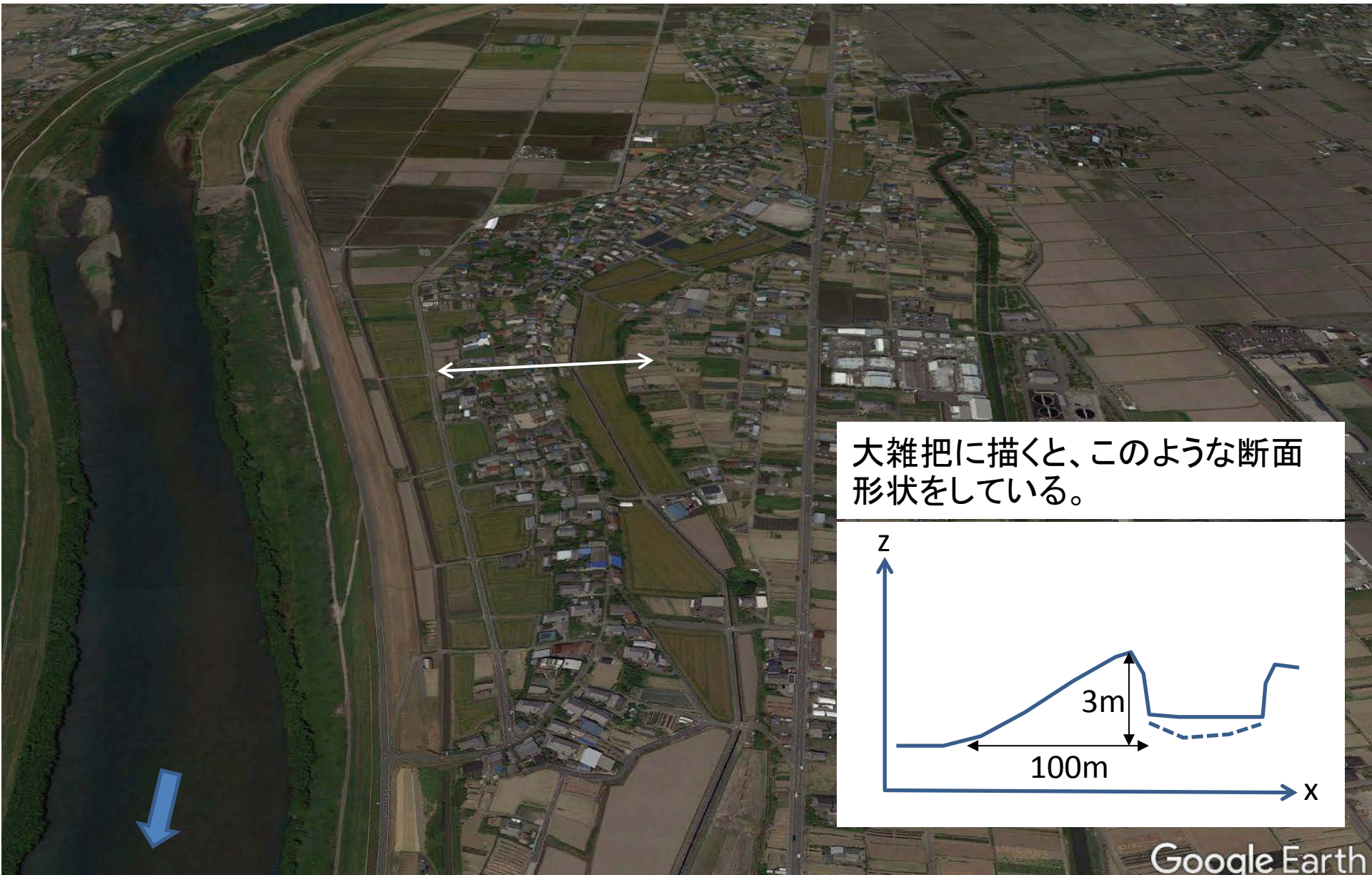




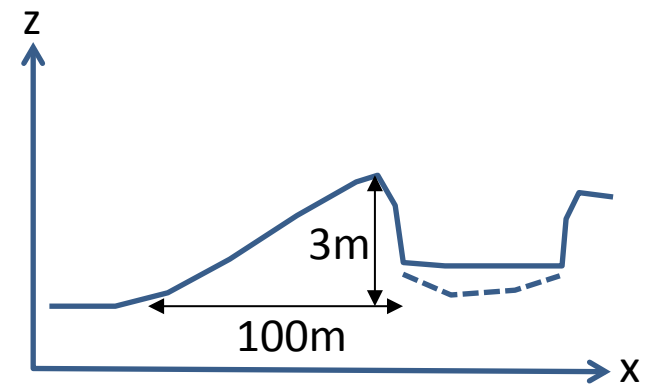
自然堤防はどうやってできる？



揖斐川旧河道の自然堤防（安八郡）



大雑把に描くと、このような断面形状をしている。



世界各地で調べられた 原生的な自然堤防帯河川の満杯頻度

① 1.07～1.9年 ⇒ 1.5年に一度程度

(20河川のbankfull discharge、主にインディアナ州, Leopold et.al. 1964)

※温暖大陸性気候or温暖湿潤気候 1000mm/y程度

② “Middle” Bench 1.02-1.21年, “High” Bench 1.24-2.69年

(24地点、オーストラリアニューサウスウェールズ州、Woodyer 1968)

※内陸ほど乾燥。数百mm/y程度

③ 1-2years flood but less frequent flooding downstream

(イギリス南部の流況に特徴のある3河川 Harvey 1969)

④ 土砂輸送が最も効果的な流量は1.1-1.5年 on the annual series.

Bank fullの発生頻度はもっと低く、4-10年 on the annual series.

(イギリス南部のCumberland Basin, Pickup 1976)

(イギリス南部のCumberland Basinの4河川, Pickup & Warner 1976)

※西岸海洋性気候 数百mm/y程度

⑤ Ta 1.25-1.75年に50%の地点が入った。(Yampa R.)

しかし結構幅がある。

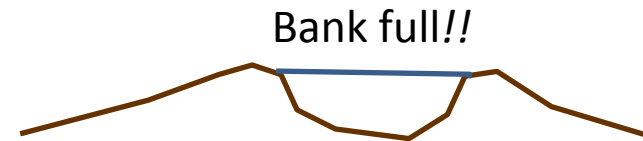
(Wyoming州とColorado州, Little Snake R.とYampa R.の計15地点, Colorado & Wyoming Andrews 1976)

⑥ 小流域で約0.5年Tp(partial durationで)

大きな流域はTpで1.5年、Ta(Annual series)で2.0年を超える。結構幅がある。

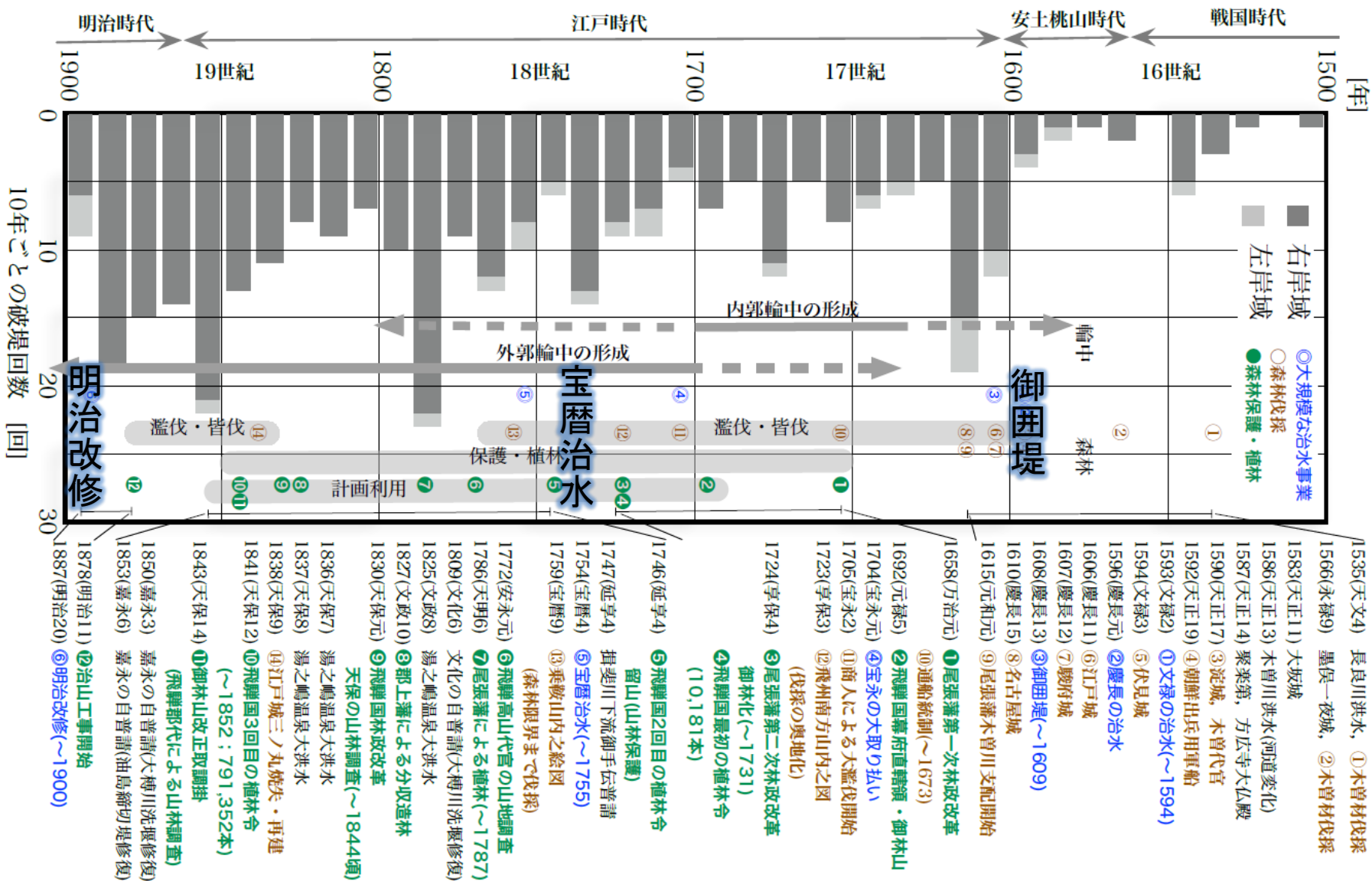
(ベルギーの礫床河川30河川、Petit & Pauquet 1997)

⑦ ダム建設前 1.44 ± 0.14 年⇒建設後 2.21 ± 0.26 年 (Page et al. 2005)



➤ 地域によって多少の差があるが、数年に一度は溢れるのが自然の川の姿である。

濃尾平野における氾濫回数



伊藤安男がまとめた破堤回数データおよび文献に基づき作成

森林の収奪による山地の荒廃→洪水流量の増加、土砂生産の増加と河床の上昇

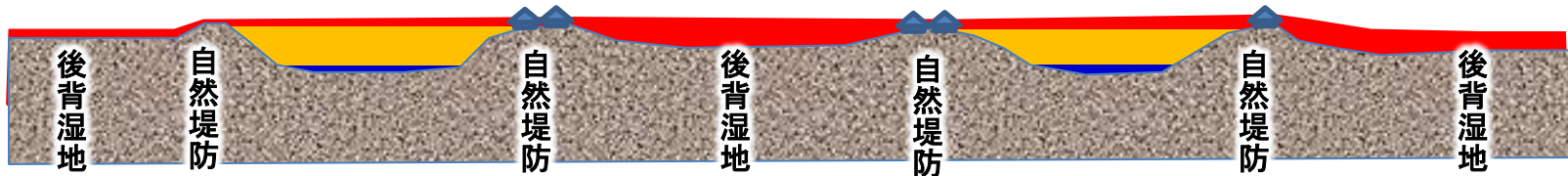
自然堤防帯の今昔

数十年に一度の洪水

数年に一度程度の洪水

平水

近世以前



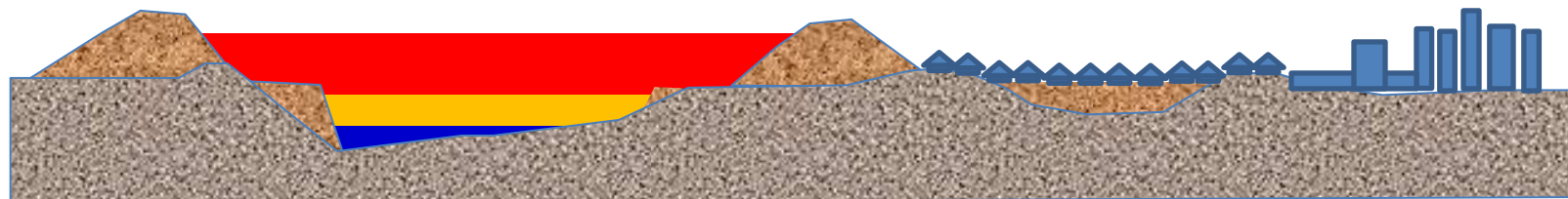
近世

流路の統廃合, 河道掘削+築堤, 旧河道の埋め立て



現代

低水路掘削・砂利採取+高水敷造成

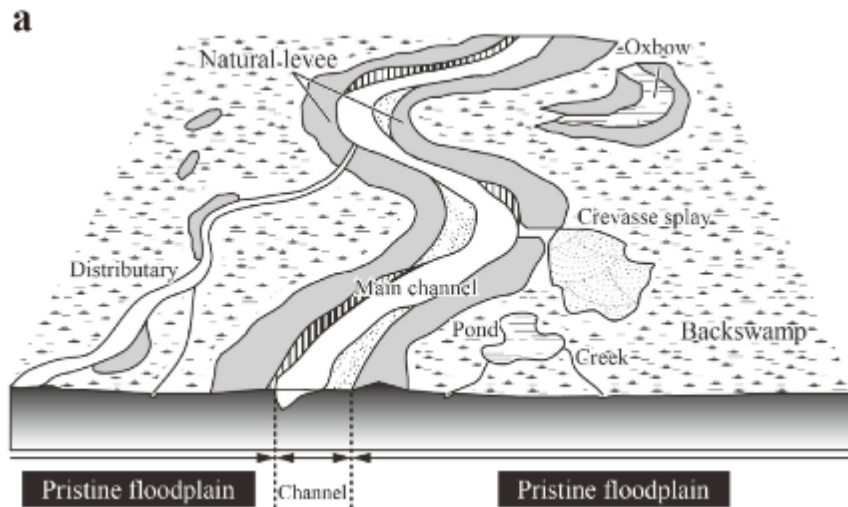


2. 研究①揖斐川高水敷掘削後の 土砂再堆積

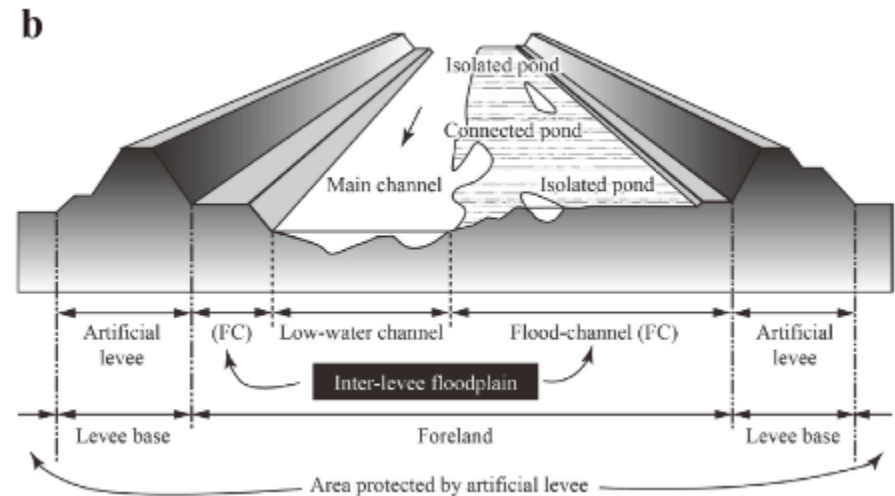
原田守啓, 永山滋也, 大石哲也, 萱場祐一 (2015) 揖斐川高水敷掘削後の微地形形成過程, 土木学会論文集B1(水工学), 71, 4, I_1171-1176.

本研究の背景と目的

- 高水敷掘削は河積拡大を目的とした、治水目的のメニューの一つとして、全国の河川で行われている。



a. 原生的氾濫原(自然堤防帯)



b. 河道内氾濫原

永山・原田ほか(2015)応用生態工学

- 高水敷掘削は、河積の確保と氾濫原的な環境の創出とを、両立できる可能性が高い行為であると考えられる。
- しかし、治水上望ましい掘削後の姿と、ワンド・たまり等の多様な地形が見られる氾濫原的環境の姿は必ずしも一致しない。

本研究の背景と目的

＜研究の長期目標＞

- 氾濫原的環境に依存する種にとって好適な環境を創出し、それを長く維持できる高水敷掘削手法とは？

＜中目的＞

- 掘削後の地形変化を予測する手法は？
実際に起こっている現象は、一般的な河床変動解析手法等で予測可能か？

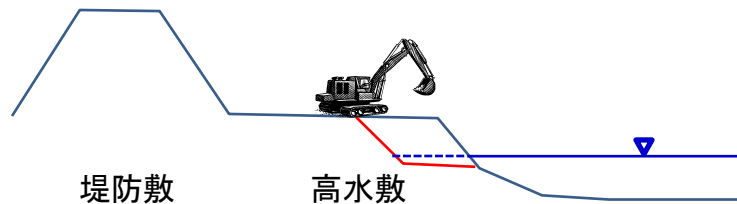
＜小目的:本研究の目的＞

- 現地の微地形の特徴、堆積物の内容、植物の状況から、微地形の形成プロセスを推定する。
- 河床変動解析等を行う際の留意点を抽出する。

高水敷掘削と掘削高さ

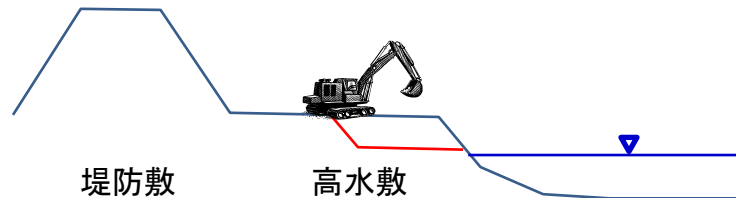
- 高水敷掘削は、平水時の水面幅の変化と、掘削高さの比高に着目すると、3種に分けられるのではないかな。
主に実施されている高水敷掘削

➤ ①平水位以下の掘削 → 低水路拡幅



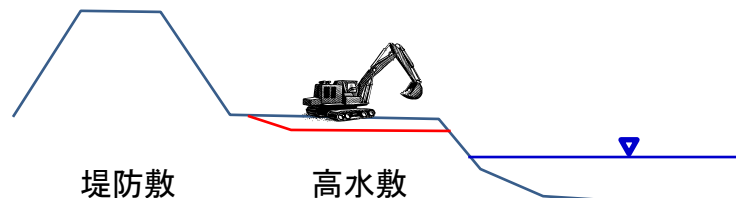
平水時の水面幅の拡幅を伴うため、低水路を拡幅する操作と言ってよい。

➤ ②平水位より高い掘削 → 中水敷掘削



常時冠水しないが、一般的な高水敷よりは冠水頻度が高い場所(中水敷)を作る操作。

➤ ③平均年最大流量相当の水位を目安とした掘削 → 高水敷掘削



高水敷をグラウンド、公園等として利用することを想定した際に目安とされる掘削高さの設定。

人為的に造成する高水敷の高さの設定として以前から用いられている。

本研究の内容

内容:

- 木曽川水系揖斐川をケーススタディー
→ 平面位置や比高が異なる様々な高水敷掘削を実施
- 掘削後に、土砂の再堆積・植物の定着等により形成される微地形の形成過程を考察するための現地調査(H26年2月)

調査結果:

- ① 出水履歴、地形変化及び植生遷移 [全体]
- ② 調査地の景観と特徴的な微地形 [2地区]
- ③ 高水敷掘削後の堆積物の内容 [2地区]
- ④ ヤナギ類の定着時期の推定・生長量の傾向 [2地区]

考察:

- ☞ 掘削後に土砂堆積する過程で形成される
陸域と水域(わんど・たまり)の分化過程は？
- ☞ 河床変動解析で考慮すべき留意点は？

調査地の概要

- 木曽川水系揖斐川の自然堤防帯 32～39kp ($I_b \doteq 1/3,300$)
- 施工年度、掘削高さの設定により 14 の工区が存在。
- D地区 (H13施工、濁水位～低水位で施工)
O地区 (H17施工、平水位で施工) を調査地に設定。

低く掘った箇所は赤系
高めの箇所は青系

地区	施工年	掘削高さの目安
H	H18	豊水位程度
E	H14	濁水位以下
M	H16	床固上流：濁水位以下 床固下流：豊水位以上
L	H15	豊水位
C	H13	平水位+1.0m
O	H17	平水位

調査地

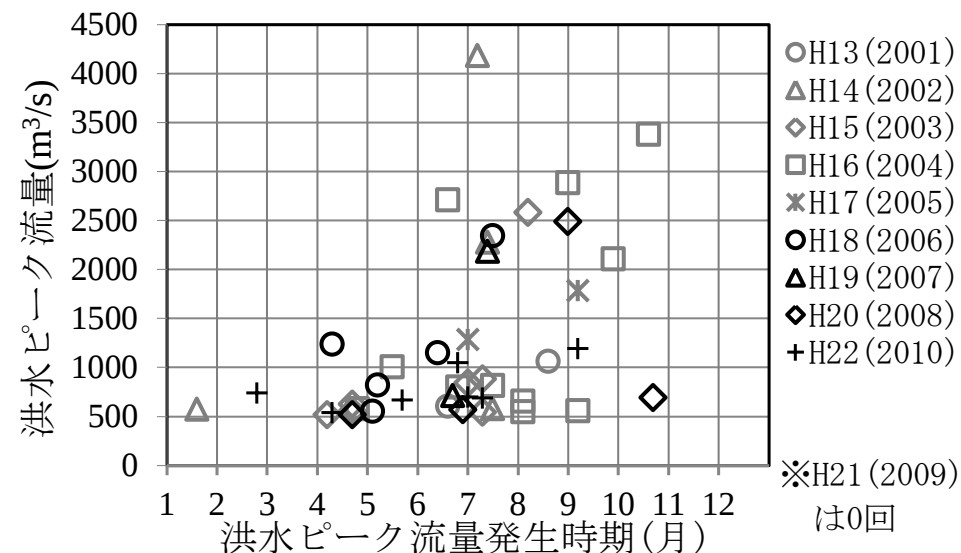
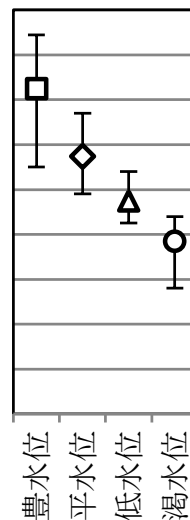
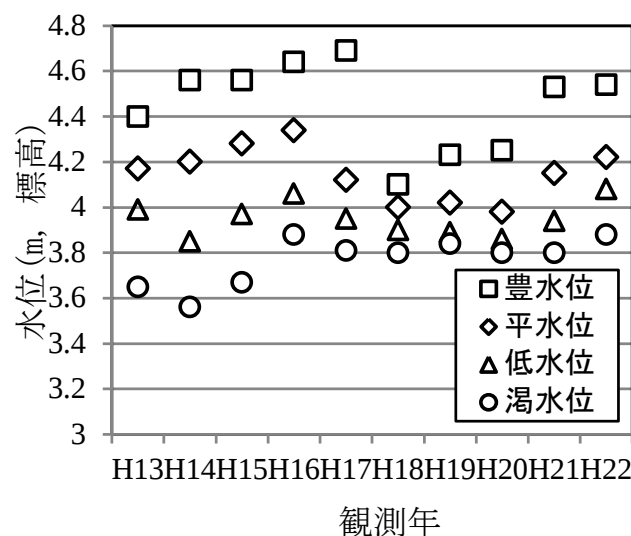
調査地

地区	施工年	掘削高さの目安
N	H19	豊水位+0.5m
J	H19	平水位～豊水位
I	H18	平水位～豊水位
F	H17	豊水位
D	H13	濁水位～低水位

地区	施工年	掘削高さの目安
G	H16	豊水位-0.9～0.2m
B	H13	豊水位
A	H12	豊水位

Hori et al. 2011

①-1 出水履歴



● H13-H22の平水流量 $48\text{m}^3/\text{s}$ (万石WG)

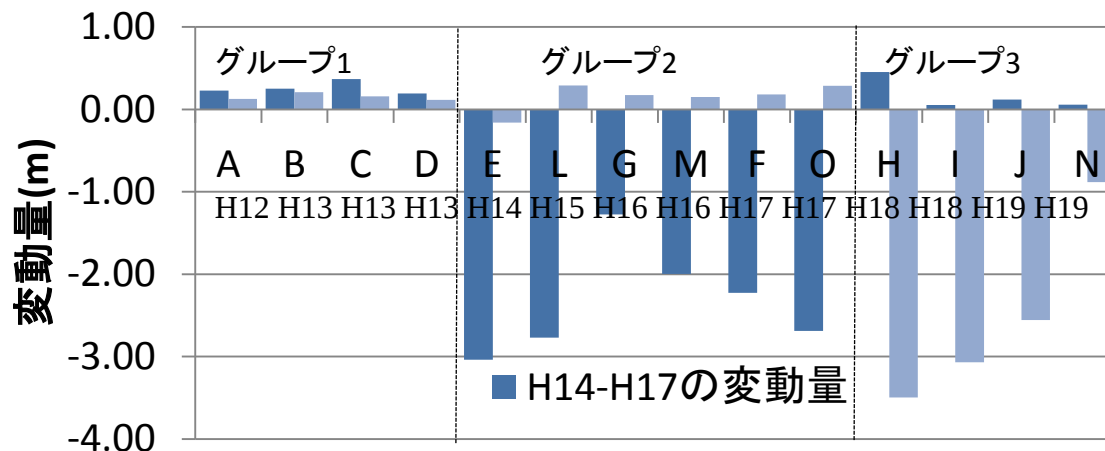
- ・ただし、豊平低渇水位及び流量は、年変動がみられる。
- ・徳山ダム運用開始後は、渇水位が安定している。

● 平均年最大流量 $2,160\text{m}^3/\text{s}$

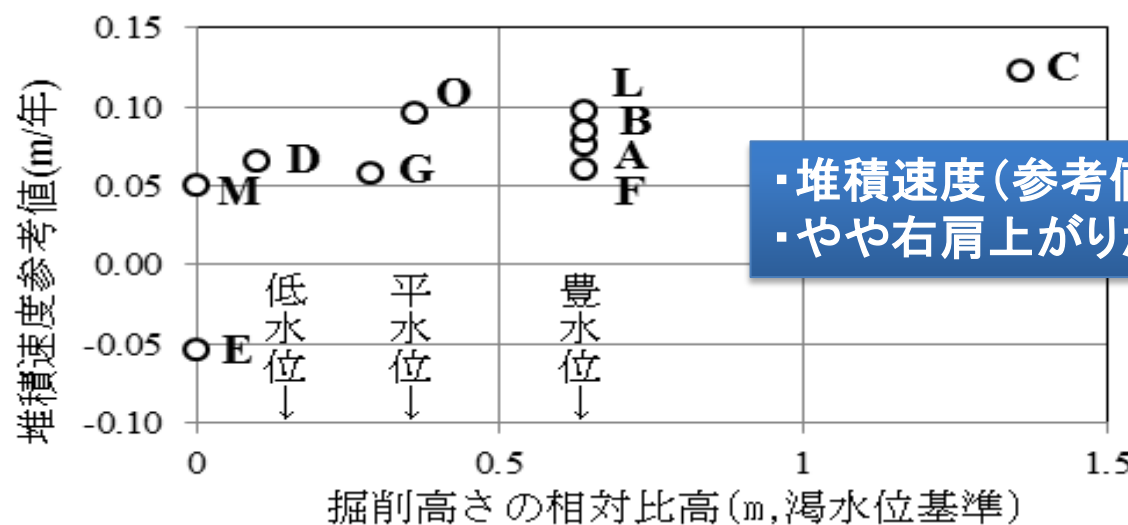
● H14.7に計画高水流量に迫る ピーク流量 $4,200\text{m}^3/\text{s}$ の出水を経験

①-2 地形変化（掘削後の堆積速度）

- H14,H17,H20の定期縦横断測量結果から掘削部分の変動量を算出



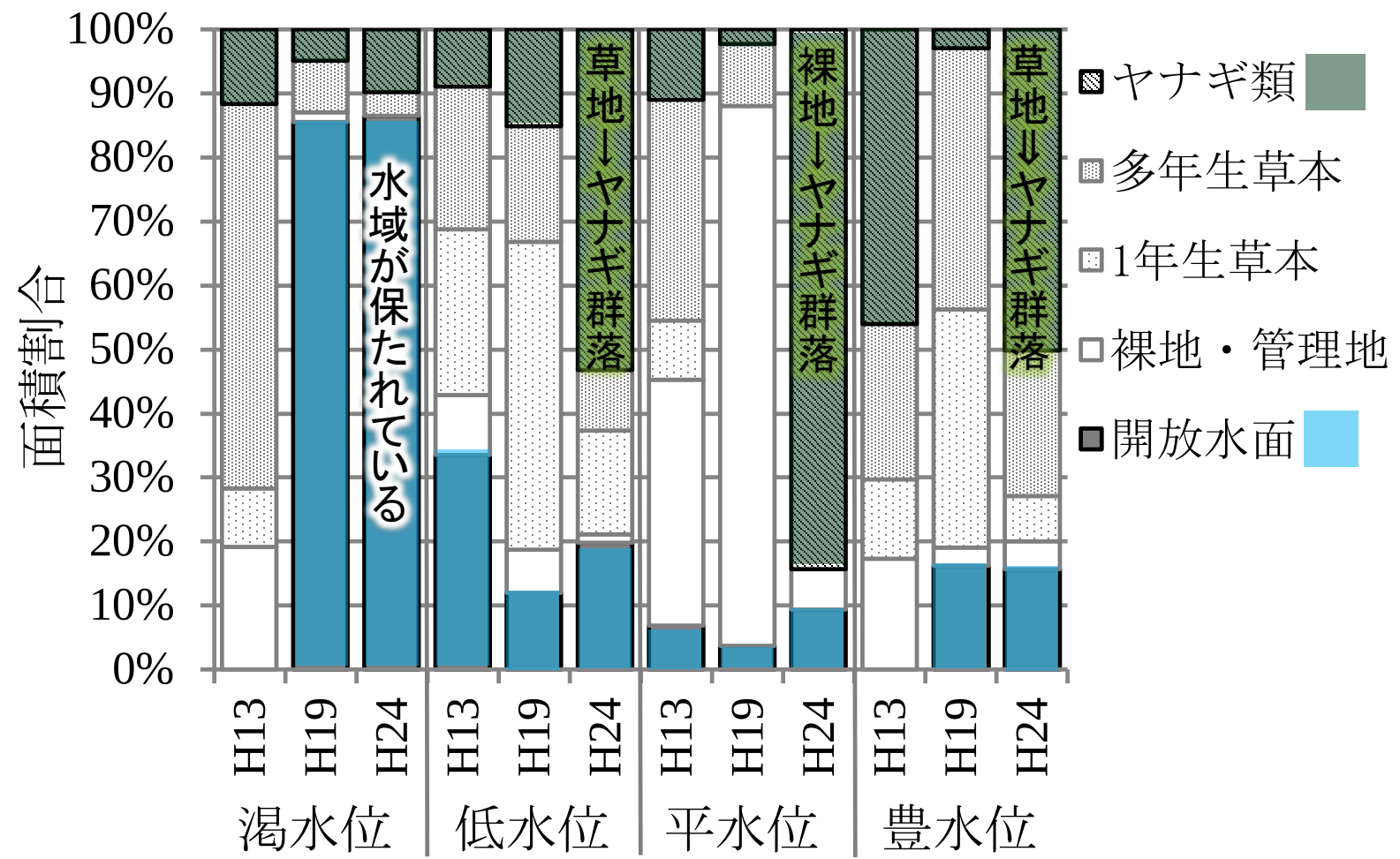
- 堆積速度(参考値)=上記の変動量/経過年数(3年)



★堤内地となっている旧河道では 自然堤防 1.5cm/年, 後背湿地 0.1~0.2cm/年 Hori et al.(2011)

①-3 植生遷移

➤ H13,H19,H24の河川植生図に基づく群落変化



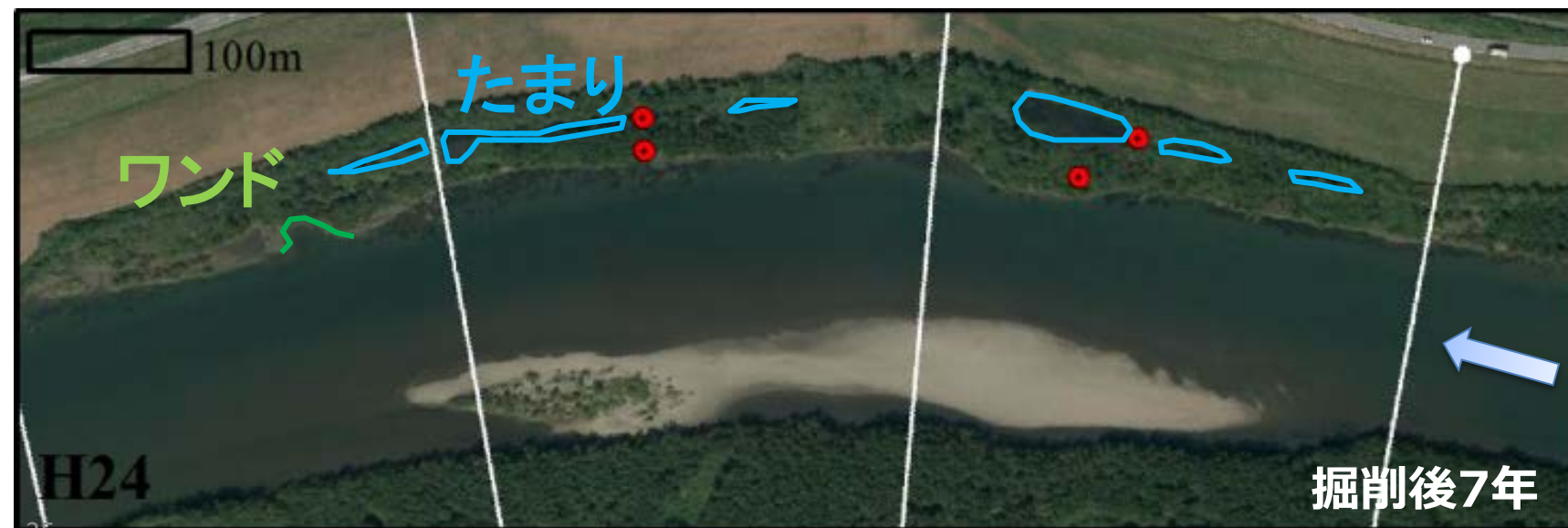
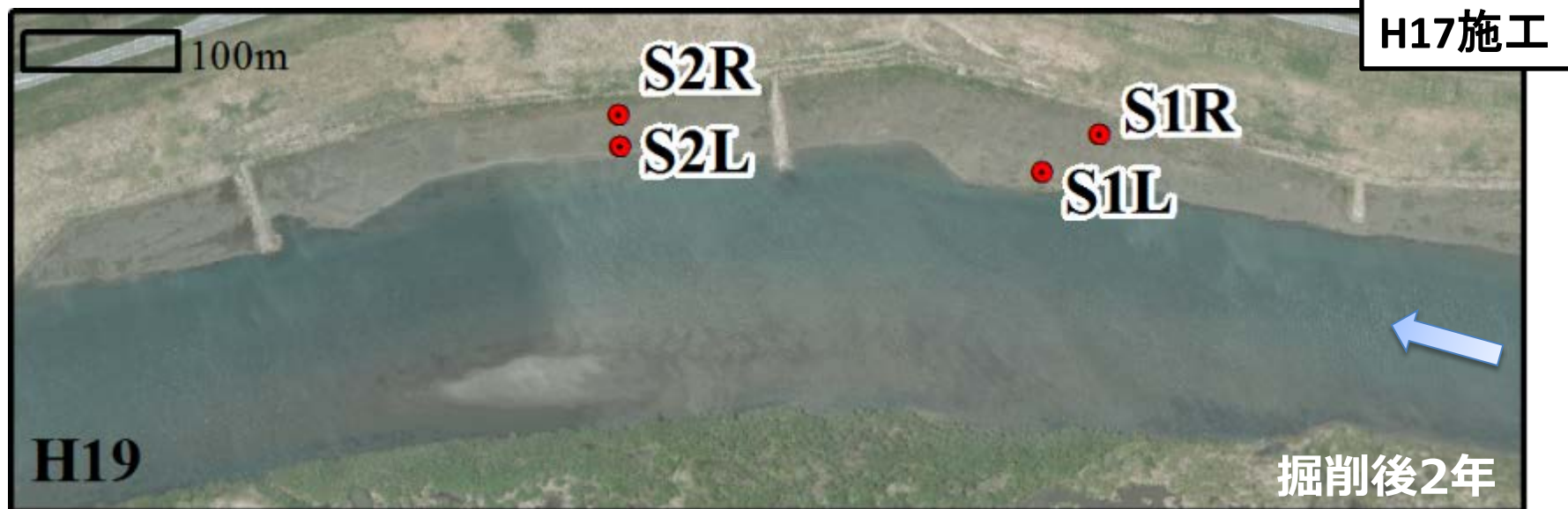
掘削高さ — 地被面積割合の変化

D地区（湾曲部内岸） 濁水位～低水位で掘削

H13施工



O地区（直線部or湾曲部外岸） 平水位で掘削



②調査地の景観と特徴的な微地形



D地区 (M2L付近)

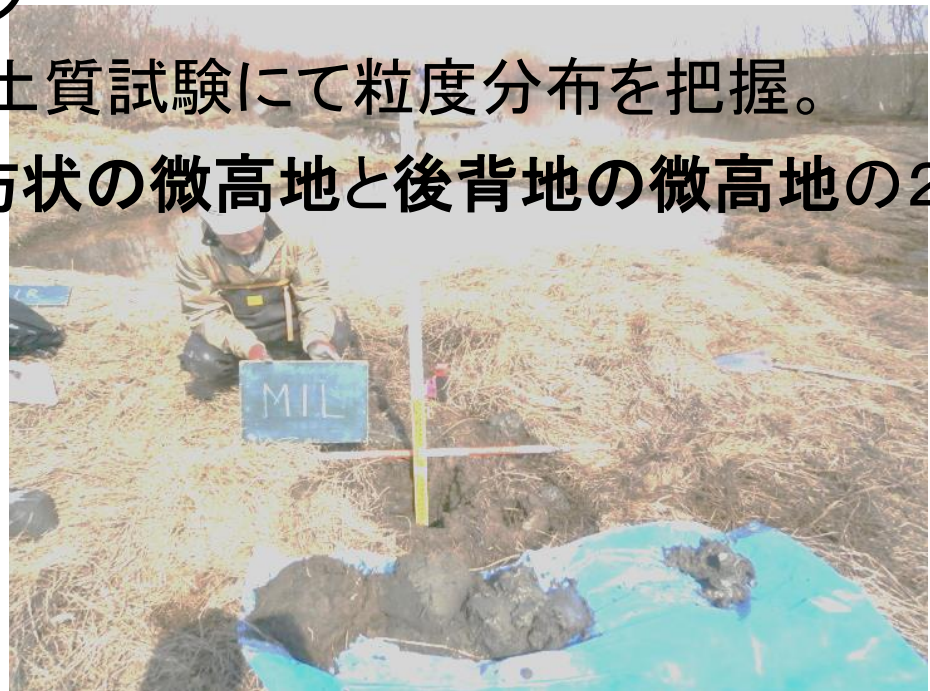
O地区 (S1R付近) (2014/2撮影)

- 両地区に共通して、低水路の水際に自然堤防状の微高地がみられ、その背後にワンド、たまりが分布。
- たまりは、自然堤防状の微高地よりも低い後背地の微高地により囲まれている。
- 後背地の微高地は、複雑な平面形状をしている。

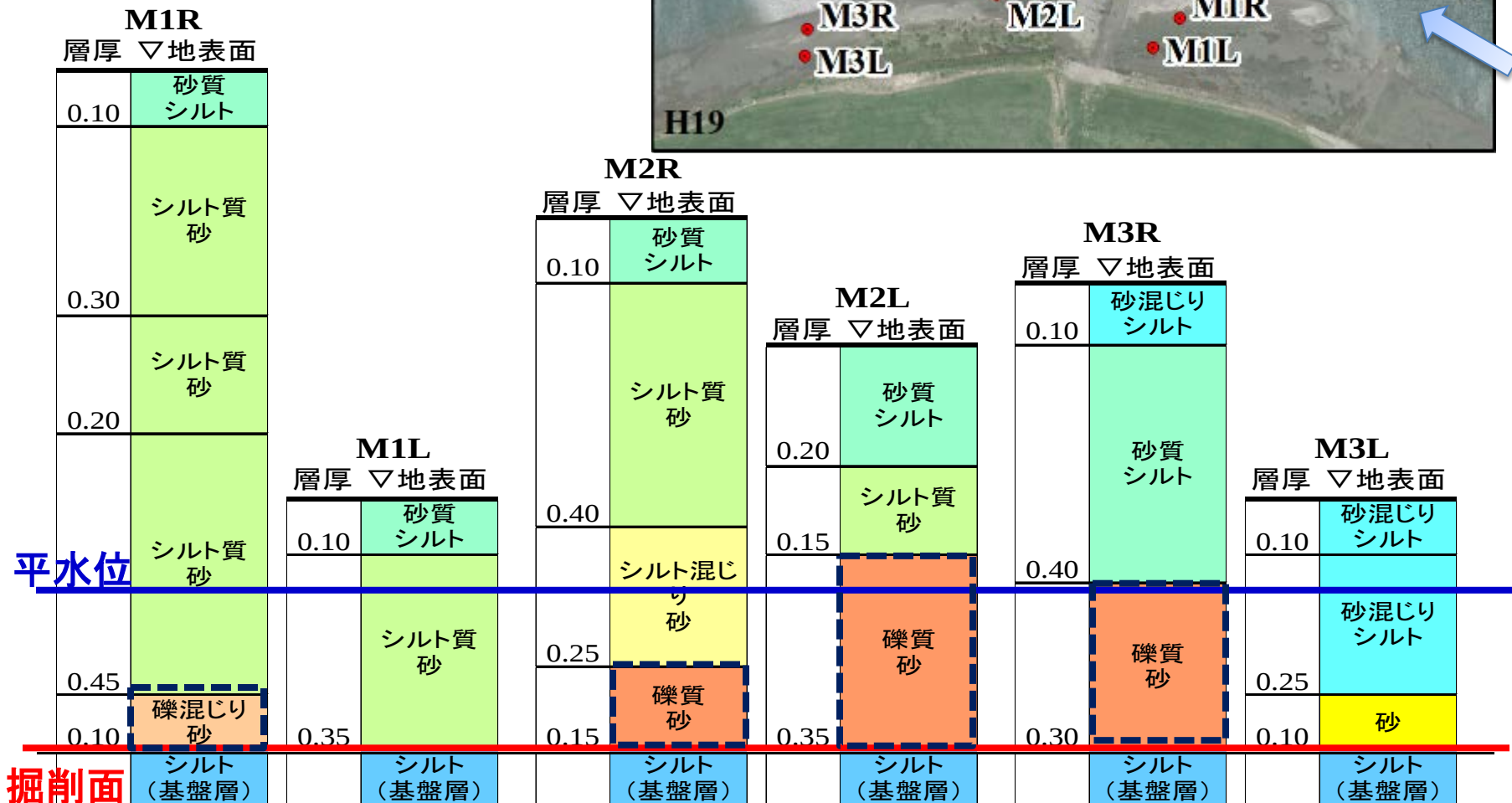
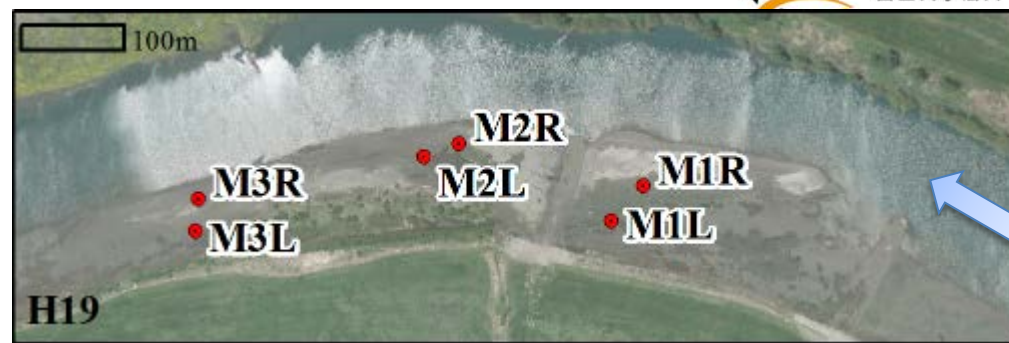
→ 微高地が形成され、水域が低水路から分離されることによって、ワンド・たまりが形成されている。

③堆積物調査

- 掘削後の再堆積物の堆積厚、鉛直構造と粒度組成
- これらに基づき特徴的な微地形の状況、堆積過程を考察。
- 調査手法：
 - 地表高さを測量後、掘削しながら地表面からの深度を記録しつつ適宜サンプリング
 - サンプルは持ち帰り、土質試験にて粒度分布を把握。
 - 調査地点は、自然堤防状の微高地と後背地の微高地の2地点をセットで配置。



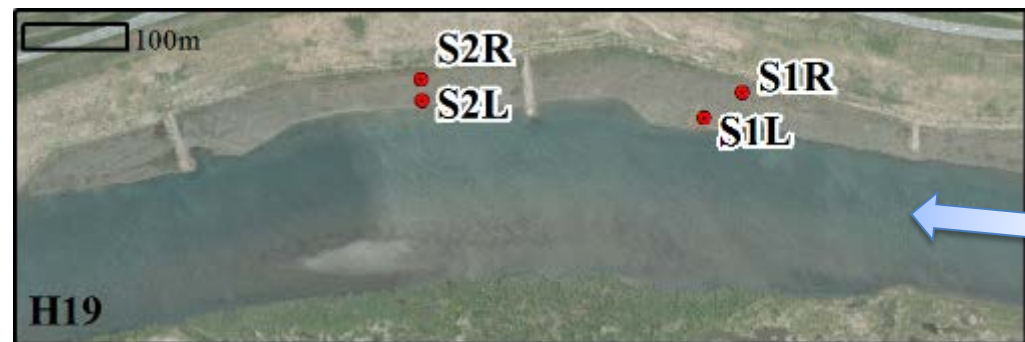
D地区 (H13施工、12年経過)



- 下層 > 上層 ・平水位より低い高さで顕著 (低層は明らかに掃流砂)
・表層は準表層より若干粗い
- 自然堤防状の微高地 (水際) > 後背地の微高地
- 自然堤防状の微高地に着目すると、上流側 > 下流側

O地区

(H17施工、8年経過)



S1L	
層厚 ▽地表面	
0.10	砂混じりシルト
0.75	シルト質砂
0.05	砂質シルト
	砂混じりシルト
0.30	

S1R	
層厚 ▽地表面	
0.15	砂質シルト
0.25	砂混じりシルト
	シルト (基盤層)

S2L	
層厚 ▽地表面	
0.15	砂質シルト
0.25	シルト質砂
0.30	砂質シルト
	シルト (基盤層)

S2R	
層厚 ▽地表面	
0.10	砂混じりシルト
0.35	砂混じりシルト
0.15	砂混じりシルト
	シルト (基盤層)

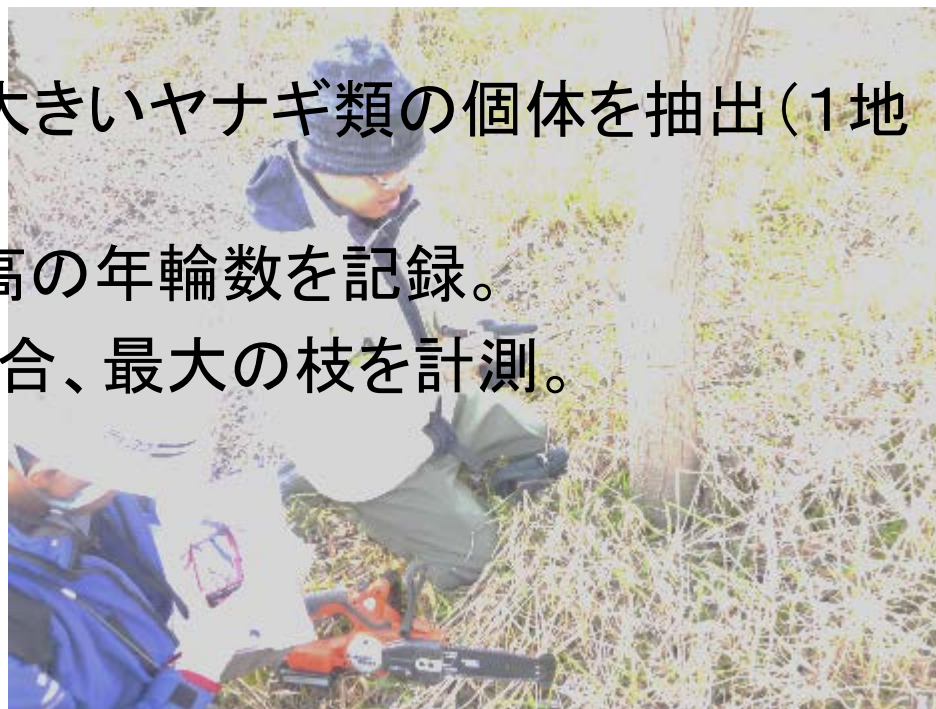
平水位

掘削面

 29
 (豊水位-0.9m)

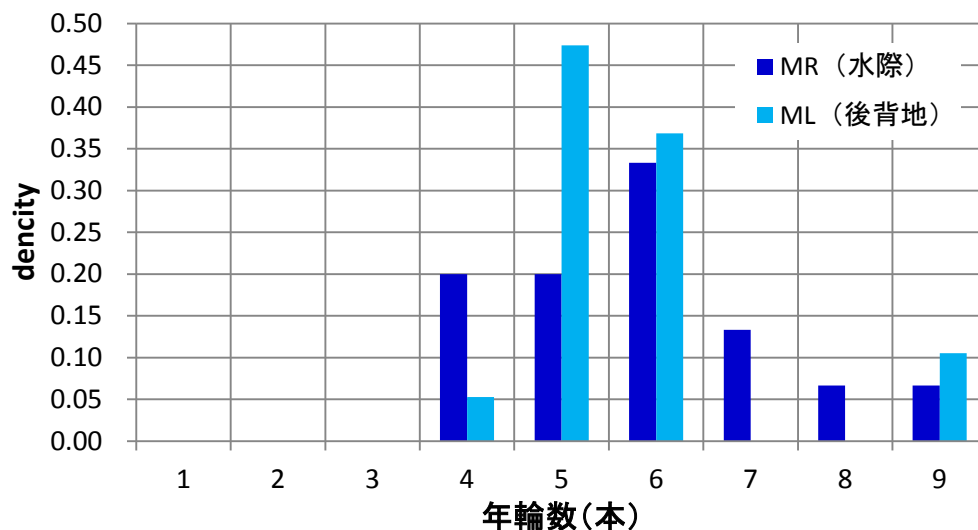
④ヤナギ類の生育状況調査

- 再堆積して形成された微高地には、ヤナギ類が繁茂。
- ヤナギ類の生長量から、定着時期、微地形との関係性等を考察。
- 調査手法：
 - － 調査地点において、大きいヤナギ類の個体を抽出(1地点あたりN=5 or 6)
 - － 樹高、胸高直径、胸高の年輪数を記録。
 - － 萌芽枝が複数ある場合、最大の枝を計測。



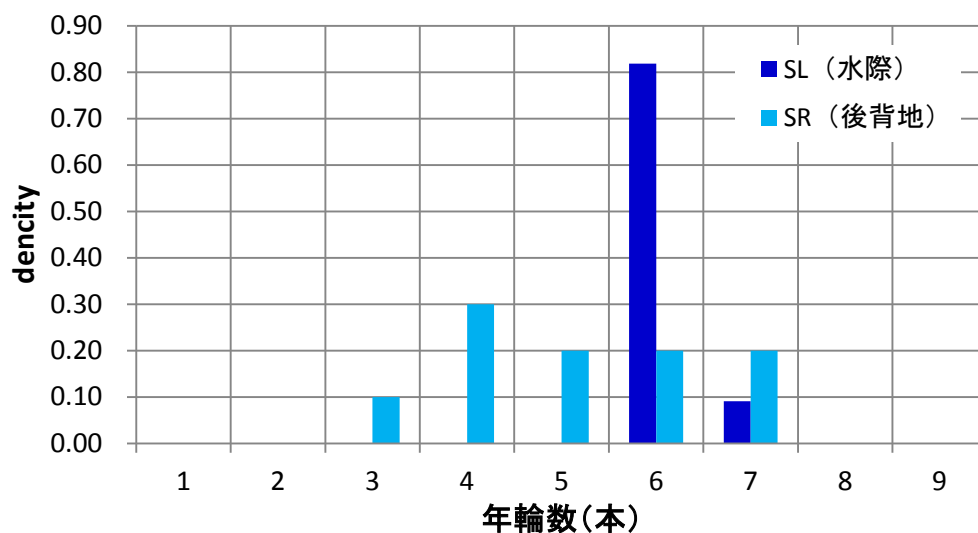
④ ヤナギ類の生育状況：定着時期の推定

D地区（H13施工、12年経過）



施工時期：12年前
 最大年輪数：9本
 最頻値（水際微高地）：6本
 最頻値（後背地微高地）：5本

O地区（H17施工、8年経過）



施工時期：8年前
 最大年輪数：7本
 最頻値（水際微高地）：6本
 最頻値（後背地微高地）：4本

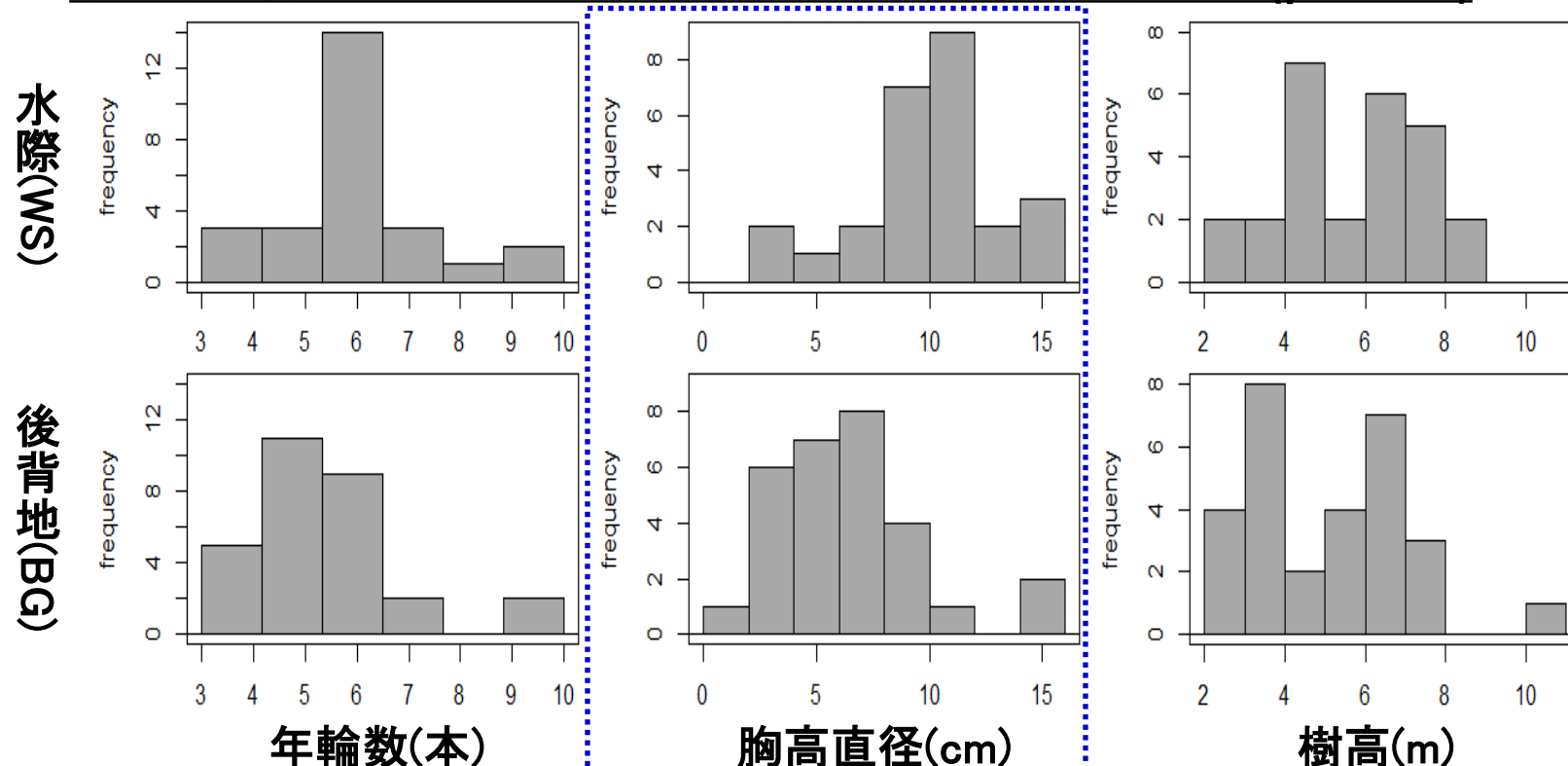
全体の傾向として...

- ・水際の微高地の方が、後背地の微高地よりも早く定着。
- ・施工時期が異なる工区間で共通して年輪数6本が多く、何らかのイベントにより一斉に定着した可能性。

⇒H18orH19の種子散布時期の出水が影響か？ H18は水位も低めで推移。

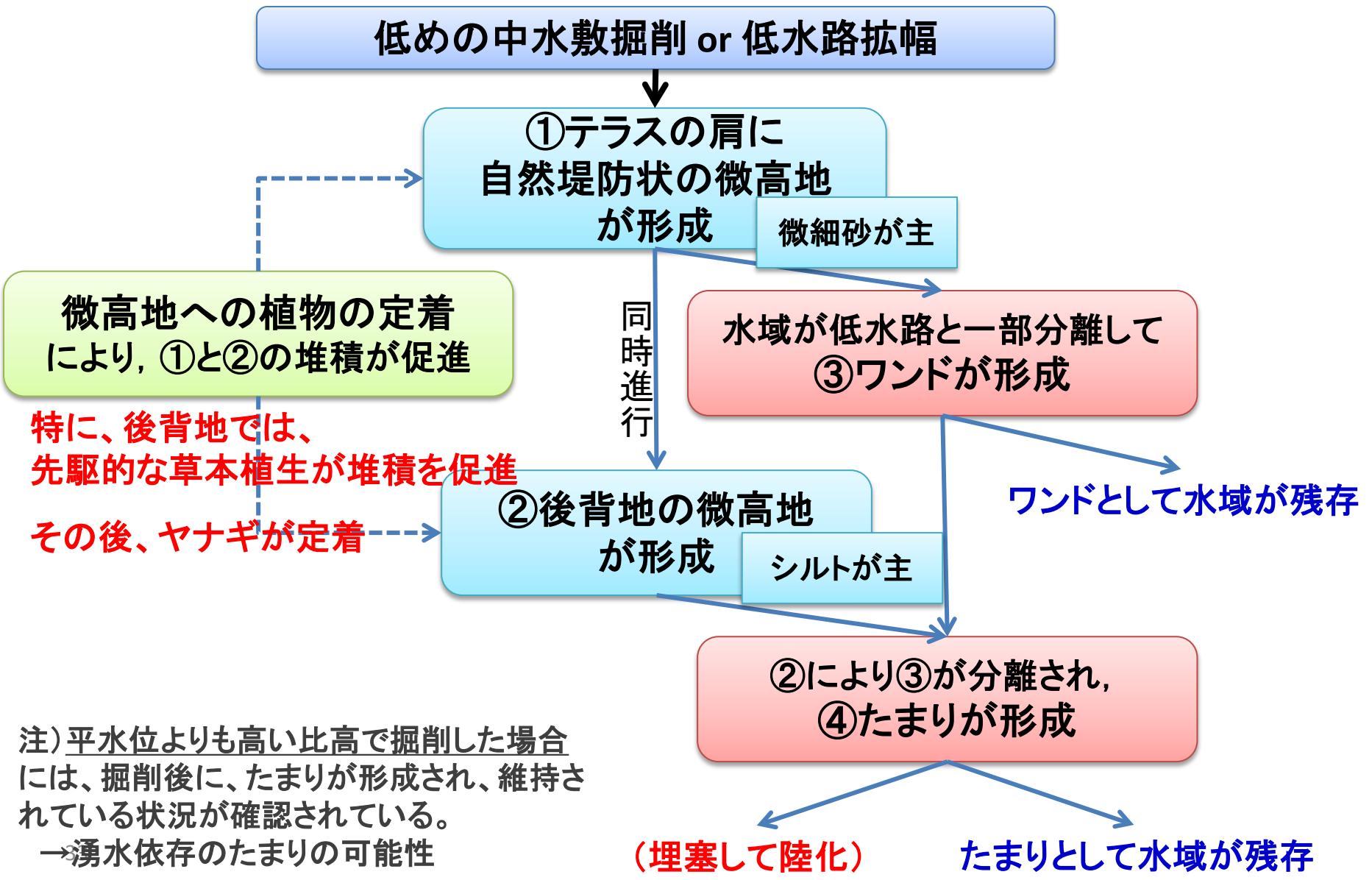
④ ヤナギ類の生育状況：場所による違い

- 樹高・胸高直径・年輪数について、調査地点による差、地区による差、水際・後背地の差の有無をKruskal-Wallis検定により検討。
- 唯一、水際と後背地の間で、胸高直径の分布に有意差($p < 0.001$)



- 年輪数には有意差がないため、場所(水際、後背地)により生長量(胸高直径)に差が出てきていることが示唆される。

微地形形成プロセス (水域と陸域と分化の過程) の推定



微高地の形成における植物の影響

- 植物がウォッシュロードの堆積を促進（藤田ら1996等）
- 抽水状態でも生育可能な先駆的な草本類（コゴメイ等）が初期の土砂堆積と、複雑な平面形をもつ微高地の形成に関与している可能性が示唆される。



後背地の微高地を掘り下げると、平水位付近の高さから、倒伏してマット状になった植物が掘り出される。
自然堤防ではみられなかった。

研究①のまとめ

- 揖斐川の高水敷掘削サイトにおいて、現地調査を実施。

● 主な結果

- ① 大きな堆積速度(年数センチ～10センチ程度)
- ② 特徴的な微地形として、自然堤防状の微高地、後背地の微高地、ワンド、**たまり**が見出された。
- ③ 堆積物のサンプリング結果より、平面・鉛直の粒度分布傾向が把握できた。**平水位より上層は、シルト主体で高さによる差はあまりない。**
- ④ ヤナギ類の定着時期の推定、生長量曲線の作成は困難。
ただし、自然堤防状の微高地と後背地の微高地では、自然堤防の方が育ちが良い傾向があった。
- ⑤ **平水位以下の初期の堆積環境に、先駆的な草本植生が一定の役割を果たしている可能性が示唆される。**

👉微地形形成プロセス(水域と陸域の分化)を推定

● 河床変動解析によって掘削後の地形変化を予測する際の留意点

- 広い流量レンジを考慮する必要性(小流量が堆積に寄与している可能性)
- 植物がウォッシュロードの捕捉に寄与する効果を考慮できること
- 微地形を表現しうる空間解像度(自然堤防状の微高地の幅は数m)
- 地形遷移が履歴性・不可逆性を持つため、予測の不確実性への配慮

3. 研究② 高水敷掘削後の レスポンスは、揖斐川と長良川で一緒か？

本研究は、河川砂防技術研究開発助成(地域課題)H29-の助成を受けて実施中です。

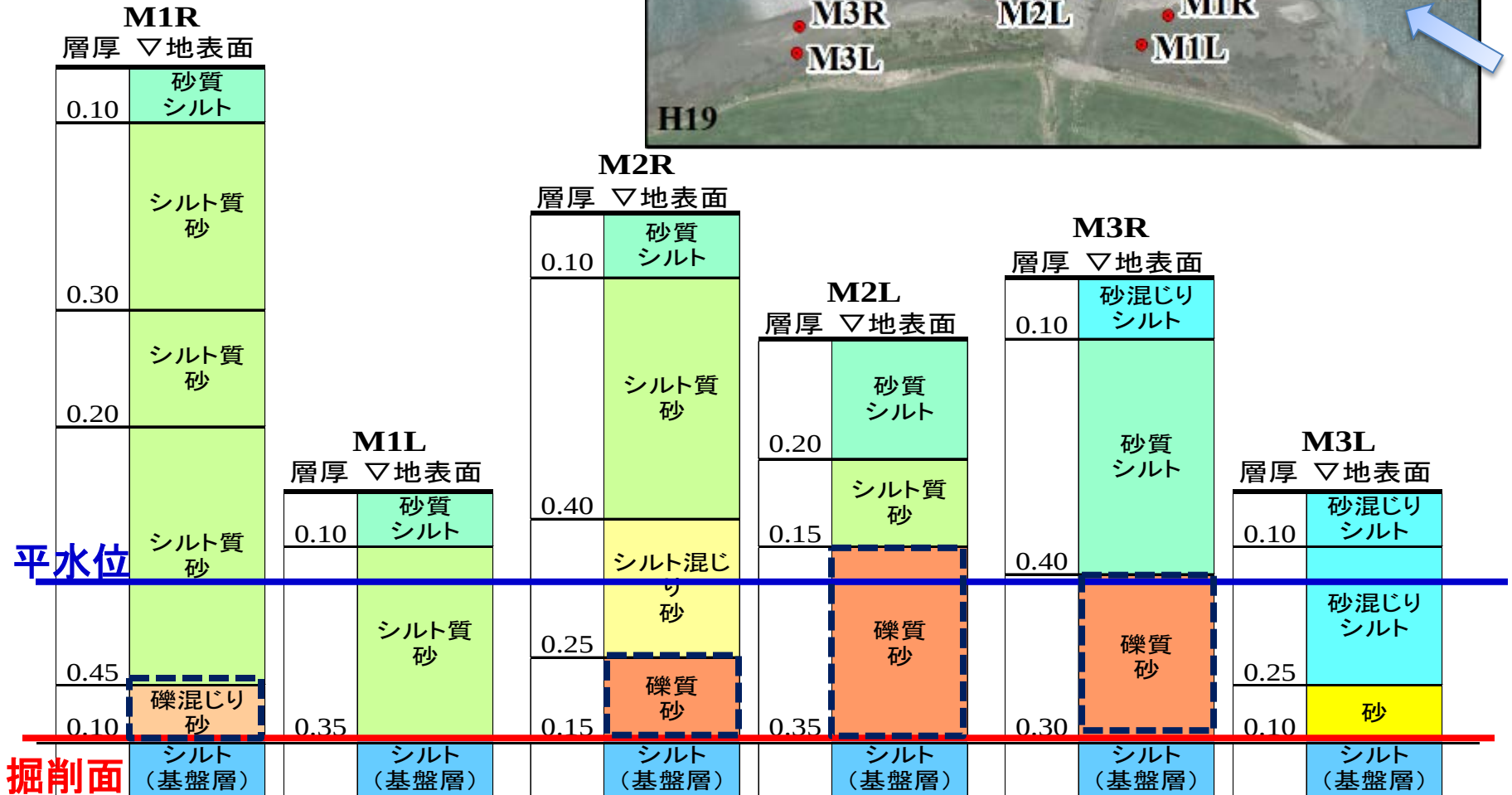
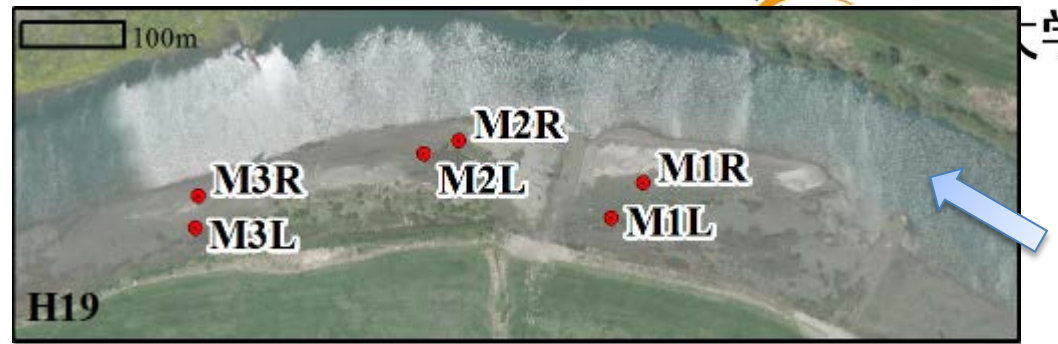
本研究の背景

- 多くの直轄河川で、河積確保のための河道掘削が実施されている。
- セグメント2 においては高水敷掘削により対応されている例が多く、高水敷掘削によって氾濫原的な環境を創出しようとする試みもなされてきているが、掘削後の土砂再堆積により、河積は次第に減少する。

永山・原田・萱場(2014)応用生態工学

- このプロセスに河川植生が細粒土砂を捕捉する効果が深く関与していることが議論されているものの、高水敷掘削後のレスポンスに水系・河川によって違いが生じる要因については未解明な点も多い。

D地区 (H13施工、12年経過)



掘削直後にH14に計画規模の出水があり、礫や砂が堆積したが、
 それ後は主に、シルト～細砂が堆積。1年あたり10cm近くたまった箇所も。

木曽川流域濃尾平野水害地形分類図

RECONNAISSANCE TOPOGRAPHICAL SURVEY MAP OF LOWER PART OF THE KISO RIVER BASIN



高水敷掘削地の概況 (揖斐川・長良川)

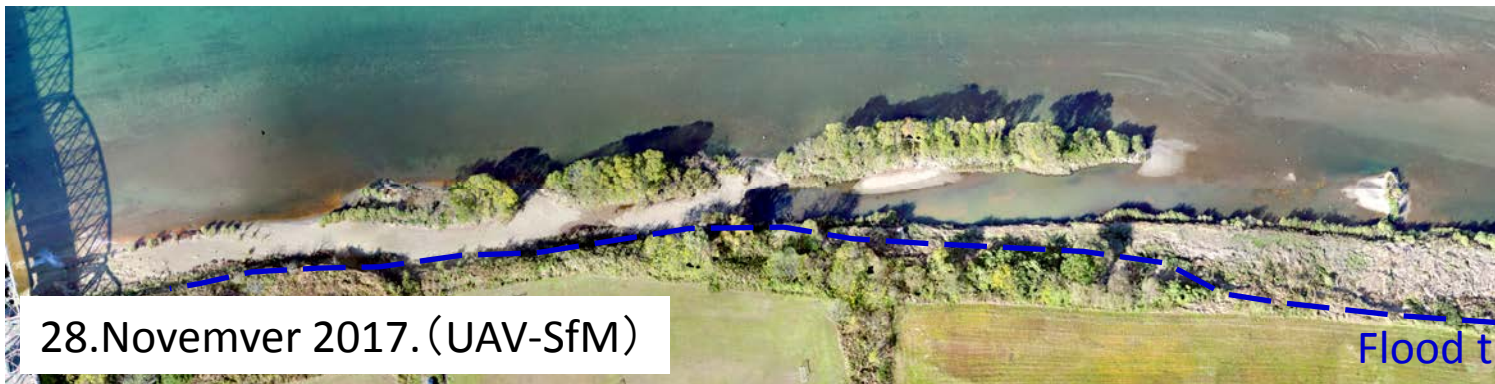


長良川調査地の経年変化



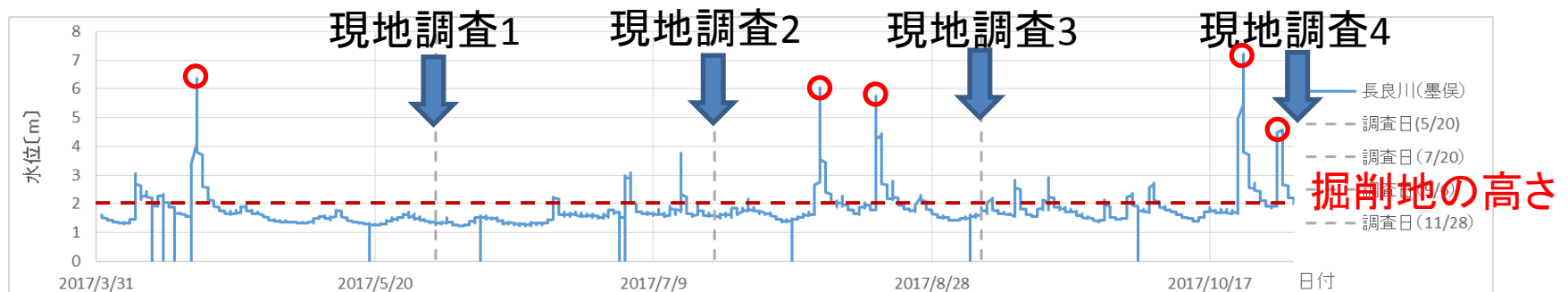


31.May 2017. (UAV-SfM)



28.Novemver 2017. (UAV-SfM)

Flood trace

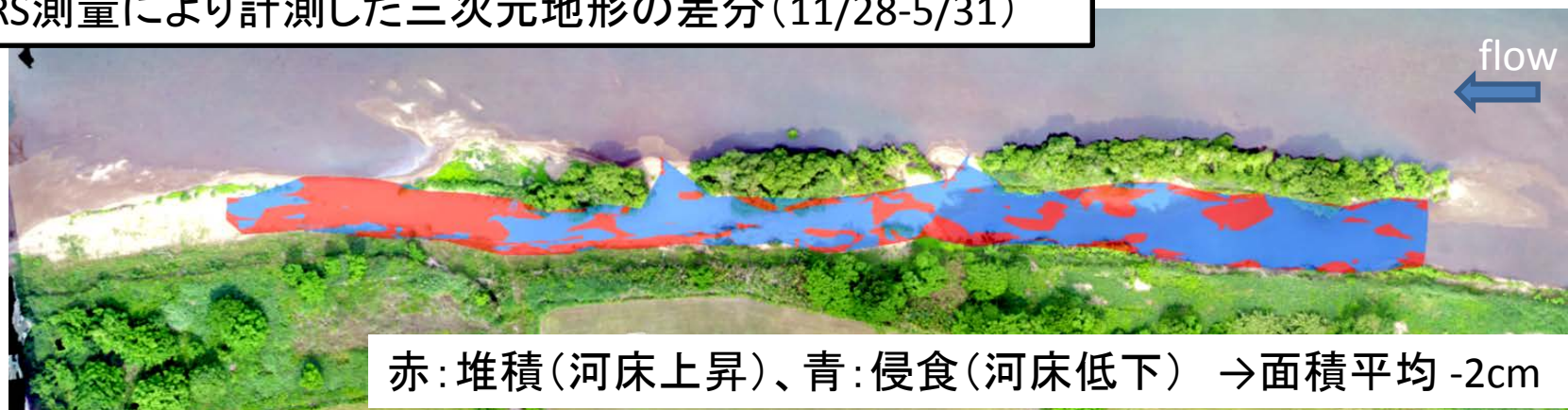


Time series change of water level of Nagara River (Sunomata W.G.St.)

- 2017年出水期の主要な出水は5回。
- 10月下旬の台風による出水が今年最大で、低水路満杯程度であった。
- 掘削地は最大で5m冠水した。

2017年出水期を通じた堆積量

VRS測量により計測した三次元地形の差分(11/28-5/31)



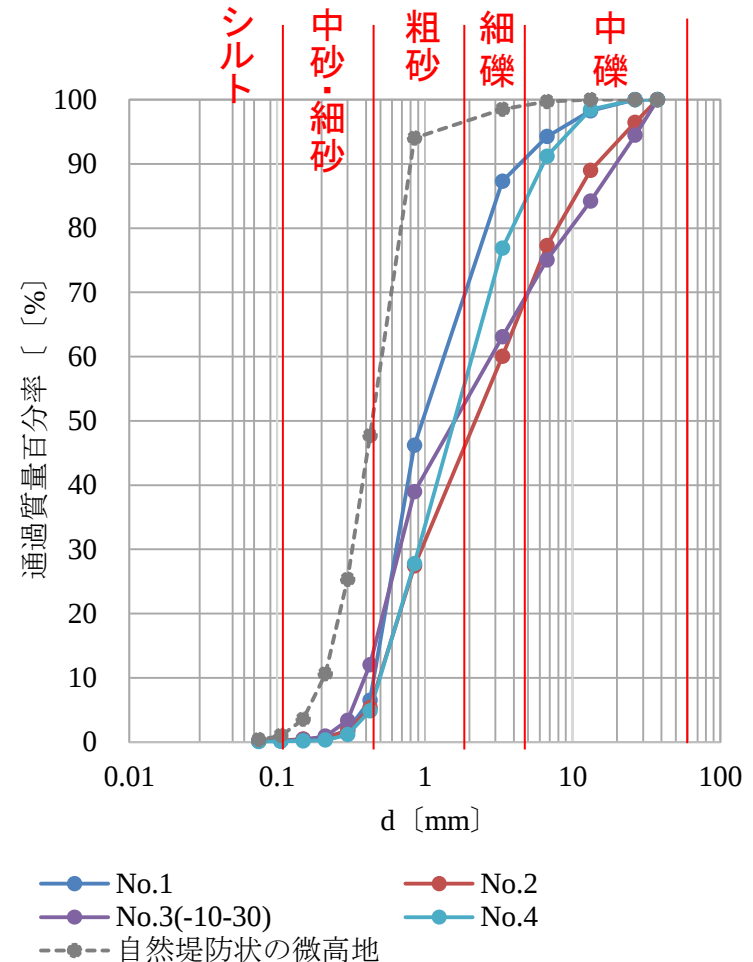
[m]	5/31→7/20	7/20→9/6	9/6→11/28	5/31→9/6	5/31→11/28
No.1	-0.095	-0.094	0.049	-0.189	-0.14
No.2	-0.061	0.015	0.035	-0.046	-0.011
No.3	-0.028	0.015	-0.095	-0.013	-0.108
No.4	0.123	-0.066	0.057	0.057	0.114

堆積土砂の粒度の違い

- 揖斐川は、掘削面が低くてもシルト～細砂
- 長良川は、粗砂～細礫



ほぼ、掃流砂に占められている???
なぜ、シルト以下の粒径がみられない??



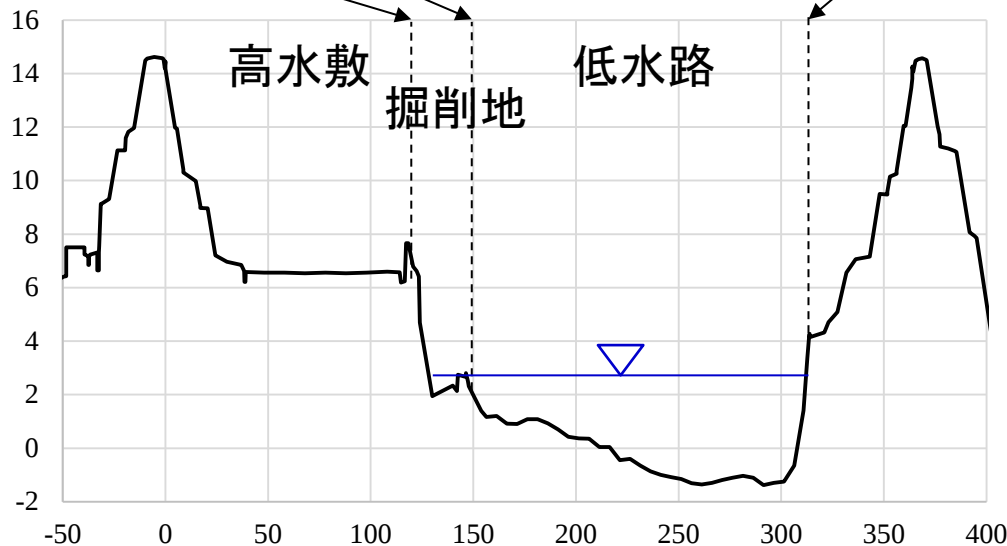
長良川掘削地における粒度分布 **44**

本研究の問い

- なぜ、揖斐川と長良川では高水敷掘削後のレスポンスが違うのか？ この違いは何が生み出しているのか？
- レスポンスの違いとは具体的には...
 - ① 掘削後に堆積する土砂の粒度の違い ← 現地で確認済み
 - ② 堆積が生じるタイミング(流量等)の違い ← モニタリング中
 - ③ 堆積速度[cm/y]の違い ← 1年では把握困難？

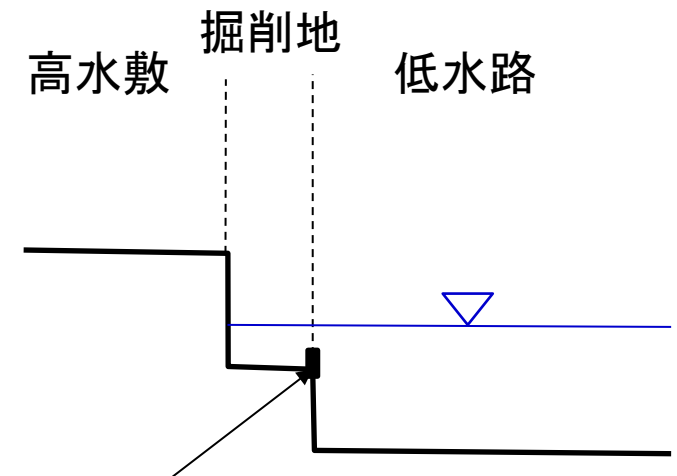
まず、「掘削地に土砂が堆積する」ということを、
浮遊砂のみを対象とした簡単なモデルで考えてみる。

簡易な浮遊砂堆積モデル



- 水位(流量)の変動に伴う土砂堆積傾向
- どの粒径の土砂がどの流量のときにたまるか?
- 掘削高さの影響は?

単純化した河道モデル



自然堤防状の
微高地, 樹木等

➤ 摩擦速度 $u_* = \sqrt{ghI_b}$

➤ 粒子沈降速度

– Rubey式 $\frac{w_0}{\sqrt{sgd}} = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36}{d_*}} - \sqrt{\frac{36}{d_*}}$

– $d_* = \frac{sgd^3}{\nu^2}$

➤ 浮遊砂濃度鉛直分布

– ラウス式 $\frac{C(z)}{C_a} = \left(\frac{h-z}{z} \frac{z_a}{h-z_a} \right)^Z$

– ラウスナンバー $Z = \frac{w_0}{ku_*}$

➤ 浮遊砂基準点濃度

– ガルシアパーカー式 $C_a = \frac{\alpha Z^*}{1 + \frac{\alpha}{0.3} Z^*}$

– $\alpha = 1.37 \times 10^{-7}$

– $Z^* = \left(\frac{u_*}{w_0} \right)^5 \text{Rep}^3$ $\text{Rep} = \frac{\sqrt{sgdd}}{\nu}$

– なお、 z_a :基準点高さ($0.05 \times h$)

➤ 流速分布(粗面乱流の式)

– $\frac{u(z)}{u_*} = \frac{1}{k} \log_e \left(30 \frac{z}{d_{50}} \right)$

➤ 流砂フラックス

– $F_s(z) = C(z) \times u(z)$ $C(z)$:土砂濃度 $u(z)$:流速

u_* :摩擦速度[m/s]

g :重力加速度[m/s²]

I_b :河床勾配

w_0 :沈降速度[m/s]

s : $(\sigma - \rho) / \rho$

$$= (2650 - 1000) / 1000$$

$$= 1.65$$

ν :粘性係数(0.000001 [m²/s])

k :カルマン定数(0.41)

C_a :基準点濃度

z :河床からの高さ[m]

h :水深[m]

d :粒径[m]

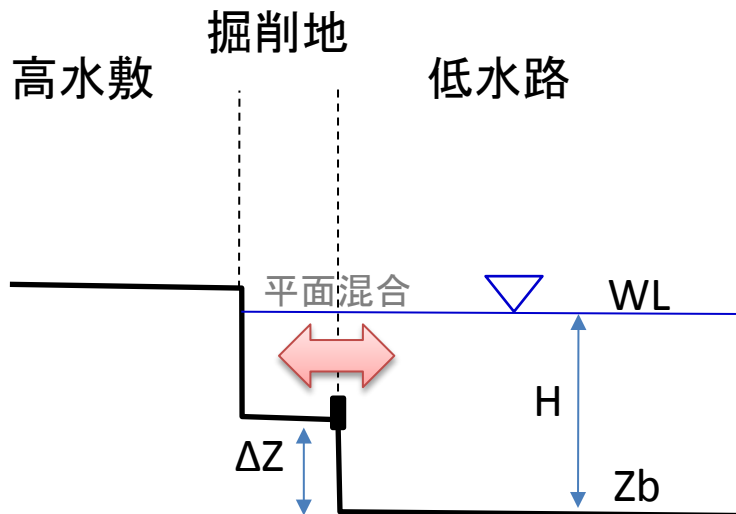
d_{50} :河床の平均粒径[m]

C :土砂濃度

$u(z)$:流速[m/s]

簡易な浮遊砂堆積モデルの計算例 1

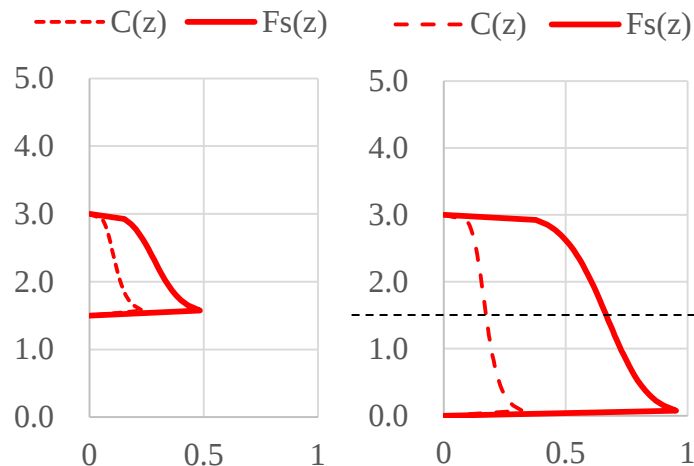
単純化した河道モデル



掘削地と低水路を流れる
浮遊砂のやりとりに着目

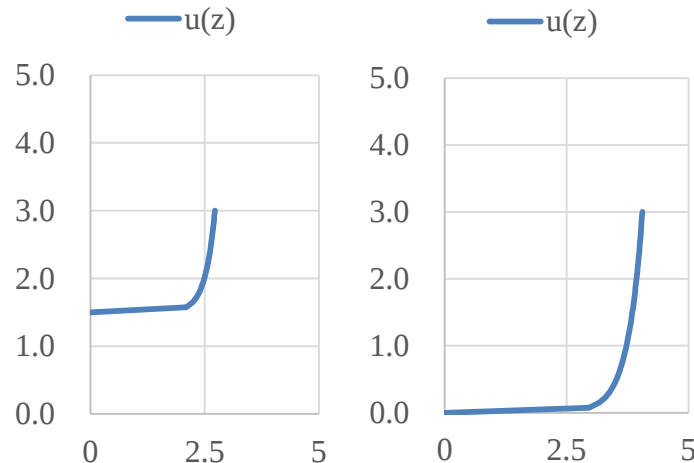
浮遊砂フラックス $F_s(z)$ を
低水路と掘削地で比較して、
堆積しうる状況にあるか確認。

$$\int_{\Delta z}^{WL} F_{s2}(z) dz = 0.427 [\text{m}^3/\text{s}/\text{m}] \quad \int_{\Delta z}^{WL} F_{s1}(z) dz = 0.842 [\text{m}^3/\text{s}/\text{m}]$$



計算条件
 $le=1/2000$
 $d=0.1\text{mm}$
(細砂)

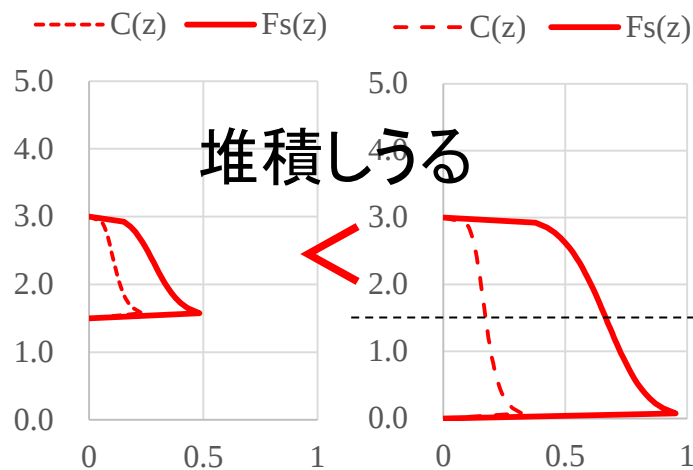
$\Delta Z=1.5\text{m}$
 $H=3.0\text{m}$



簡易な浮遊砂堆積モデルの計算例2

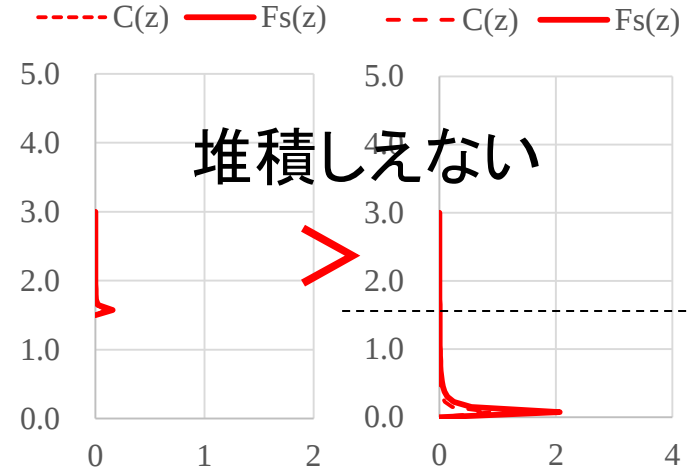
$$\int_{\Delta z}^{WL} F_{S_2}(z) dz = 0.427 [\text{m}^3/\text{s}/\text{m}] \quad \int_{\Delta z}^{WL} F_{S_1}(z) dz = 0.842 [\text{m}^3/\text{s}/\text{m}]$$

$$\int_{\Delta z}^{WL} F_{S_2}(z) dz = 0.014 [\text{m}^3/\text{s}/\text{m}] \quad \int_{\Delta z}^{WL} F_{S_1}(z) dz = 0.001 [\text{m}^3/\text{s}/\text{m}]$$



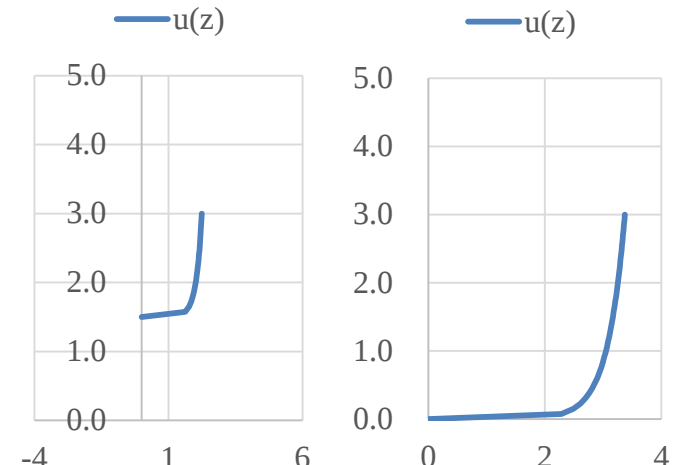
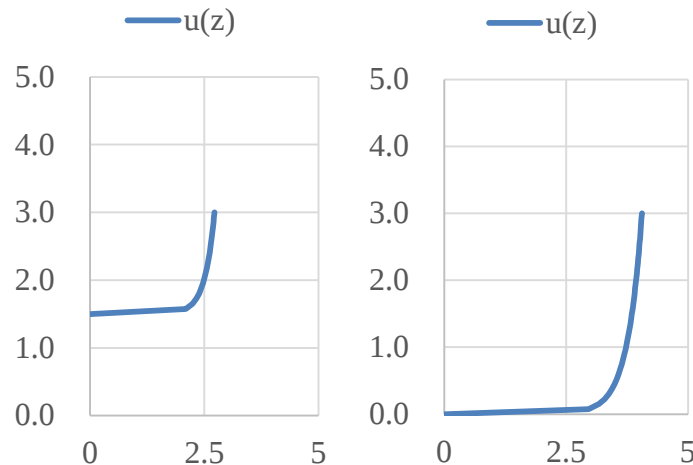
計算条件
 $le=1/2000$
 $d=0.1\text{mm}$
 (細砂)

$\Delta Z=1.5\text{m}$
 $H=3.0\text{m}$



計算条件
 $le=1/2000$
 $d=1.0\text{mm}$
 (粗砂)

$\Delta Z=1.5\text{m}$
 $H=3.0\text{m}$



土砂堆積ポテンシャル

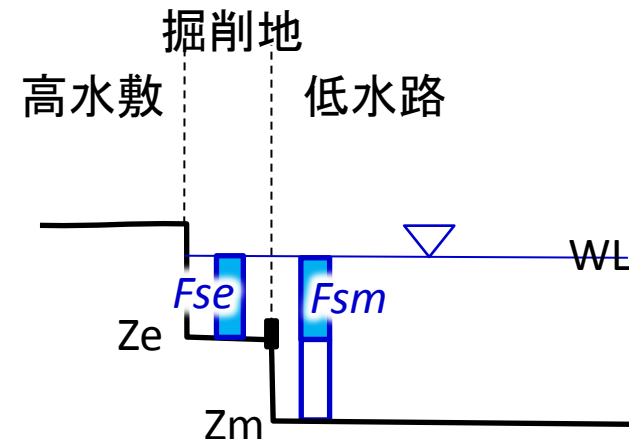
- 低水路 (main channel) の流砂フラックスを $F_{sm}(z)[\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2]$ 、掘削地 (excavation site) の流砂フラックスを $F_{se}(z)[\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2]$ としたとき、「土砂堆積ポテンシャル」を、 $\int_{z_e}^{wl} F_{sm}(z) dz - \int_{z_e}^{wl} F_{se}(z) dz$ と定義する。

- 低水路及び掘削地に、浮遊砂が平衡濃度で流れる際に、掘削地の底面よりも高い位置を流れる低水路の浮遊砂が、平面混合等によって掘削地に運ばれ、その結果、掘削地に堆積しうる土砂の量を示す。

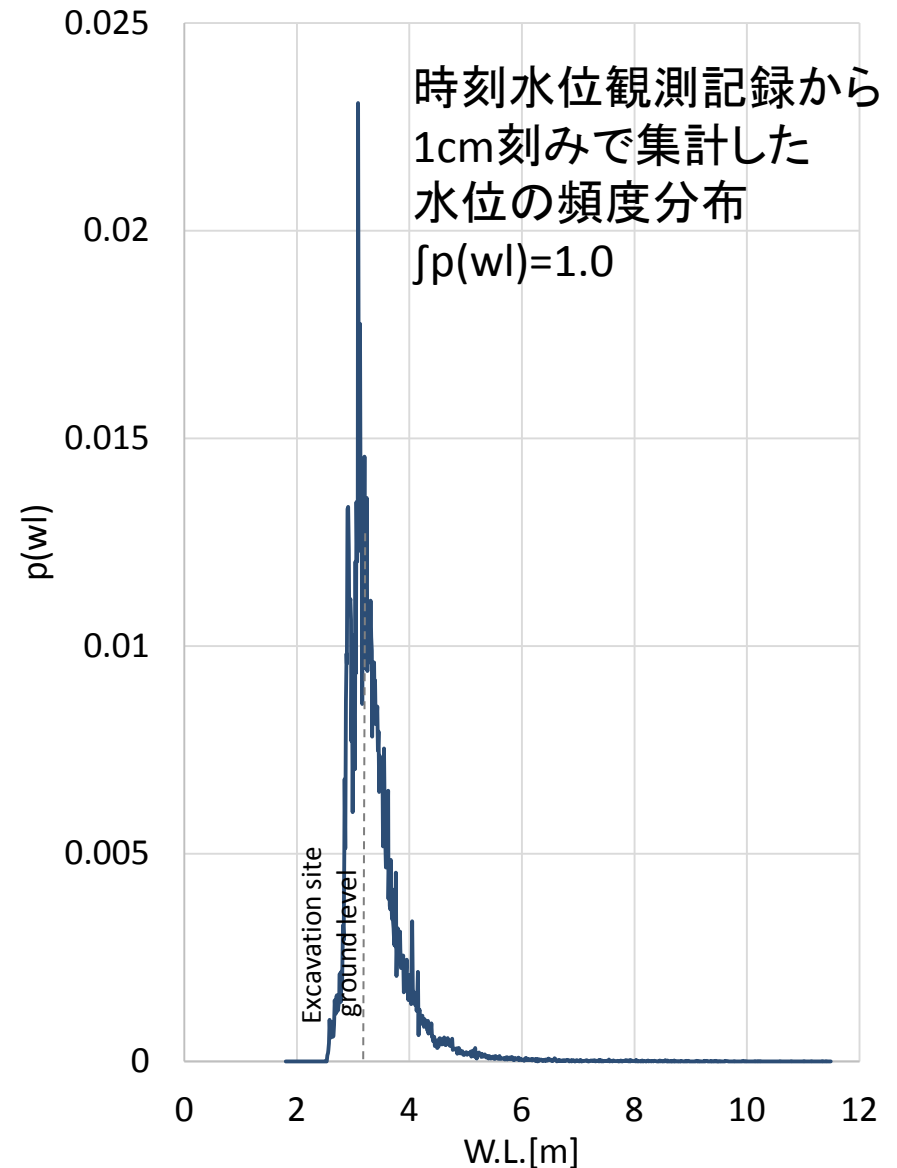
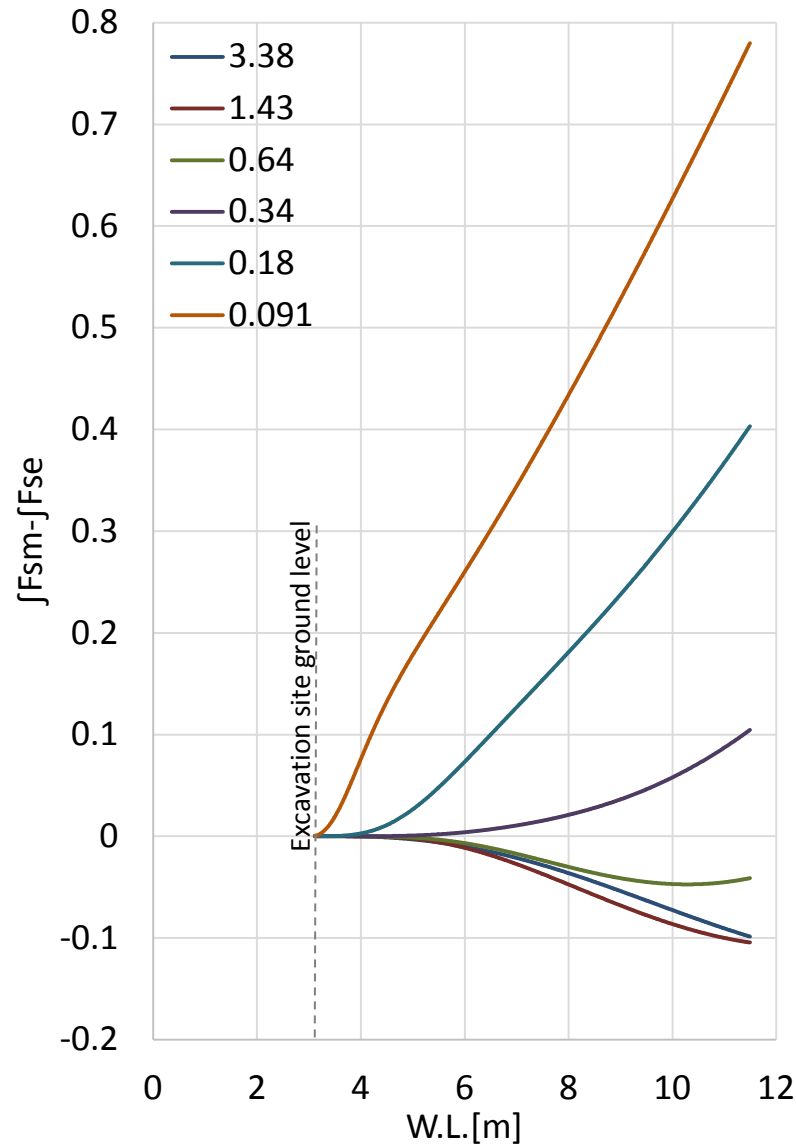
物理的な意味

- 流砂フラックスは、単位時間・単位面積あたりの砂の通過堆積を示している。 $[\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2]$
- 鉛直積分された流砂フラックスは、単位時間・単位幅あたりの砂の通過体積を示している。 $[\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}]$
- 土砂堆積ポテンシャルは、鉛直積分された流砂フラックスの差の量として表現される。もしも、この量が通過できずその場に瞬時に体積すると仮定した場合、この量は、単位時間・単位平面積あたりの砂の堆積ボリュームを示している。 $[\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2]$
- 単位の見方を変えれば、時間あたりの砂の堆積を速度を示しているともいえる。 $[\text{m}/\text{s}]$

単純化した河道モデル

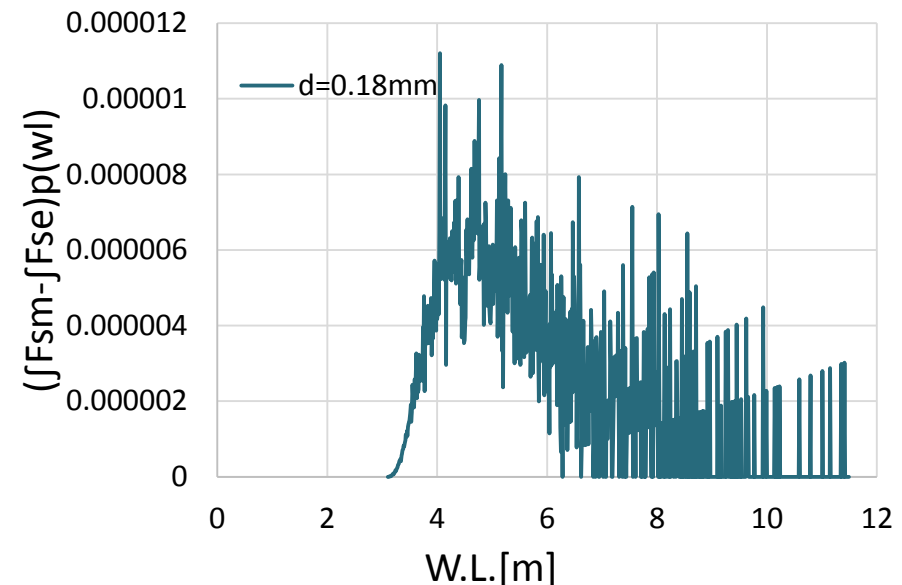
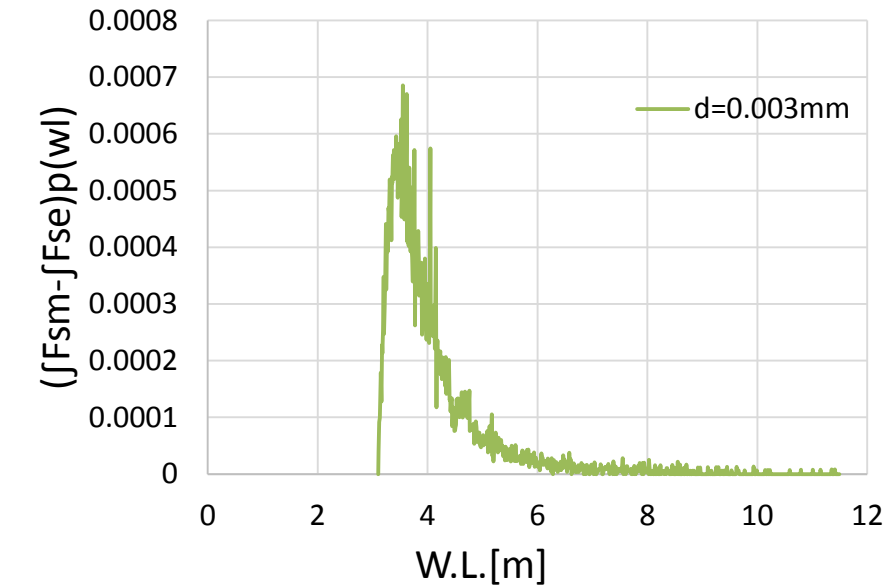


土砂堆積ポテンシャル×水位時間頻度



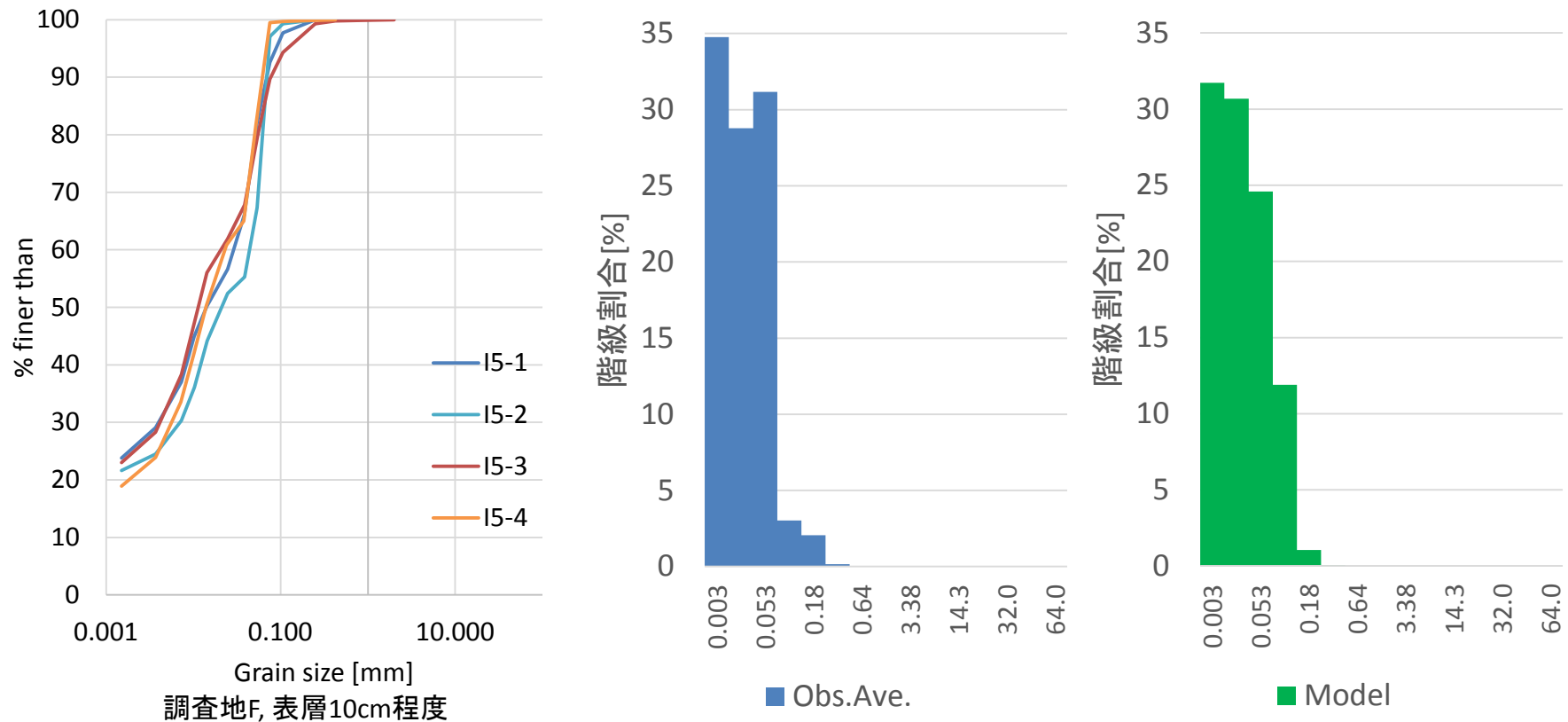
土砂堆積ポテンシャル×水位時間頻度

- ・水位時間頻度を考慮することの意義
 - 粒径ごとに、堆積を生じやすい水位（流量）が異なることが表現できる。
 - 年間の流況に締める時間頻度が考慮されるため、頻度が高い中小出水が土砂堆積に寄与している割合が評価可能。
 - 各粒径について求めた結果を積分し、比較することで擬似的に粒度分布を生成可能。



実測粒度分布 vs モデルから求めた堆積土砂の粒度分布

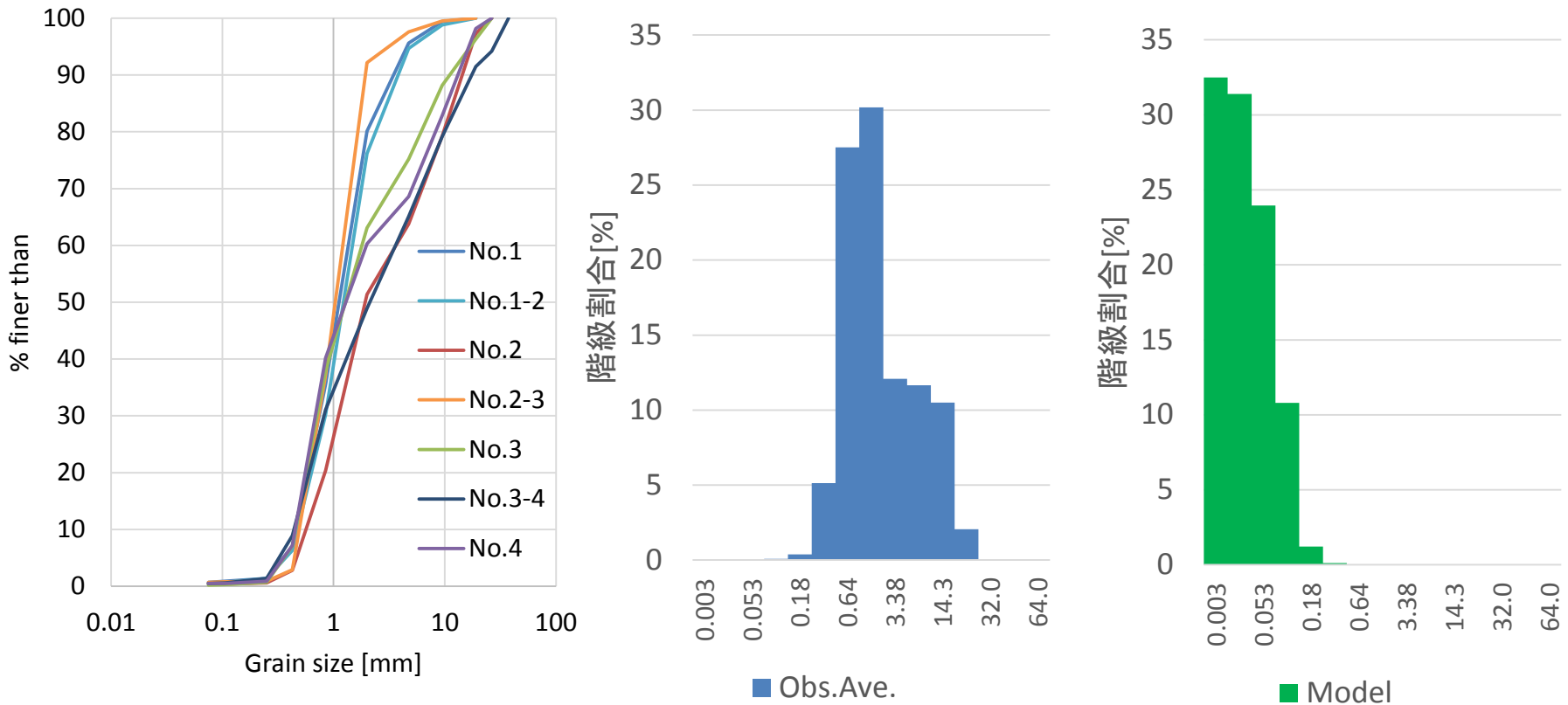
【揖斐川】



- 簡易モデルにより予想される粒度分布は、揖斐川の堆積土砂の粒度分布の特徴を、的確に表現できた。

実測粒度分布 vs モデルから求めた堆積土砂の粒度分布

【長良川】



- 長良川におけるモデルの計算結果は、揖斐川とあまり差がなかった。(現地の状況は全く再現できなかった)

簡易な流砂モデルによる検討の結果

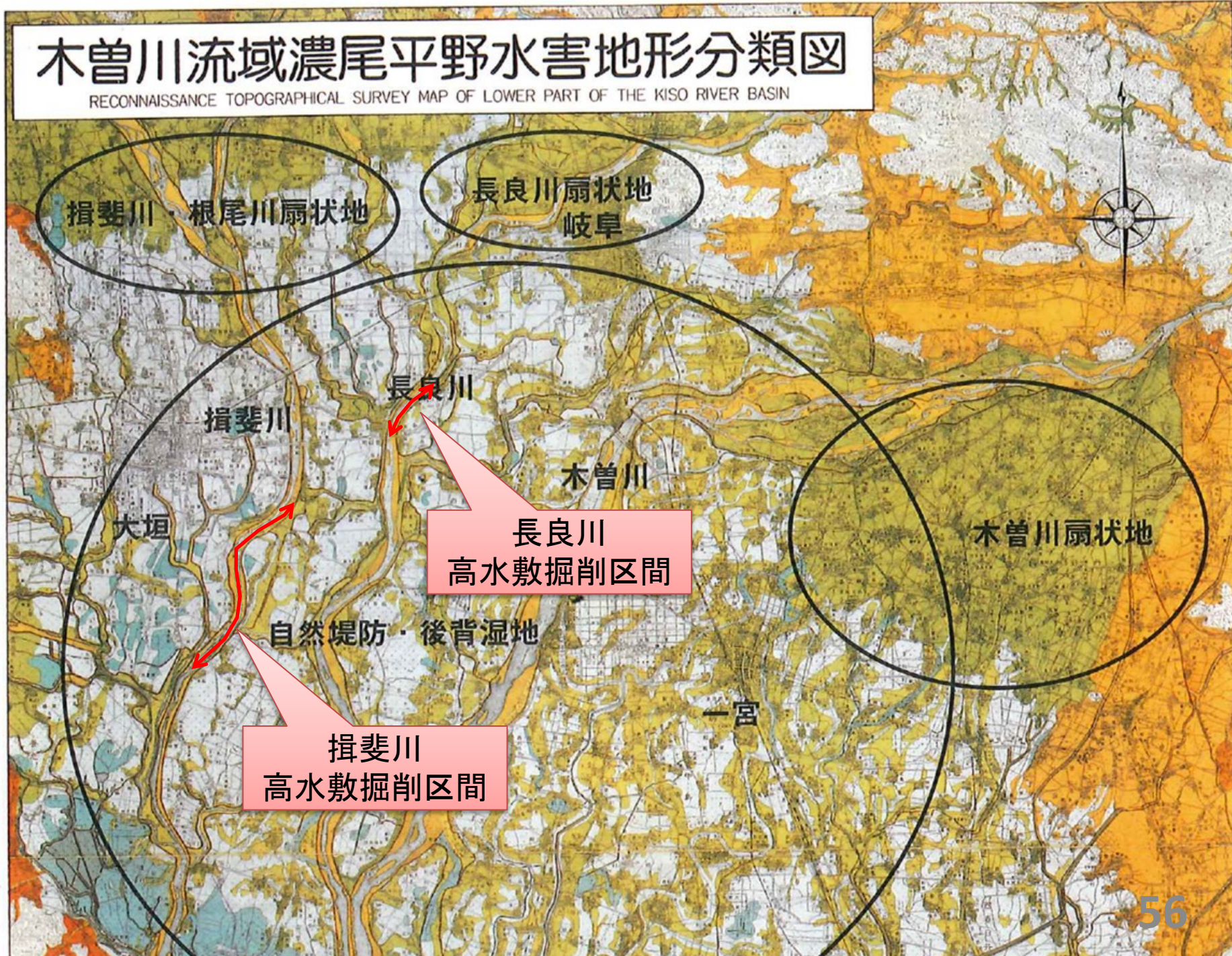
- 揖斐川の堆積土砂の粒度特性と、モデルによる予測の結果は良く一致した。
- しかし、長良川におけるモデルの予測結果は揖斐川と大差なく、長良川の現地の堆積土砂の傾向を全く再現できなかった。
- モデルがおいている仮定が揖斐川では良くあてはまり、長良川では大きく外れている可能性が高い。
 - 低水路及び掘削地に、浮遊砂が平衡濃度で流れる際に、掘削地の底面よりも高い位置を流れる低水路の浮遊砂が、平面混合等によって掘削地に運ばれ、その結果、掘削地に堆積しうる土砂の量を示す。

そもそも流れて
こなければ堆積
しない・・・

流送土砂の粒度分布がそもそも異なる、
流量と土砂濃度の対応関係など、
流域特性に依存した要因を仮定せざるを得ない

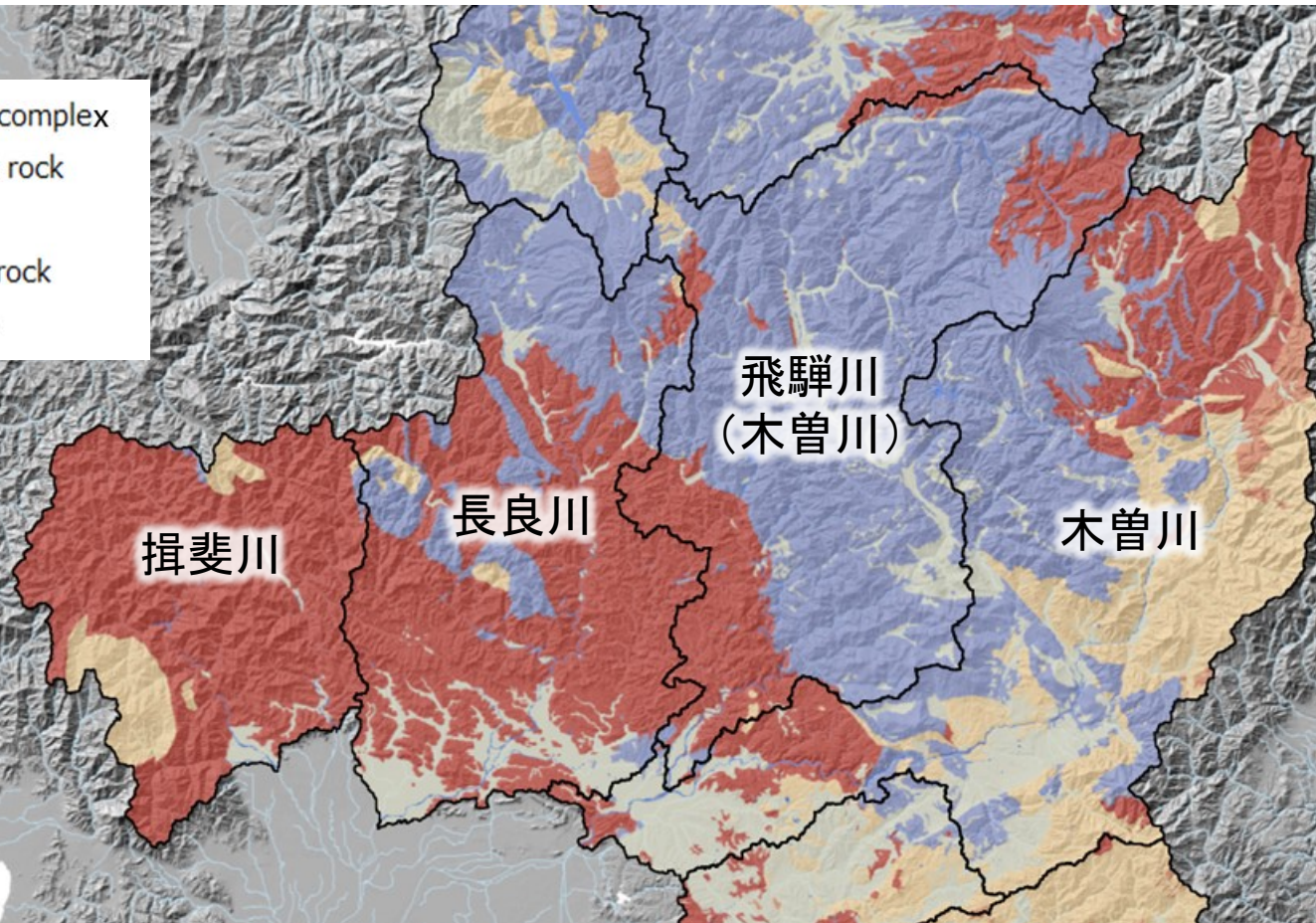
木曽川流域濃尾平野水害地形分類図

RECONNAISSANCE TOPOGRAPHICAL SURVEY MAP OF LOWER PART OF THE KISO RIVER BASIN



長良川と揖斐川の流域地質

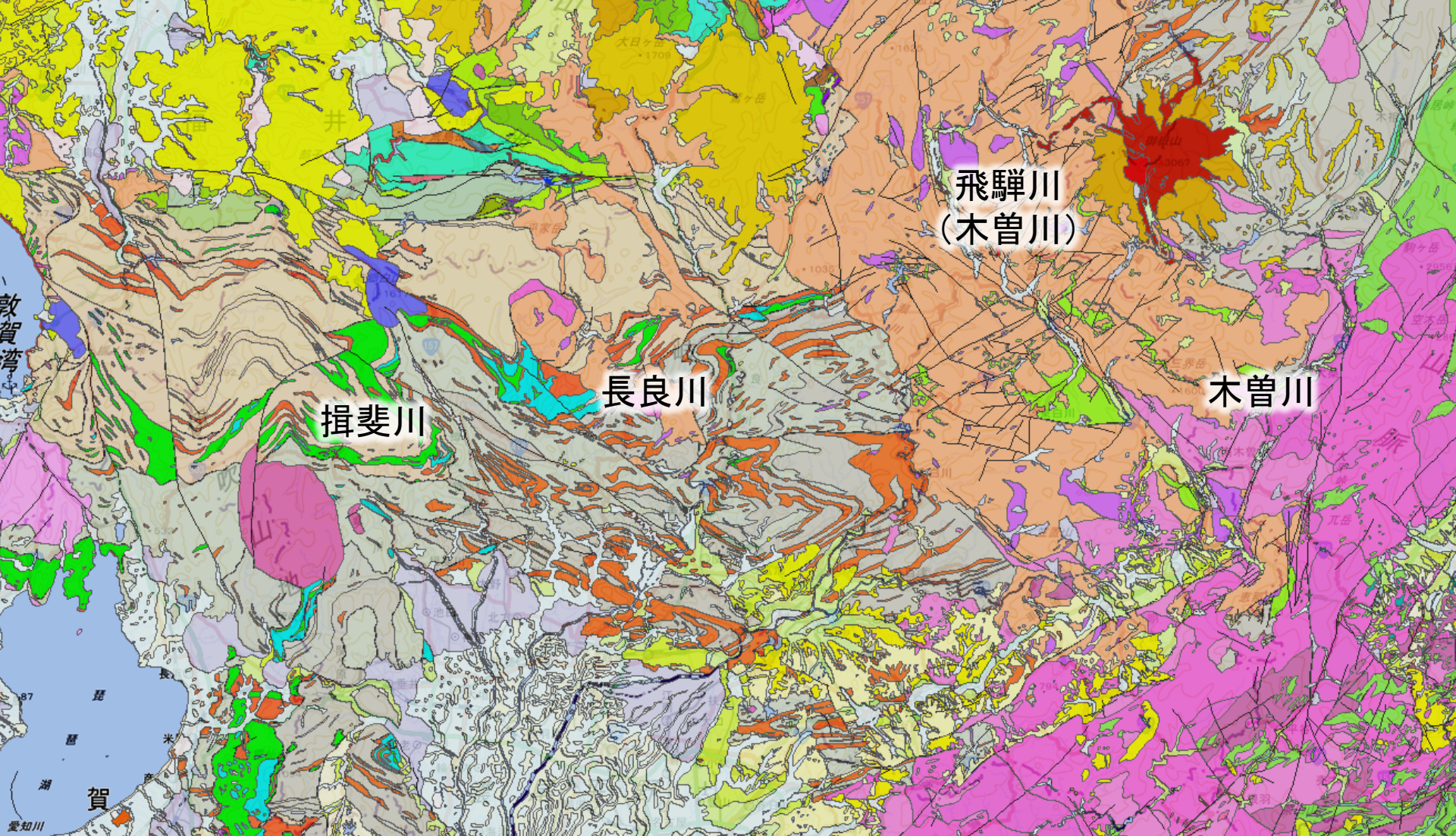
- accretionary complex
- metamorphic rock
- pulitonic rock
- sedimentary rock
- volcanic rock



＜揖斐川と長良川の流送土砂特性及び流況特性の違い＞

揖斐川流域: 付加体を主とした美濃帯(中でも泥岩・砂岩が主体)で構成されており、セグメント2はおもにこれを起源とする細砂・シルトが主体である。

長良川流域: 美濃帯(砂岩・チャート主体)に加えて濃飛流紋岩・安山岩などの堅い火成岩が多く、揖斐川よりも砂利分が多い傾向。

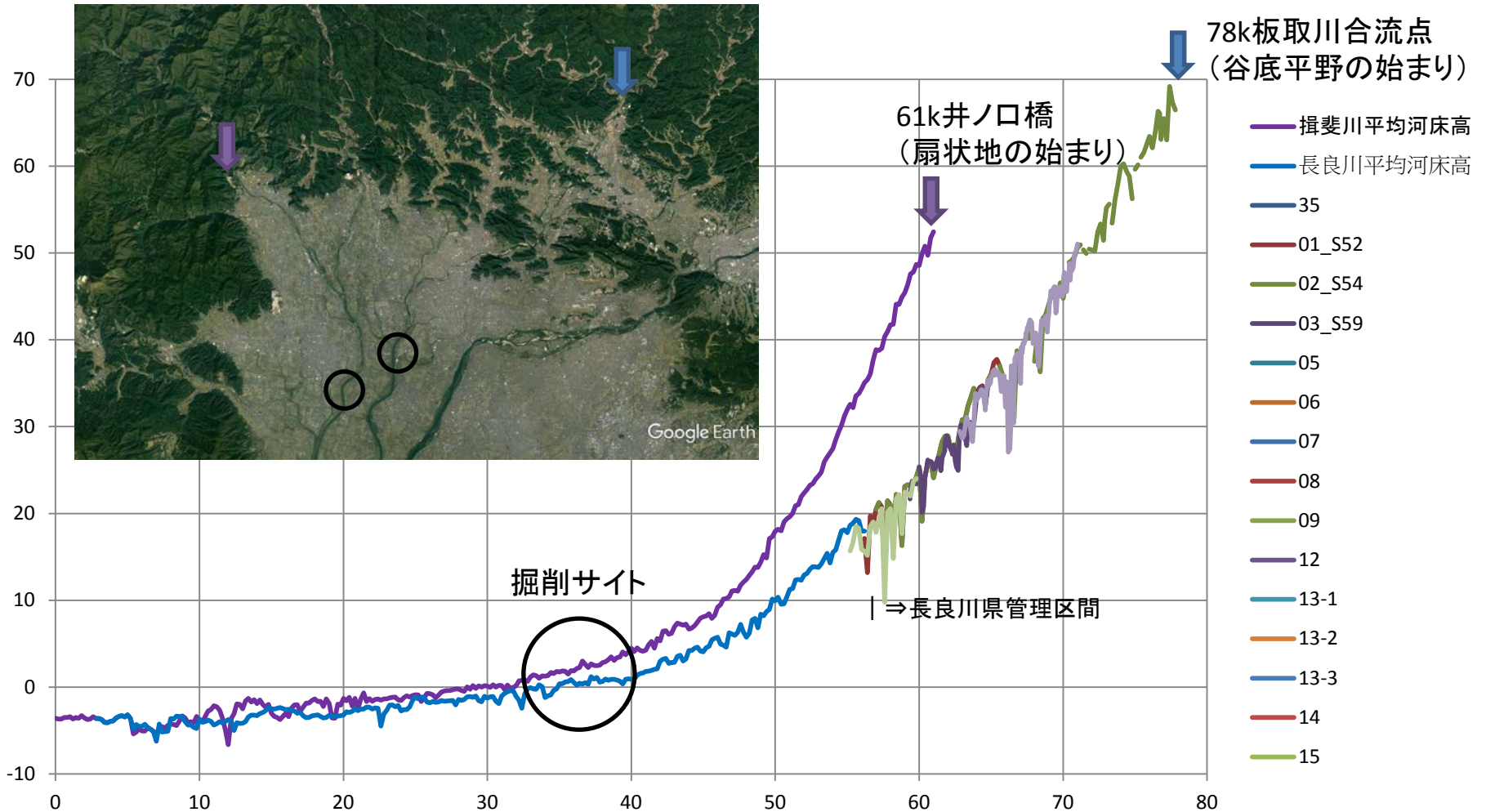


＜揖斐川と長良川の流送土砂特性及び流況特性の違い＞

揖斐川流域：付加体を主とした美濃帯（中でも泥岩・砂岩が主体）で構成されており、セグメント2はおもにこれを起源とする細砂・シルトが主体である。

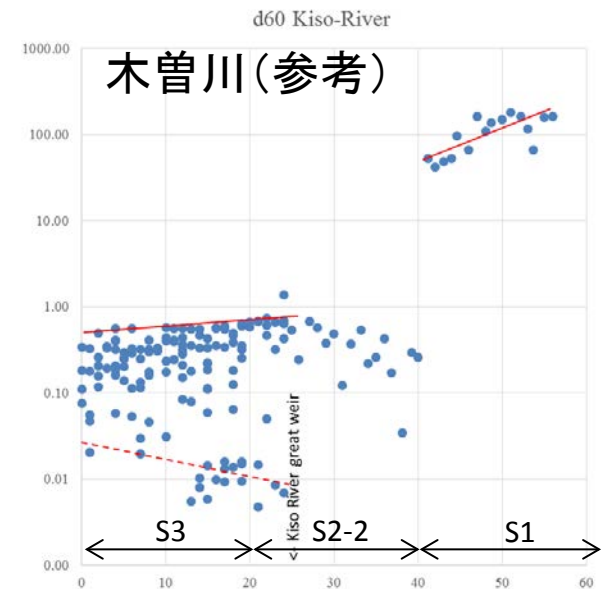
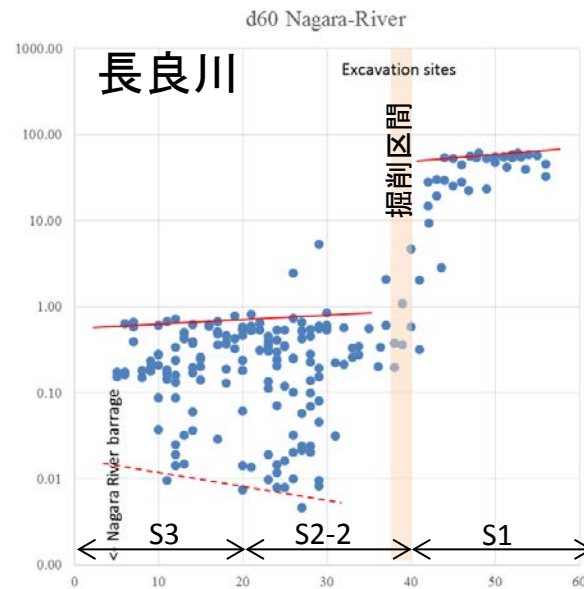
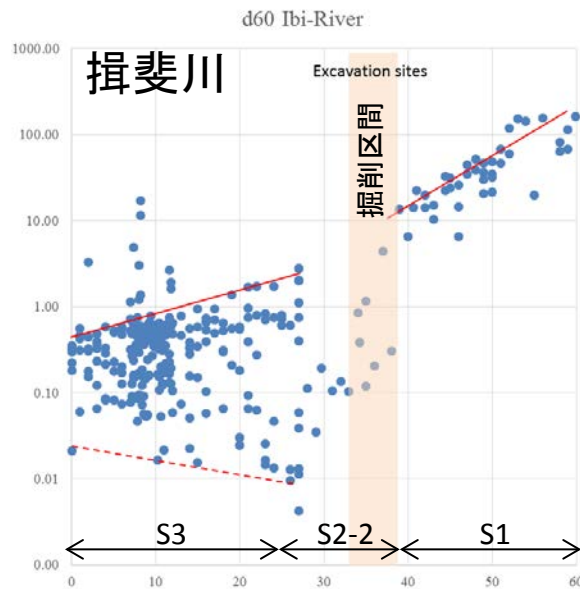
長良川流域：美濃帯（砂岩・チャート主体）に加えて濃飛流紋岩・安山岩などの堅い火成岩が多く、揖斐川よりも砂利分が多い傾向。

縦断形とS1区間の延長



縦断形(とくにセグメント1)に着目すると、揖斐川は急で短く、長良川は緩くて長い。
⇒従来研究より、掘削サイトに到達する浮遊砂濃度に大きな違いがあることが予想される。

河床材料(d_{60})縦断分布特性



- 高水敷掘削は扇状地から自然堤防帯への移行帯で行われている。(河床縦断形との関係性は今後検討)
- 河床構成材料と、高水敷掘削後の堆積土砂の関係性が重要な考察対象となる。
- 扇状地(S1)から自然堤防帯(S2)で河床材料が大きく変化するが、揖斐川と長良川では傾向に違いが見られる。この原因は、土砂の元となる地質、河川の縦断形の観点から考察していく。

自然堤防帯の土砂堆積に 影響しうる流域特性

- ① 流域地質に起因する生産土砂の特性の違い
(粒度分布、磨耗・破砕特性)
- ② ダム等、土砂の挙動に影響する工作物
- ③ 山地(土砂生産源)→谷底平野・扇状地(S1)→自然堤防帯
(S2)の縦断形特性
- ④ 掘削地における掘削高さ等のローカルな条件
…今のところ、④のみ検討中。①～③の影響が重なって
掘削地に流れてくる土砂の特性が決定されているはず。

粒度分布、生産量、
破砕磨耗特性

①流域地質
生産土砂

②ダム、堰

ダム等によるフィルタリング
貯留、濁水長期化

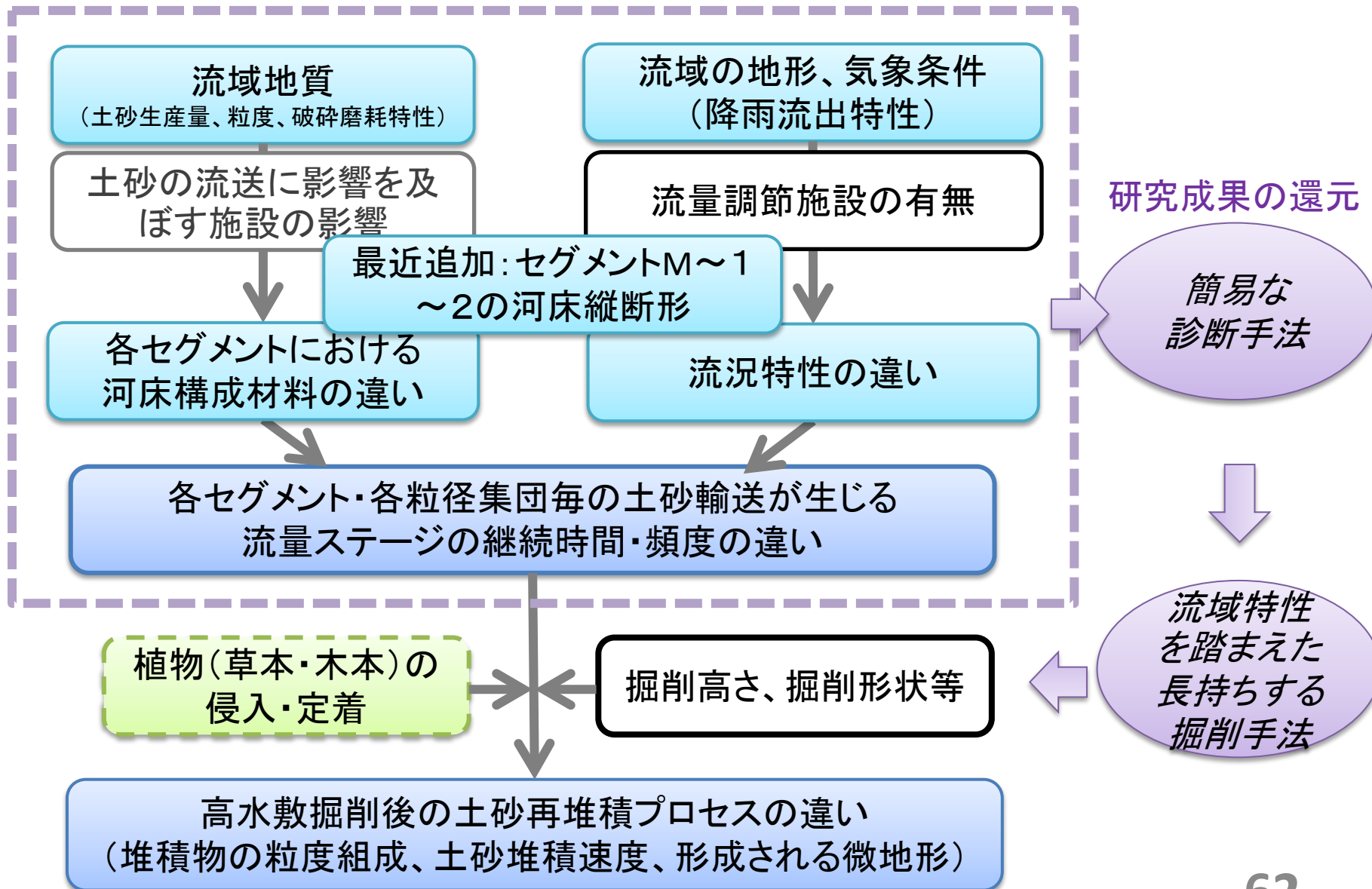
③セグメント1の特性
⇒一次元河床変動？

④掘削地のローカルな条件
⇒簡易流砂モデルで検討

掘削高さ、平面形など

縦断勾配、延長など
⇒浮遊砂鉛直分布に影響。

本研究における仮説



本講演のまとめ

- 自然堤防帯(セグメント2)は、原生的な状態であれば数年に一度程度氾濫し、氾濫水に含まれる土砂(砂～シルト・粘土)が自然堤防や後背湿地の地盤を形成するような場である。
- 現代の河川では、高水敷掘削後に土砂が再堆積する事例が多く報告されている。揖斐川の事例は最たるものの一つであるが、短期間で多量の土砂が堆積した。土砂堆積速度は年数cm～10cm程度とかなり大きい。
- 土砂が堆積し、複雑な微地形を形成するプロセスには植物も深く関与しており、平面二次元河床変動計算等により再現するのはやや困難と考えられた。
- 揖斐川と長良川では、掘削後のレスポンスがかなり異なっている。そもそも、掘削地にある土砂の粒度特性が異なる。
- 浮遊砂の堆積を扱う簡易な流砂モデルにより、揖斐川の堆積土砂の粒度組成を表現することができた。長良川については全くあわなかった。
- 流域特性に起因する流送土砂の違いを考慮しなくては、2河川の違いを説明できないと考えており、この仮説を実証すべく研究を続行していきます。

高水敷掘削後の土砂再堆積の予測にあたっては、計算区間上流側の境界条件として捉えられることが多い土砂濃度をどのように与えるか？が最大の課題となると予想