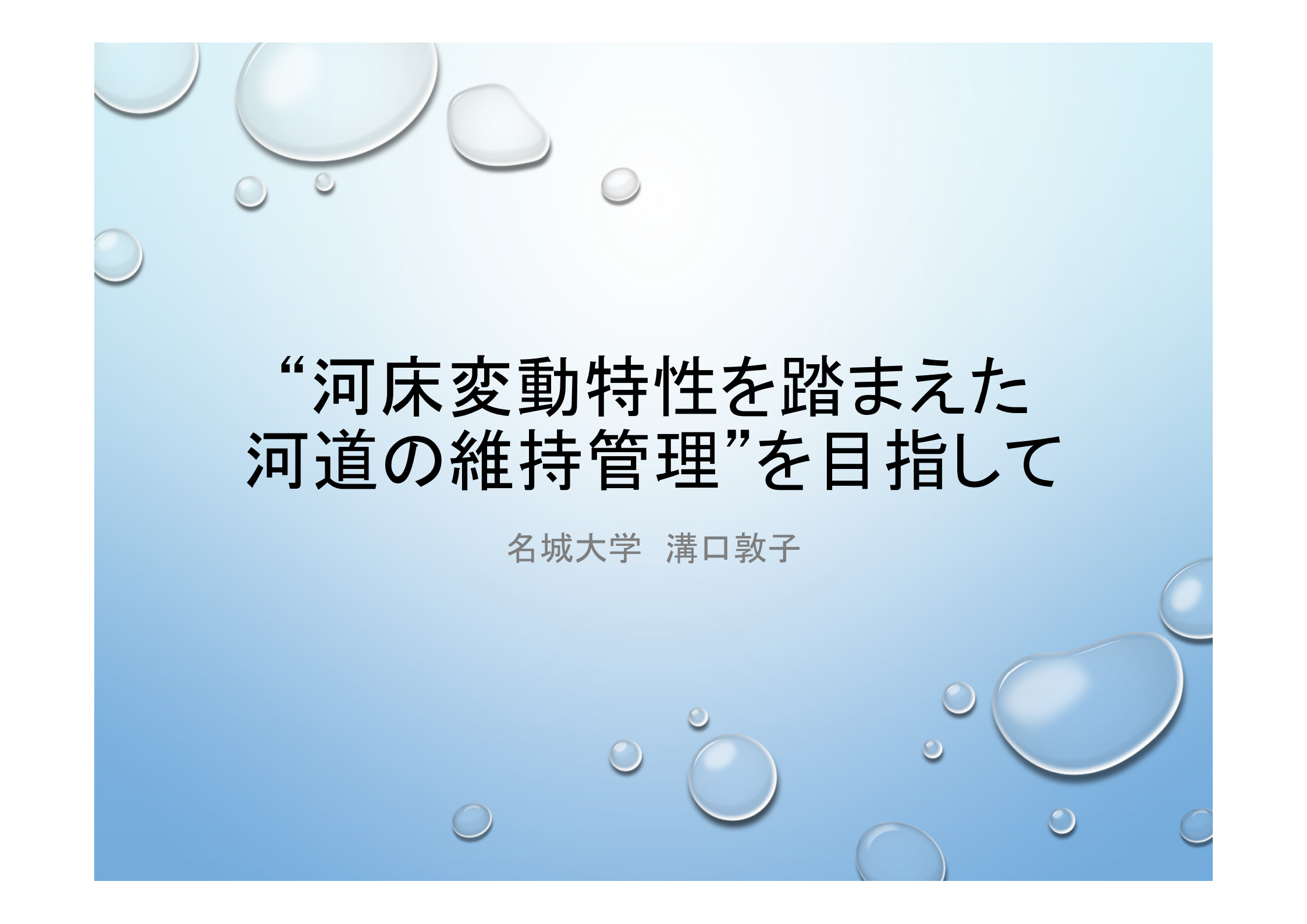


The background is a light blue gradient with several realistic water droplets of various sizes scattered across it. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance.

“河床変動特性を踏まえた 河道の維持管理”を目指して

名城大学 溝口敦子

単列(交互)砂州

木曽川

揖斐川

長良川

出水時に形成，変形した砂州上に平水時の 流路が形成される



(淀川工事事務所 提供)

木津川8km地点付近における
砂州と低水時の流路の様子

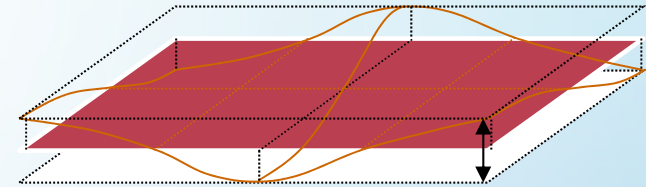


神通川19km地点付近における
砂州前縁線(白線)と低水時の流路の様子

(富山河川国道事務所提供)

一定流量下で形成される砂州は、
線形不安定解析等を用いて予測できる。

$$\tilde{\eta} = \hat{\eta} \cdot \cos(l\tilde{y}) \cdot \exp \{ik(\tilde{x} - c\tilde{t})\}$$

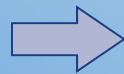


ただし、 $\hat{\eta}$ は擾乱の振幅幅であり実数、 $c = C_r + iC_i$ は、無次元複素移動速度、 k , l は、 $\tilde{x}$, $\tilde{y}$ 方向の波数であり次式で定義する。

$$l = \frac{m\pi H_0}{B} \quad k = \frac{2\pi H_0}{2L}$$

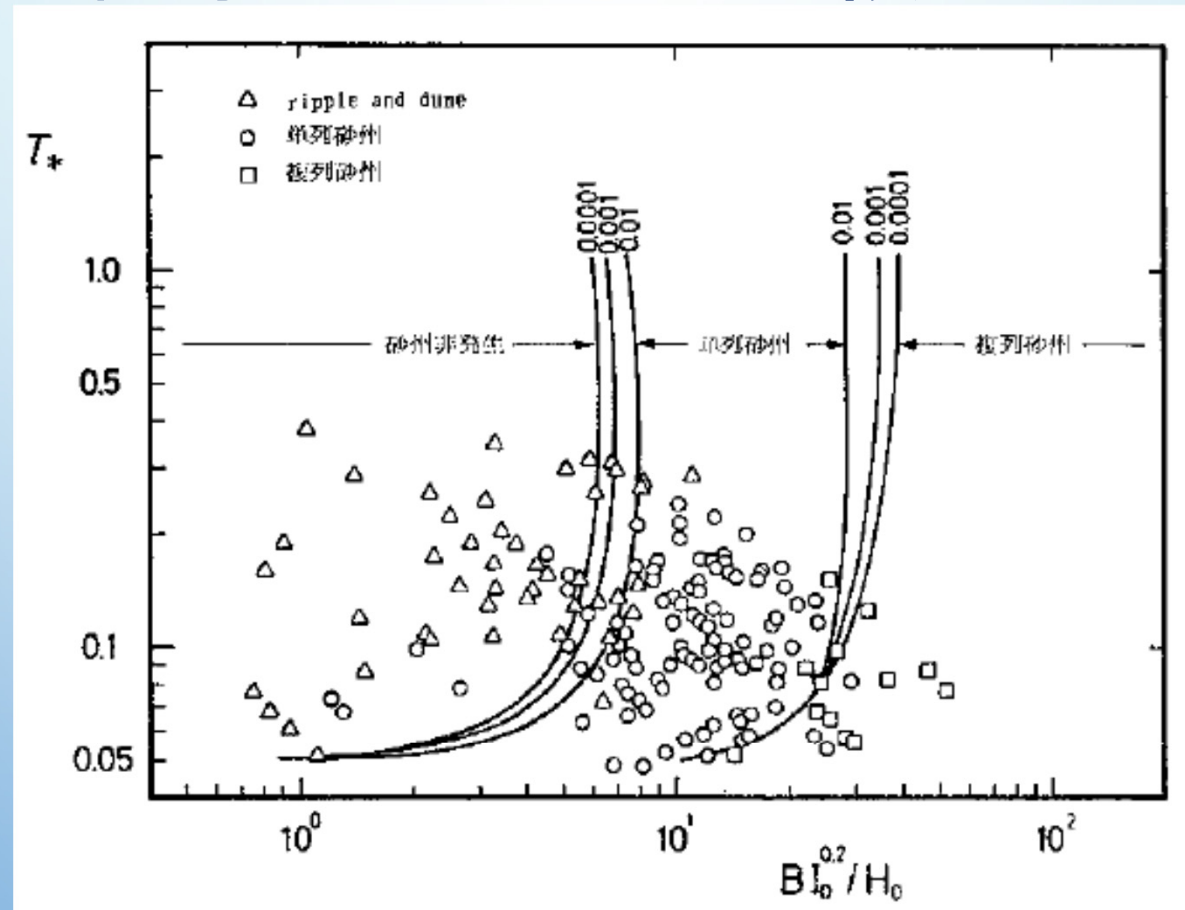
ここに、 L は砂州波長、 B は水路幅、 m は $\tilde{y}$ 方向の分割数である。

河床擾乱を上式で与え、擾乱が発達するか否かを、流れ、流砂との応答を考えて解析する。



増幅率 kC_i が最大となる条件の擾乱が、発達する砂州の条件となる。

理論解析による発生領域区分

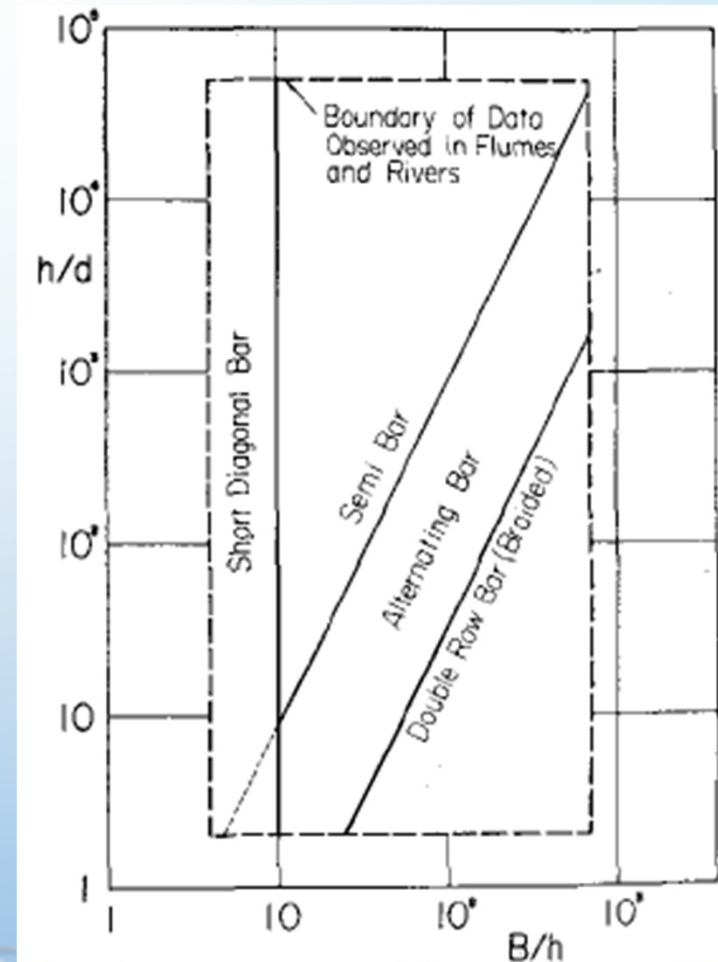
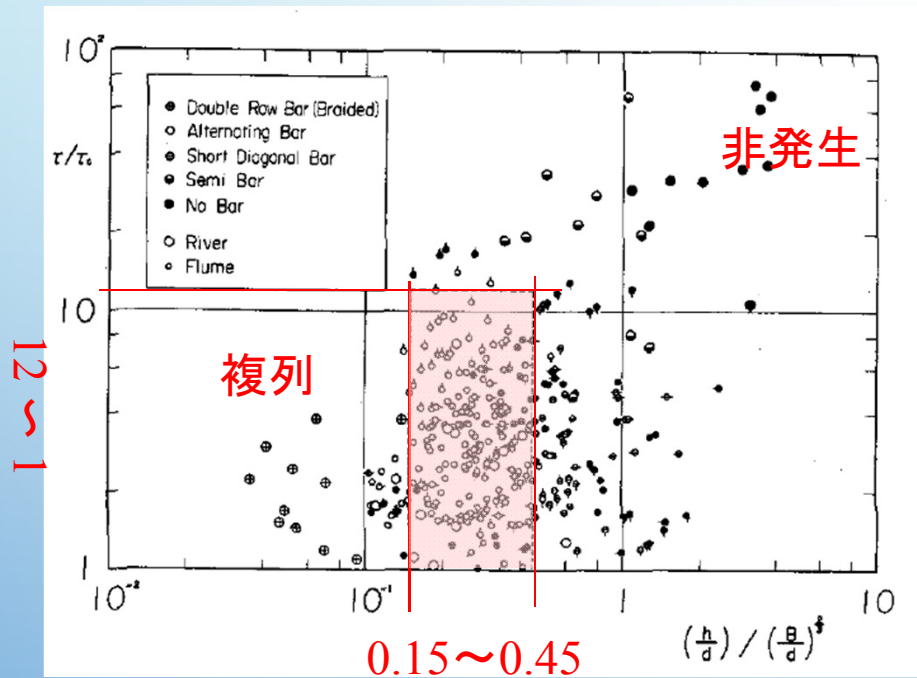


黒木幹男, 岸力「沖積河道の流路形態の領域区分に関する研究」第26回水理講演会論文集, pp. 51-56, 1982.

「中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究」土木学会論文集, 第342号, pp. 87-96, 1984.

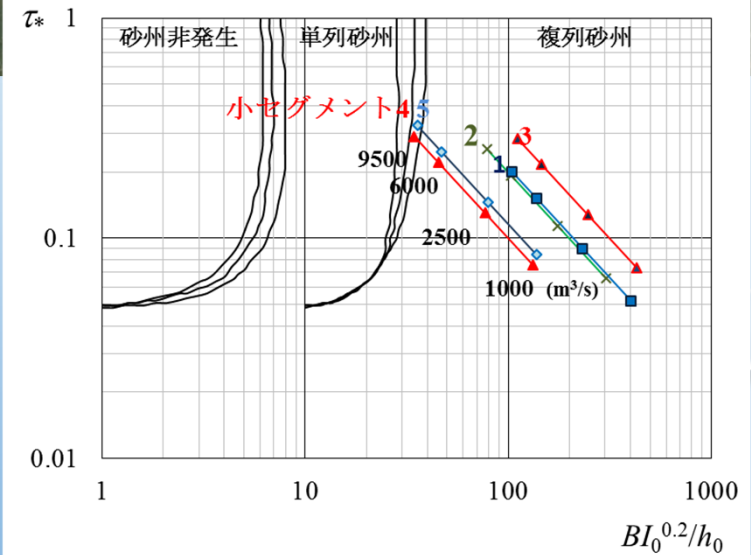
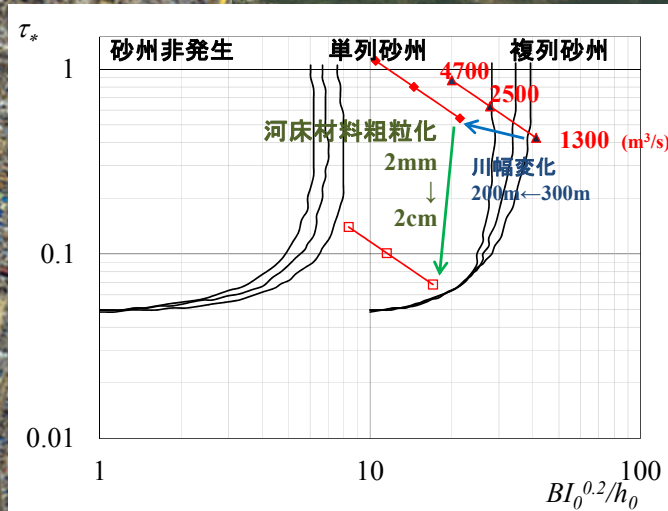
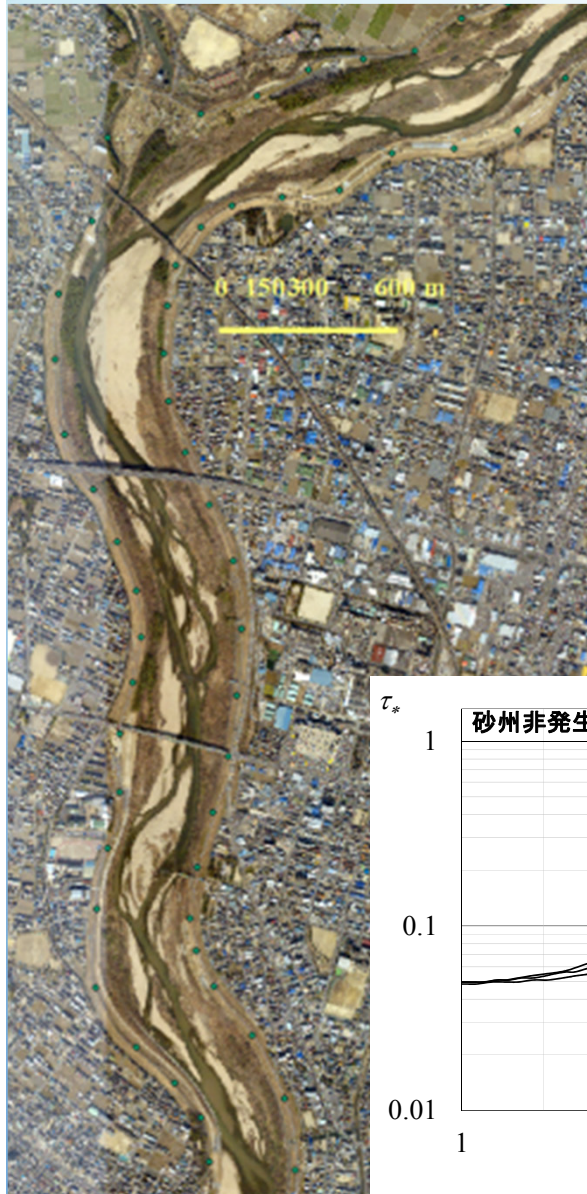
実験にもとづく発生領域区分

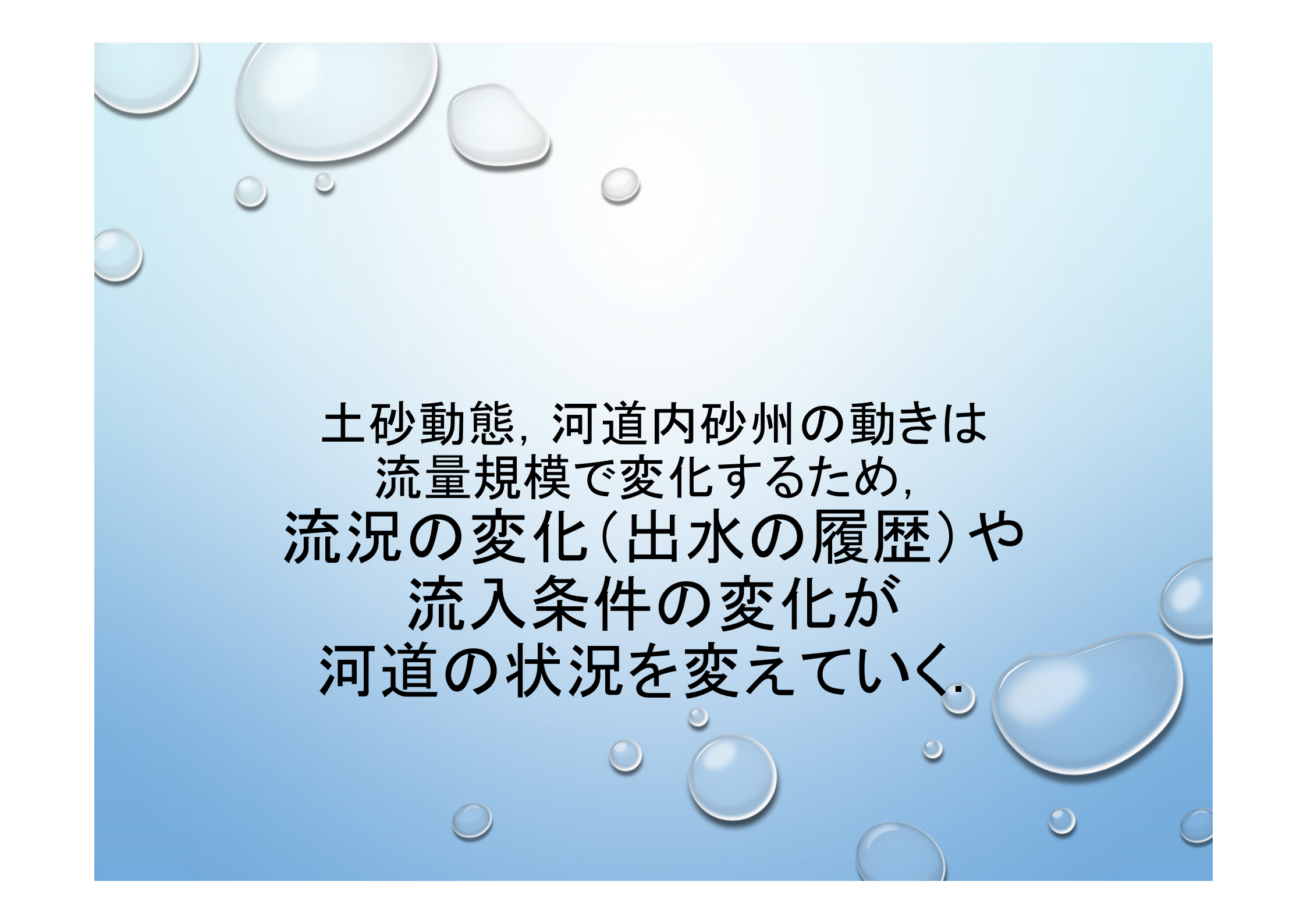
藤田らが $B/d(B/h) - h/d$ 上で領域区分を検討



河道内砂州の発生領域に関する研究

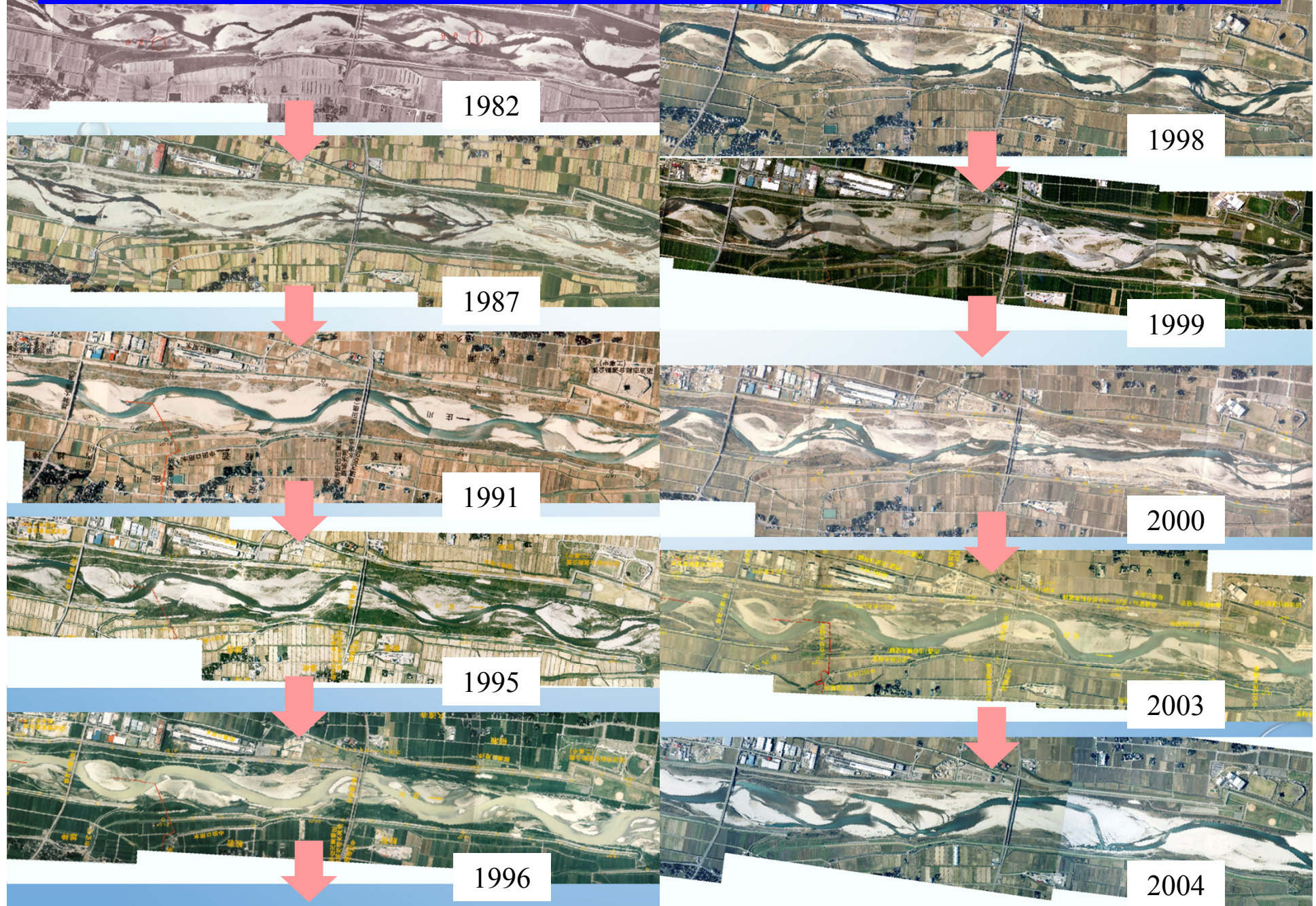
現地のおおよその状況を説明できる



The background is a light blue gradient with several realistic water droplets of various sizes scattered across it. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance.

土砂動態，河道内砂州の動きは
流量規模で変化するため，
流況の変化（出水の履歴）や
流入条件の変化が
河道の状況を変えていく。

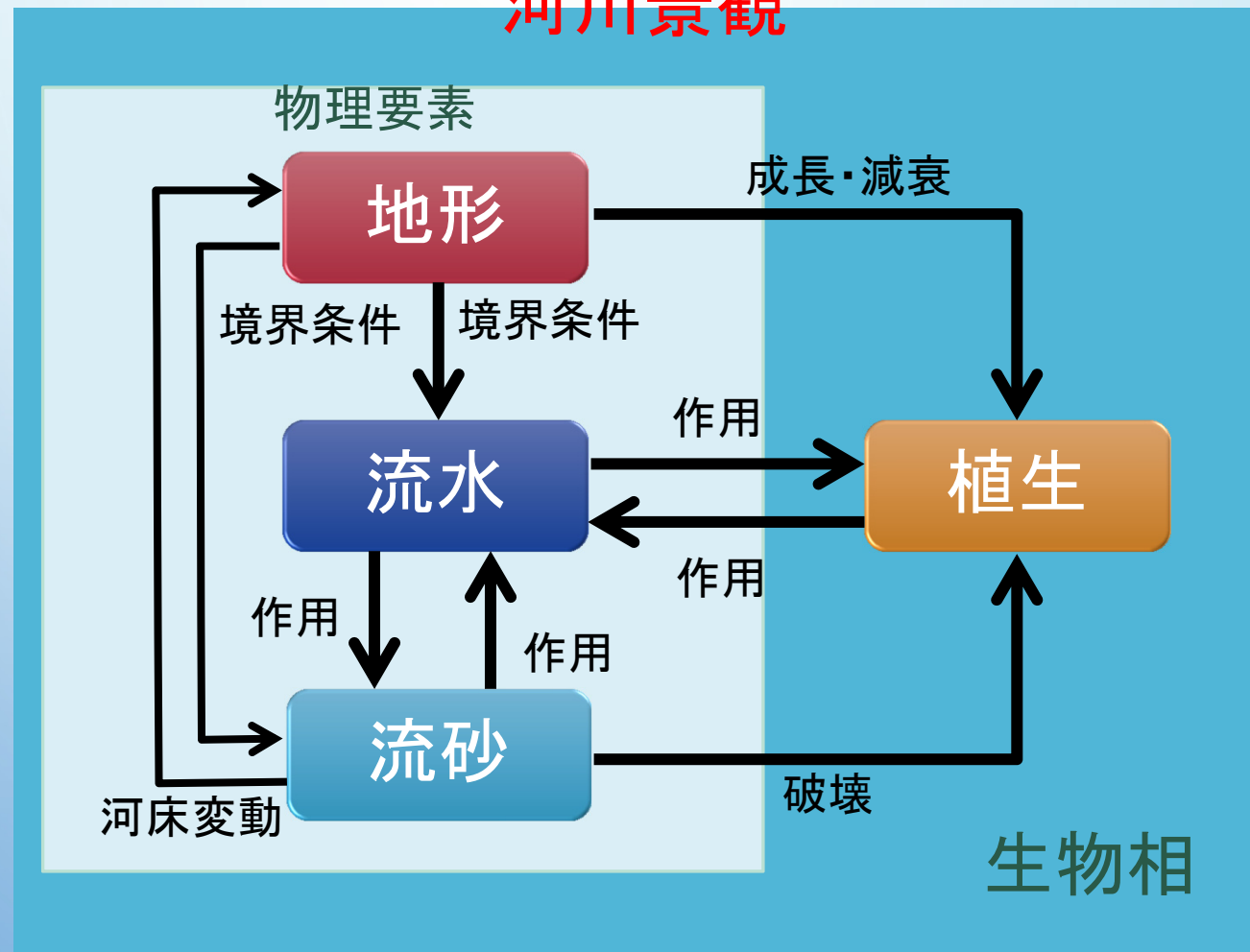
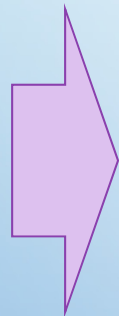
様々な表情を見せる河川：流路・河床変動状況の例



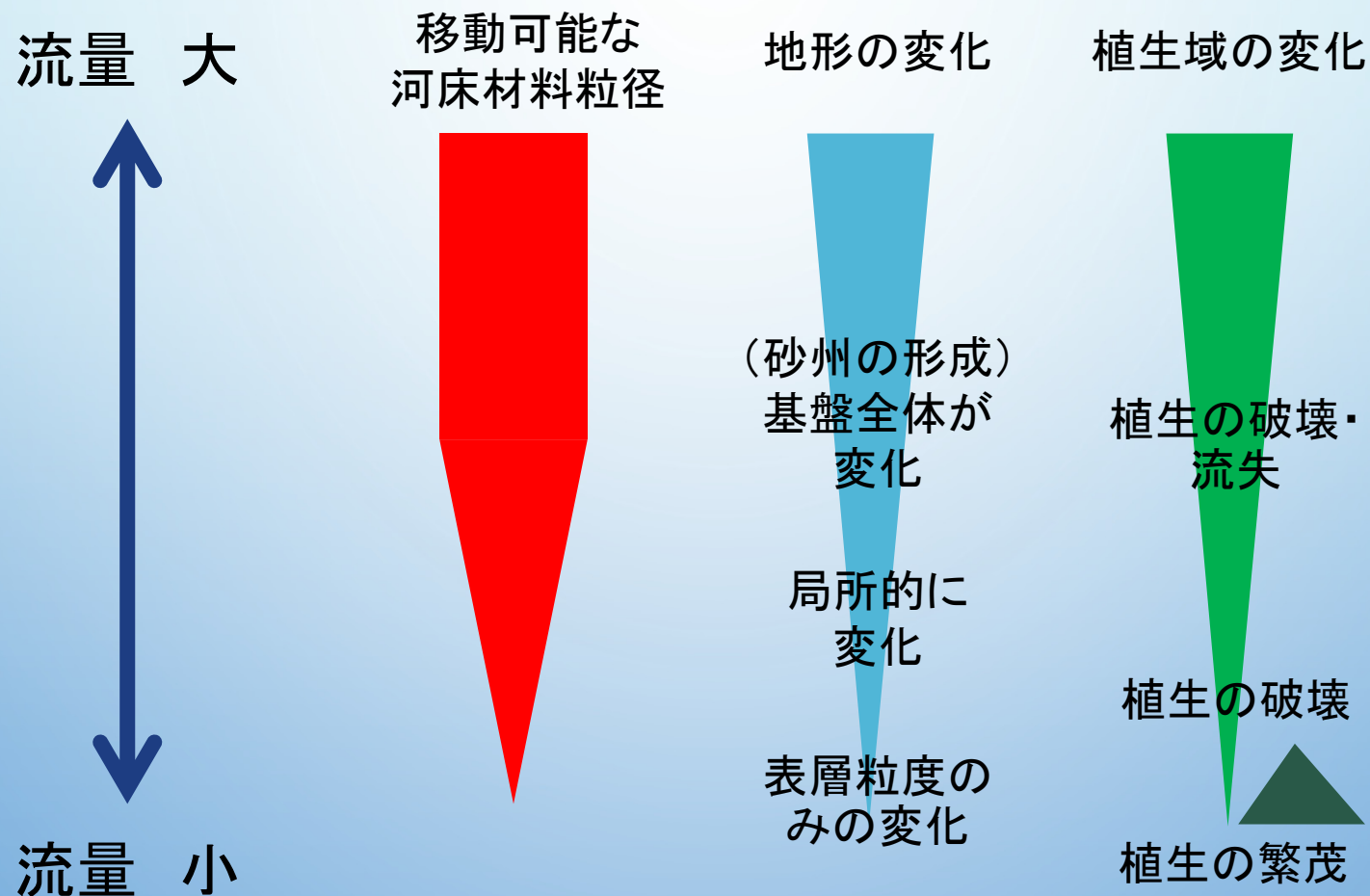
河川物理環境を作り出す 川の相互作用系

河川景観

人為的
インパクト



河川の物理環境の形成



河道全体で土砂が動いて形成される場がベース

本日の内容

- 河川構造物でなく**河道の維持管理**にむけて
- **河道の維持管理**のために必要な情報とは？ ～移動床の視点から～
目的に応じた情報と精度が必要.

DATAの有効活用

把握した情報をどのように処理して何を判断するのか.

⇒ 把握しただけでは終わらない！

(対策のための指標設定)

- 河道における物理基盤特性の捉え方
- 大井川における維持管理重要課題

河道において変わりうるもの

供給条件

流量変動(出水時・平水時の流況),
土砂供給(質, 量)

河道拘束条件

高水敷き, 低水護岸や堤防の設置状況

河道物理環境

河床形状(平水時の流路の状態),
河床材料粒度分布の平面分布

植生繁茂状態

河道の維持管理について考える

様々な計画では、河道の状況を想定.

計画上の
想定状況



現況

想定している状況から現況は離れていないか？
把握している状況と異なっていないか？？

河道の維持管理について考える

河道の維持管理は、構造物の維持管理と異なり単純でない。



河床変動や植物の侵入が起こるため、
状態が変化する。

この状態変化の把握が維持管理のための情報にとって重要

河道の維持管理について考える

維持管理すべき機能は何か.

(治水面)

流量-水位の関係をある範囲に治める.

※計画流量を安全に流下させる

流水断面の確保(河床上昇, 植物繁茂等による死水域増加を抑制)
粗度(草本も含めた植生域, 河床材料, 河床の凹凸が関係)増大の抑制

川幅の拡幅(河岸侵食)を抑制し, 川からの堤防侵食を防止.

河川構造物の維持管理(影響を及ぼす河床低下抑制も含む)
など

(環境面)

より良い河道物理環境(生態系が必要とする環境も含む)の維持

維持管理のために

河床上昇の抑制 ⇒ 適切な流砂環境の解明 流量～流砂量

⇒ 水位上昇を起こす要因を把握, 適切に管理

植物による死水域増加を抑制

⇒ 必要なく乱, 時期を解明

※植生域拡大のポイントを知る

粗度上昇の抑制 ⇒ そもそも年間どの程度変化しているのか

河道内植生などの変化でどの程度変化しているのか

河岸侵食の抑制 ⇒ 河岸侵食の要因, 起こるタイミング等解明

河床低下抑制

⇒ 河川構造物の維持管理上問題となる河床低下を把握

など

土砂動態, 河床・流路変動が鍵！

河道の状況は、どのように変動するのか？

河川によって異なる特徴を有するため、
それぞれの河川の特徴を把握する必要がある。

それにより、維持管理上問題となる状況が、
明らかになる。

➡ では、どのような情報から何を調べる
ことができるのか？

移動床現象の特徴を知るための 既往の情報

- 横断地形（またはレーザープロファイラーデータ）
 - 河床勾配, 川幅(有効川幅)
- 河床材料データ
- 航空写真データ
 - 河川線形, 植生繁茂状況(重ね合わせて変化を見る)
- 流況データ(水文データ)

川幅, 河床材料, 流量, 勾配が分かれば,
およその地形の特徴を把握できる!

どのような河床変動をするのか？

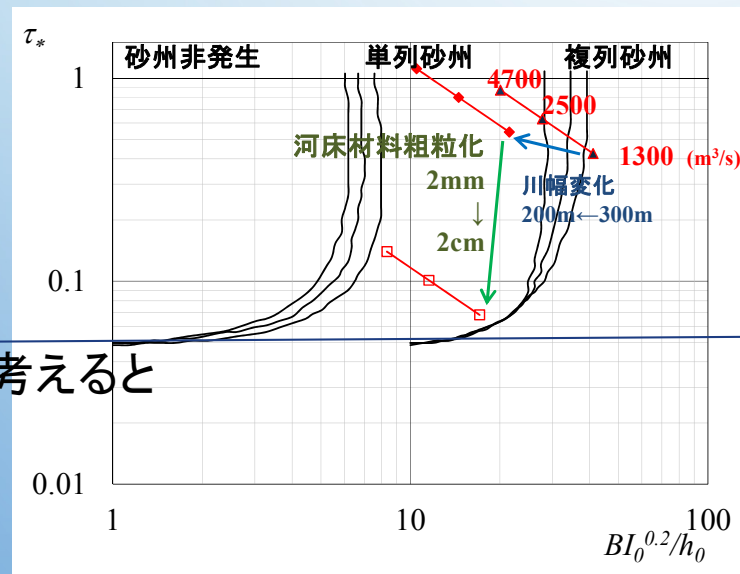
河川によって、異なる特徴を有するため
それぞれの河川の特徴を知る必要がある.

例えば、河床材料の動きやすさがそもそも異なる

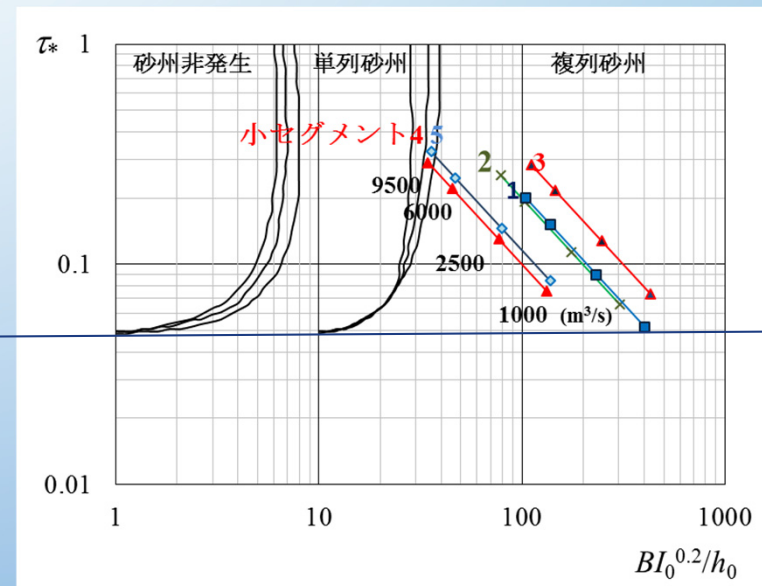
全体で
活発に動く



河道全体で考えると
動かない



矢作川の例



大井川の例

維持管理のための情報

水文情報(降雨・流量情報)

測量情報(地形)取得技術の高度化が進む

河床変動の予測等にかかわるところでは、

簡便に(高頻度での取得が可能),

かつ、詳細に

地形情報(水面下も含む)や流況が得られるようになった。

※精度や取得できる条件は十分確認する必要がある。

より詳細な地形・物理基盤情報の取得

平面情報 衛星写真
 航空写真

UAVによる写真（より解像度の高い写真が可能）

高さ情報 航空機レーザ（LP（含むALB））
 UAVによる撮影写真をSfM解析
 ナローマルチビーム，サブボトム
 プロファイラ等による水面下の解析
 （海洋での技術を応用）

人口衛星合成開口レーダによる変位計測

など

河川技術シンポジウム 2017

水中の河床地形の面的計測とその活用方策について

秋田麗子・西口亮太・野間口芳希

UAV写真測量による簡易な河川地形把握手法を活用した河道管理の検討

齋藤正徳・湧田雄基・唐木正史・市川健・天谷香織・那須野新

UAVとSfM-MVSを用いた河道水面下測量技術における水面屈折補正の高度化

神野有生・赤松良久・I GD Yudha Partama・乾隆帝・後藤益滋・掛波優作

画像解析を用いた河川流速計測における撮影・標定手法の開発と精度管理に関する研究

小林範之・渡邊明英・野谷靖浩・藤田一郎・能登谷祐一

平面2次元流解析とアジョイント法に基づいた点観測の水位情報に対する縦断水面形時間変化の同化手法の検討

渡邊明英・見上哲章・小島崇・松延和彦・鈴木裕三・富澤慎二郎

SfM-MVSを応用した出水前後の微地形変遷の検討

赤堀良介・原田守啓・石黒聡士・青島正和・中田詞也

河床材料の多地点元素分析による高解像度な分布特性の把握に向けた基礎的研究

鈴木準平・吉井匠・兵頭拓・今村正裕

都市河川と小規模池のリン除去対策への焼成カキ殻付水上ドローンの活用

佐藤健志・大友絵尋・二瓶泰雄・小倉久子

兵庫県河川監視カメラを活用したSTIV解析による洪水流量観測の可能性について

近者敦彦・松本敬之・豊島靖・村上悦生・沼田慎吾・平井克尚・向和哉・石田靖・幾田正一郎・藤田一郎

寒冷地感潮域河川におけるDIEX法を用いた流量観測自動化

橋場雅弘・吉川泰弘・二瓶泰雄・土田宏一・澤田浩一

STIV法とトレイルカメラによる低コスト流速観測手法

土田宏一・藤田一郎・芳賀聖一・亀岡雅史・河上将尊

XRAINデータの活用による局地的豪雨に対する数値予測の精度向上の評価 -2014年広島豪雨を対象として-

北真人・河原能久・Cho Thanda NYUNT

河川技術シンポジウム 2017

一級水系における長期間・多地点水位観測データ解析に基づく年最大水位の長期変動トレンドの把握

片岡智哉・二瓶泰雄

洪水水面形観測情報の広域的・統合的活用による流域治水の考え方の構築に向けて

福岡捷二

多点水位計測システムを用いたリアルタイム水面形・流量推算手法

後藤岳久・柴田亮・山本浩之・廣野太志・福岡捷二

非接触計測と水理解析による河川水位・流量観測システムの確立に向けた検討

柏田仁・二瓶泰雄・中西徹真・鈴木佑弥・平謙二・上田英滋・梶純也・藤田一郎

複数回の航空レーザ測量結果を活用した代表1地点の観測値から簡易にダム流域の積雪分布を推定する手法の検討

西原照雅・谷瀬敦

随伴変数法による水位縦断分布のリアルタイム予測に関する研究

西口亮太・壇鉄也

危機管理型簡易水位計を活用した洪水監視体制の省力化・効率化

飯田進史・土田元氣・坂本守・小島隆・松尾典映・堀江真

多地点観測情報を活用した深層ニューラルネットワークによる河川水位予測の精度向上

一言正之・桜庭雅明

グリーンレーザ(ALB)を用いた河川測量の試み

山本一浩・中村圭吾・福岡浩史・戸村健太郎・金田真一

吉野川岩津狭窄部におけるサブボトムプロファイラーを用いた堆積砂層厚の面的把握と洪水時の流況・河床変動特性

武藤裕則・岡田将治・張浩・萬矢敦啓・工藤俊・原口強

XRAINやフィルタリング技術を活用した水位予測システムの適用上の課題とその対応

増本健佑・深草新・辻倉裕喜・田中耕司

詳細情報が得られることによる期待

技術革新により，詳細地形情報，写真が空間的・時間的に高密度に得られる．

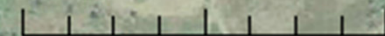
➡ どのようなデータを，
どう利用し
判断・行動するのか？？

一事例として

研究事例を紹介



0 0.075 0.15 0.3 km



大井川において
砂州・流路の特徴の抽出や
流路変動の確認を実施

大井川における 中規模河床形態（多列砂州）と網状流路の特徴

これまでの動きや地形的特徴を知るために、使用できるデータ

横断地形 : 200Mピッチ 網状流路の把握には不十分？

航空写真 : 平面データ 面的には流路位置を把握できる

⇒ 航空写真を使用して流路位置を把握できるが

重ね合わせだけで十分か？

⇒ 平面上の位置から得られる情報を知っておく必要がある。

※ 地形と流路位置の関係があれば、流路位置の変動の特徴をつかむだけでも十分情報が得られる可能性がある。

LPデータおよび航空写真を使用

地形～水路位置 に関係があることを確認
つまり、水域の特徴の変化が地形変動を表すことになる。

水域について、流下方向と横断距離/Bの軸に補正し
縦断方向10m間隔、横断方向80分割した格子点*i,j*上において



水域は、 $W_{i,j}$: 1(水域), 0(水域以外) の数値で表現
地形は、断面平均値を減じた河床高 $Z_{i,j}$ で表現

下記で定義した関数で水域と地形の自己相関性(R_W , R_Z)
を調べる.

$$R_W(x_1(k)) = \frac{\sum_{j=1}^{81} \sum_{i=1}^{2020} (W_{i,j} * W_{i+k,j})}{\sum_{j=1}^{81} \sum_{i=1}^{2020} W_{i,j}} \quad R_Z(x_1(k)) = \frac{\sum_{j=1}^{nj} \sum_{i=1}^{ni} (Z_{i,j} * Z_{i+k,j})}{ni * nj}$$



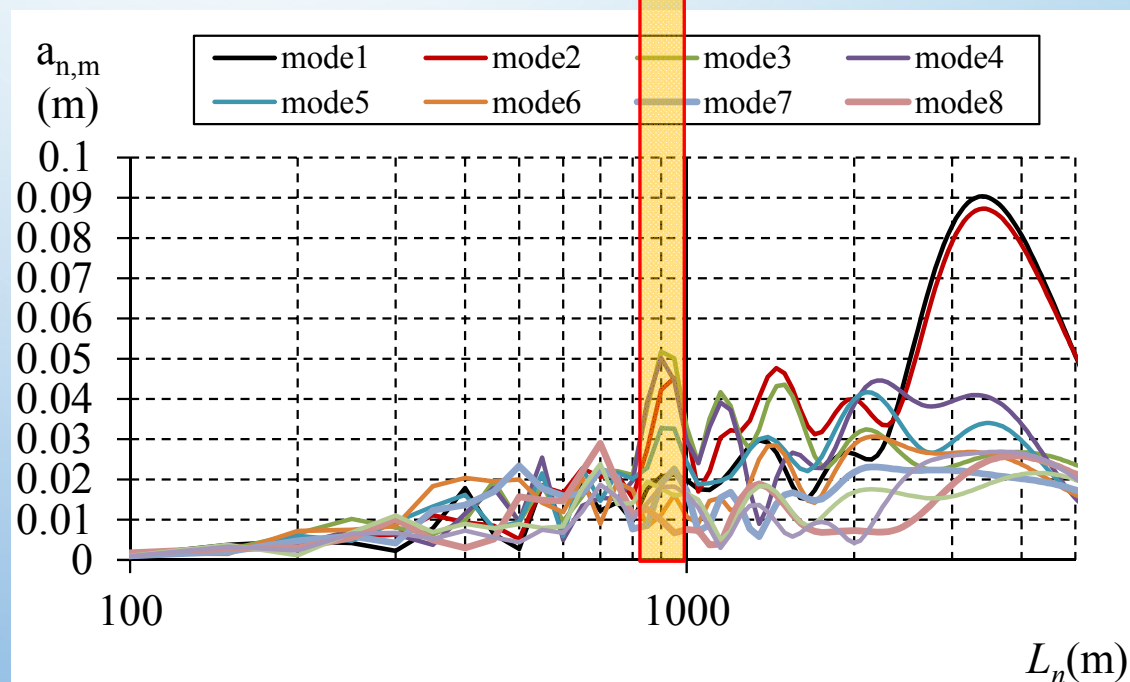
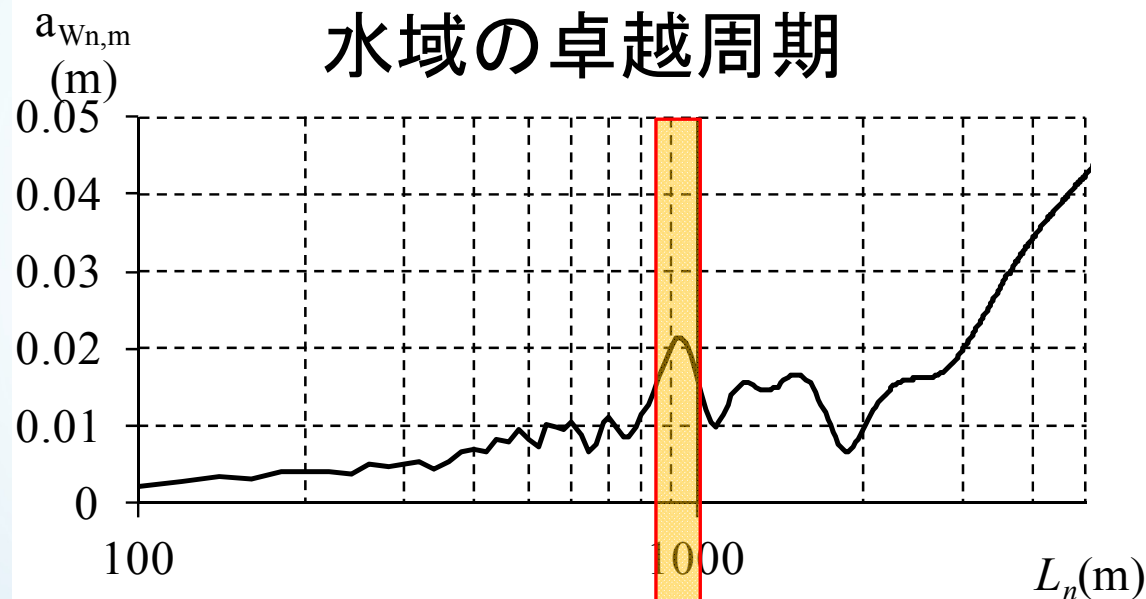
1mesh(10m)ずつずらしたものを掛け合わせ合計、流下方向の周期性を調べる



おおよその特徴
を調べ、大井川
はモード4程度の
多列砂州上に同
様の周期の流路
が形成されてい
ることがわかる

水域情報は地形(多列
砂州)の特徴を表す

水域の卓越周期

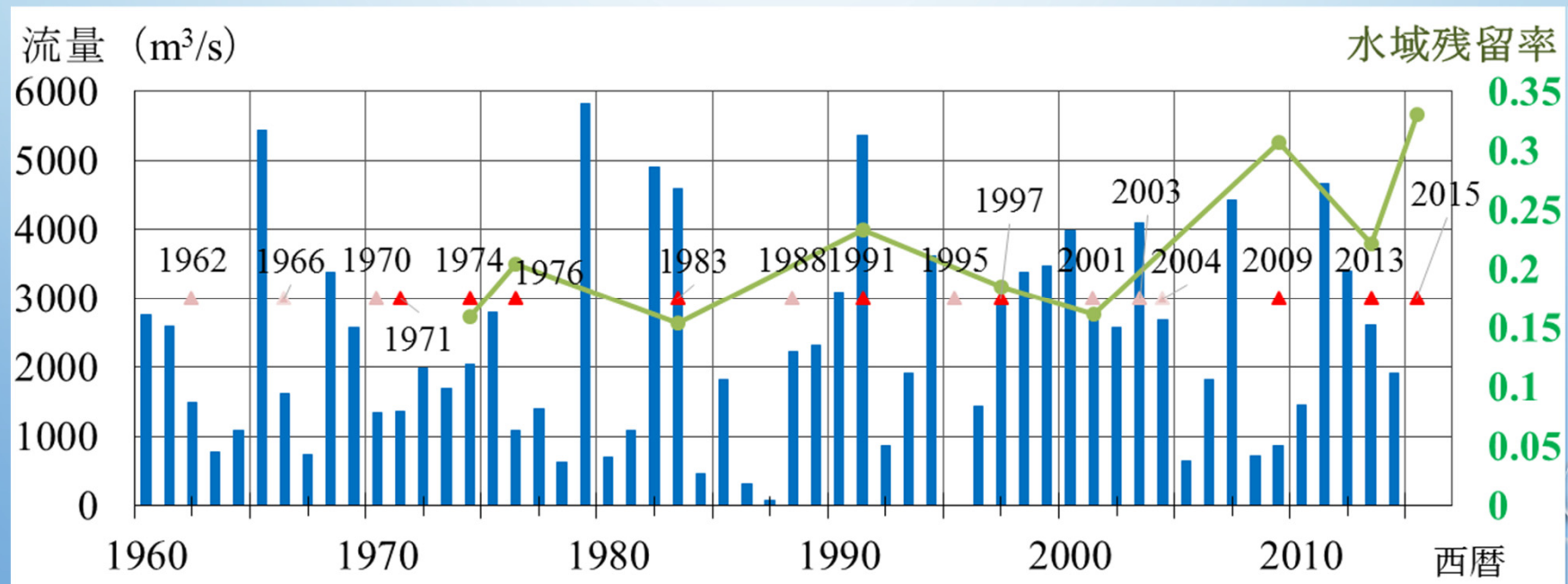


地形データより得られた各モード波高結果(小セグメント2)

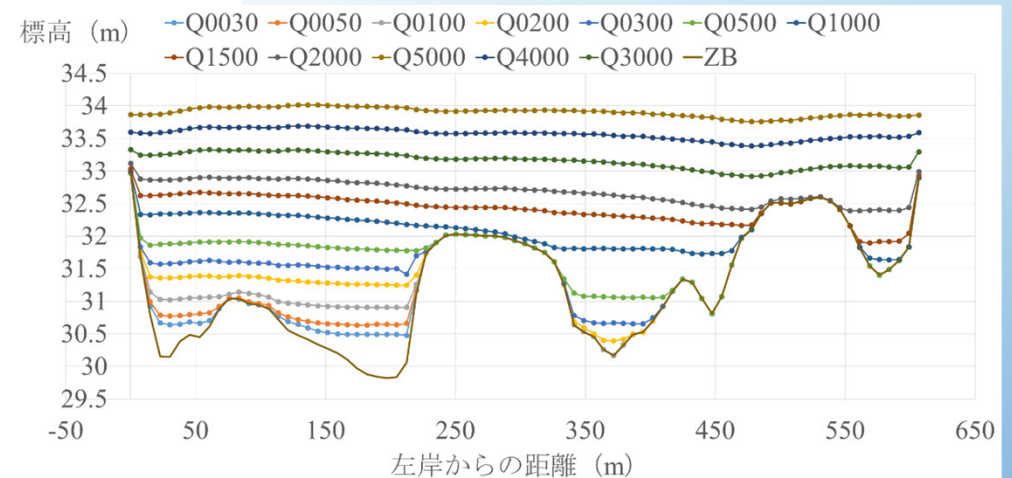
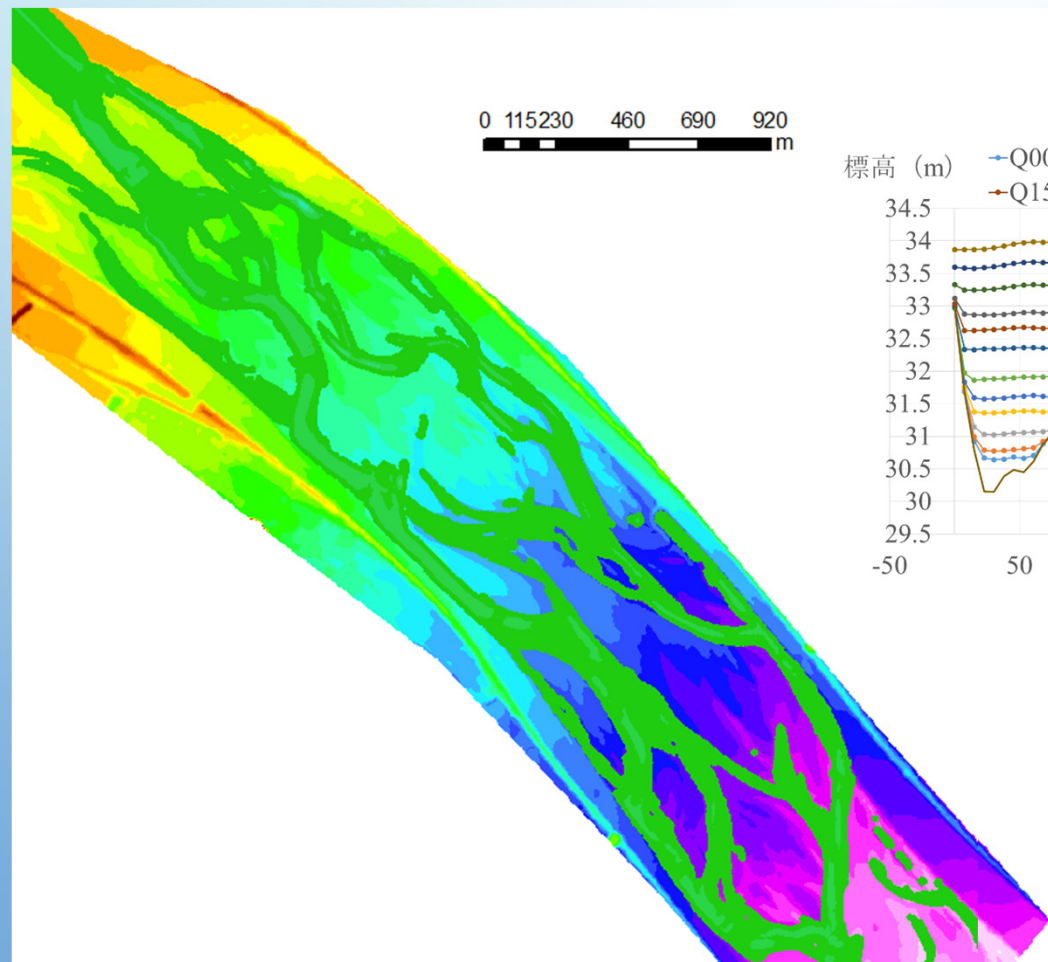
水域の変動から見る大井川の変動特性

- 航空写真の水域の変動をある程度定量的に読み取ることで
航空写真撮影間にあった出水による変動の特性を把握できるかを検討。

➡ 撮影間隔が短ければ有効な情報となる

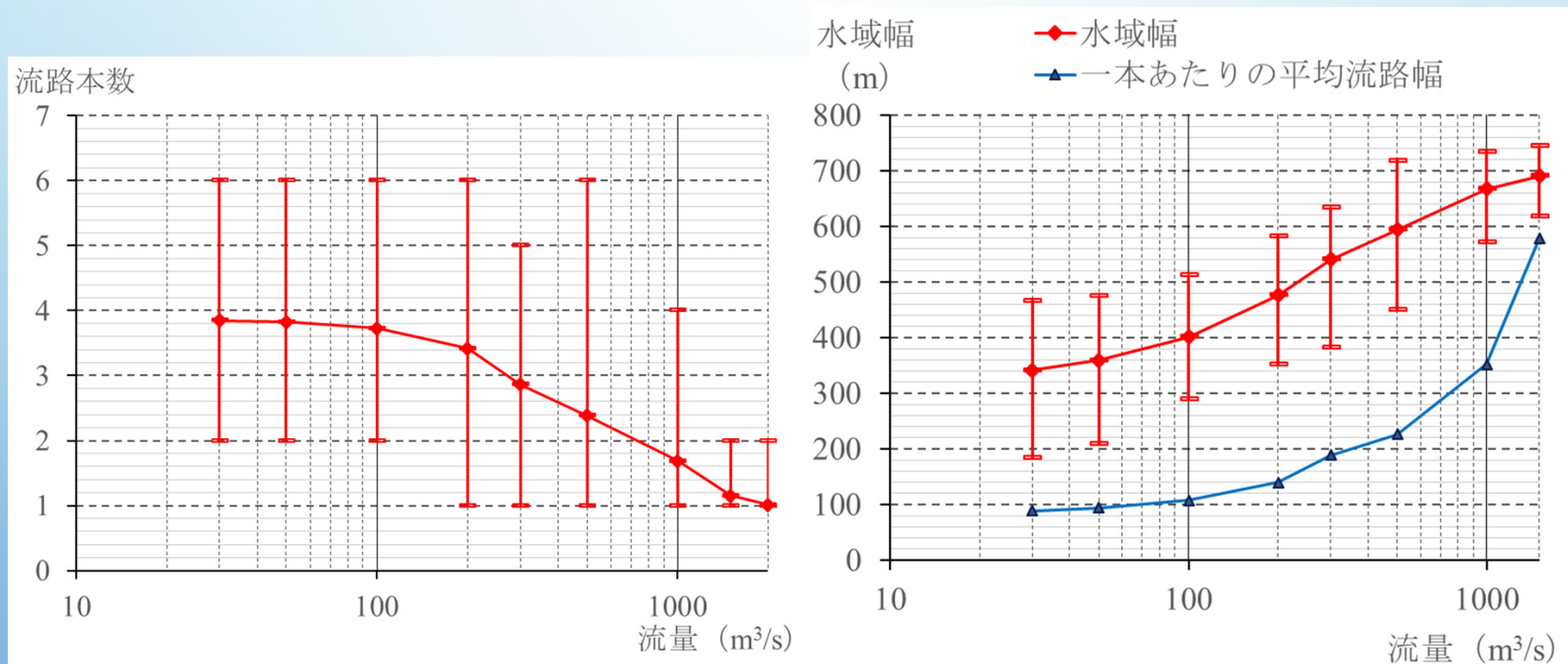


LPデータの地形を利用 5×5Mメッシュの地形を作成して解析



大井川における 中規模河床形態の特徴と網状流路の特徴 H24年のLPデータを用いて解析

※平水時の流路以下の地形は精度があまりよくない



流路本数がモード4程度の複列砂州との見解に一致.

⇒ **砂州をベースとした流路が形成されている.**

流量500m³/s以下で流路幅100～200m程度の流路が卓越

大井川の特徴

LPによる詳細地形の解析より、以下のことが分かる.

- 多列砂州のベースに網状流路を形成している.
- $200\text{m}^3/\text{s}$ あたりまで幅100m程度の流路が複数あり、流量が上昇すると徐々に結合し $2000\text{m}^3/\text{s}$ あたりまで一本の流路となる.

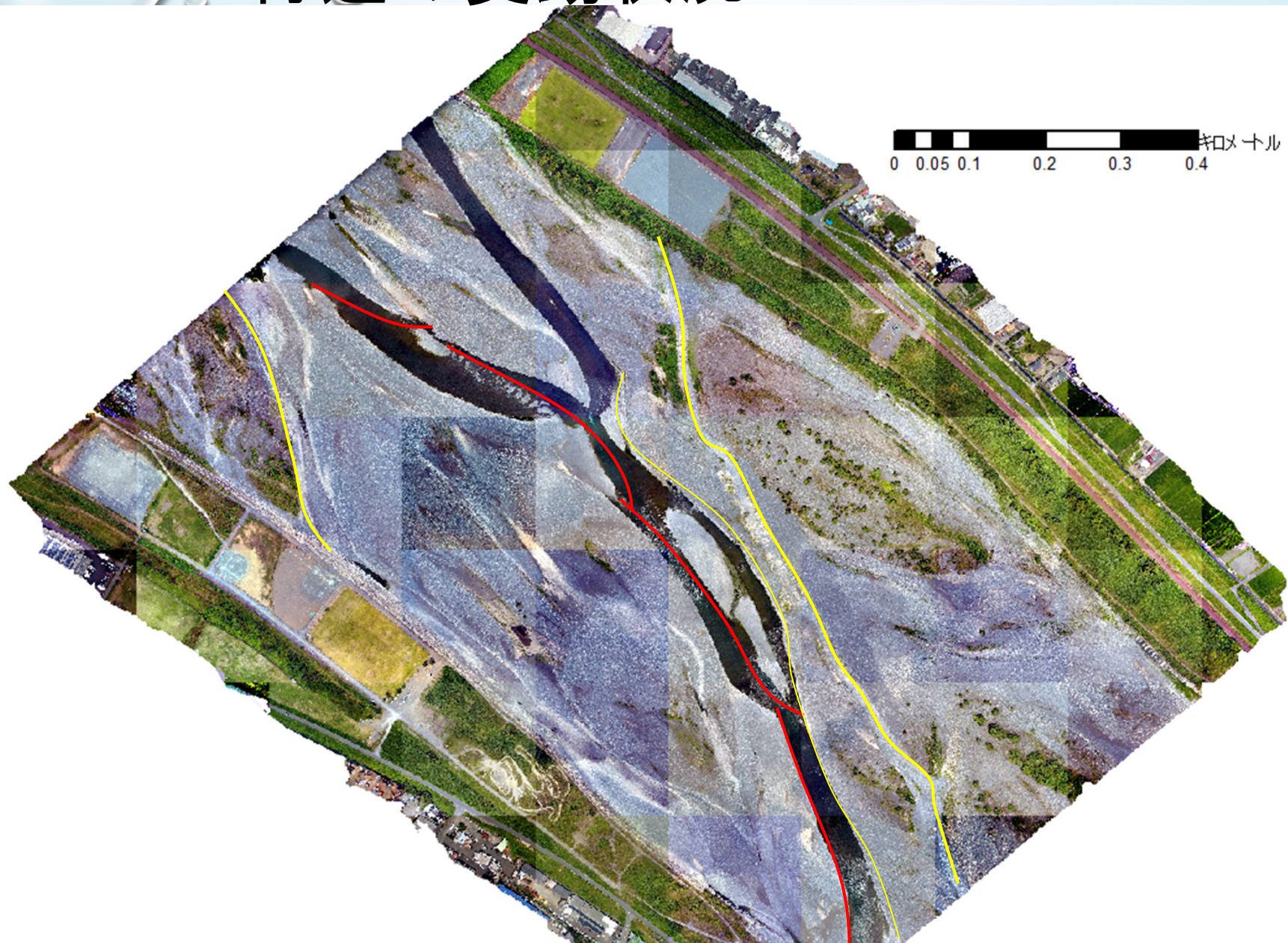
頻繁なUAV写真撮影による 流路変動の把握

- UAVにより, オルソ画像データの作成により変動状況を探る

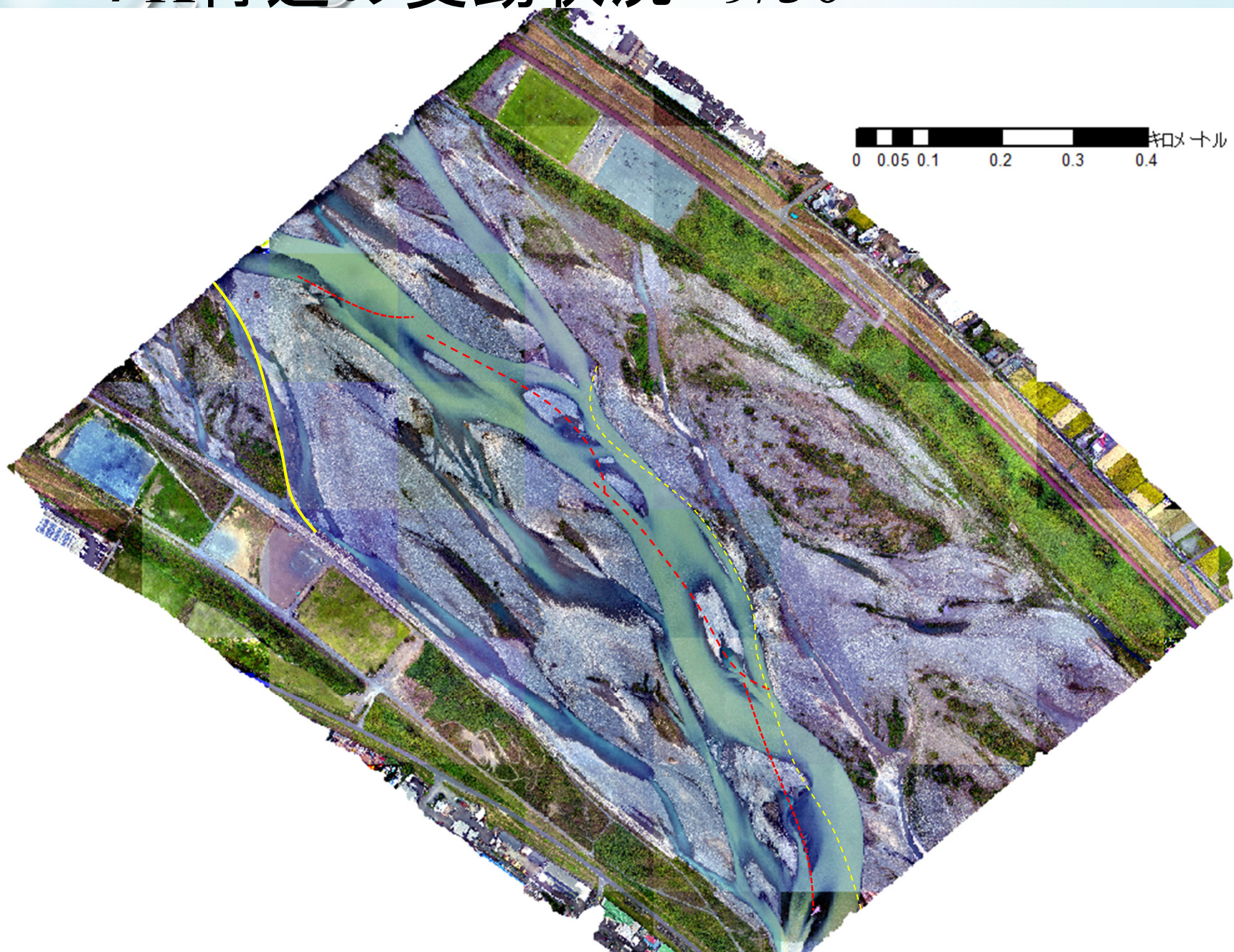
1	6.4-7.8km	8/1			9/30		12/12			
2	13-14.8km	7/12	7/27	9/2	9/27	10/13	12/13	5/2	5/23	7/19



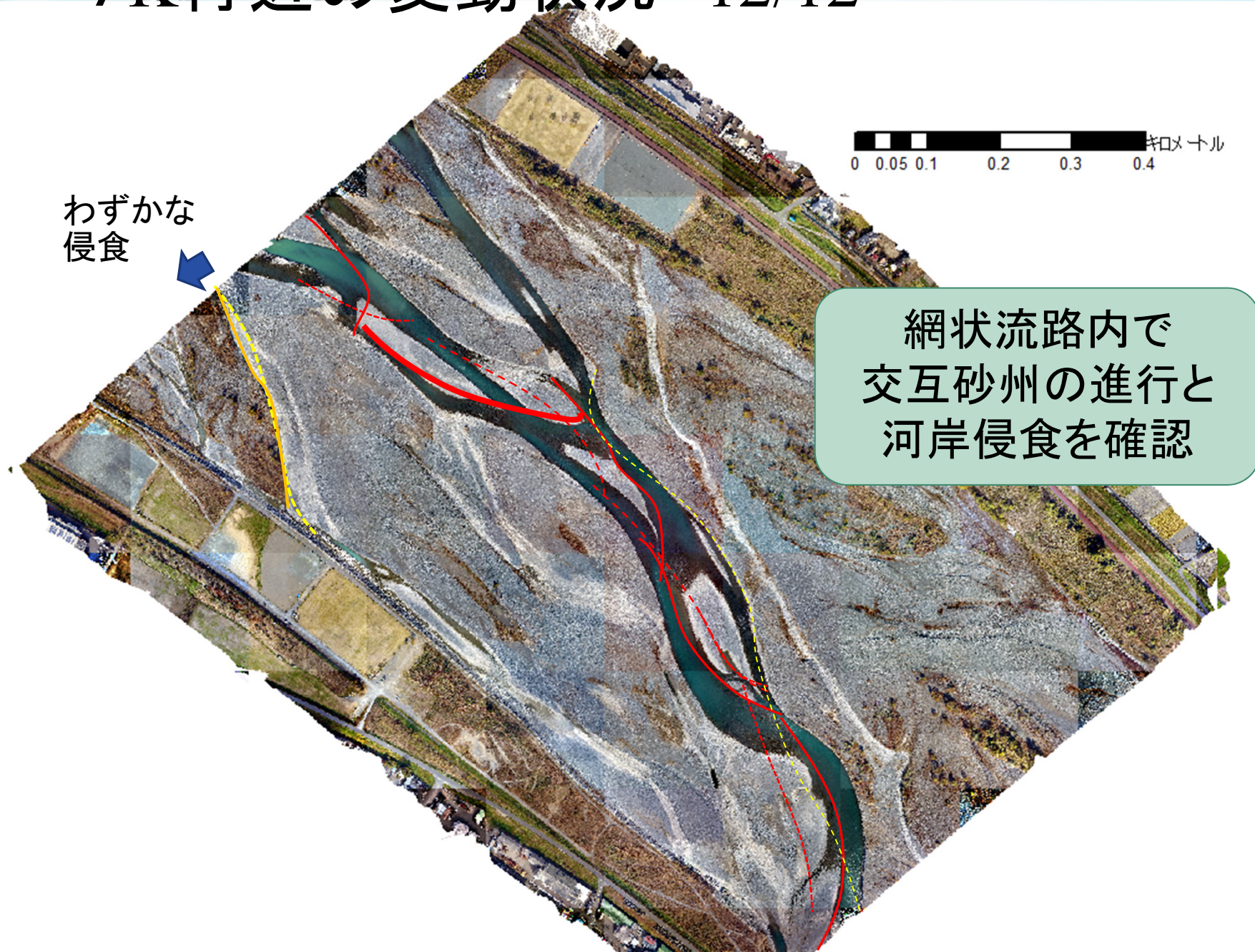
7K付近の変動状況8/1



7K付近の変動状況 9/30



7K付近の変動状況 12/12



昨年度の成果

- 大出水による変動は分からなかったが、
1000m³/sクラス以下の（水位1～2m程度上昇）でも
網状流路内で河床変動が起こり、砂州が進行し
徐々に河岸侵食が発生する。

滞筋が変化する

⇒ どの流量で

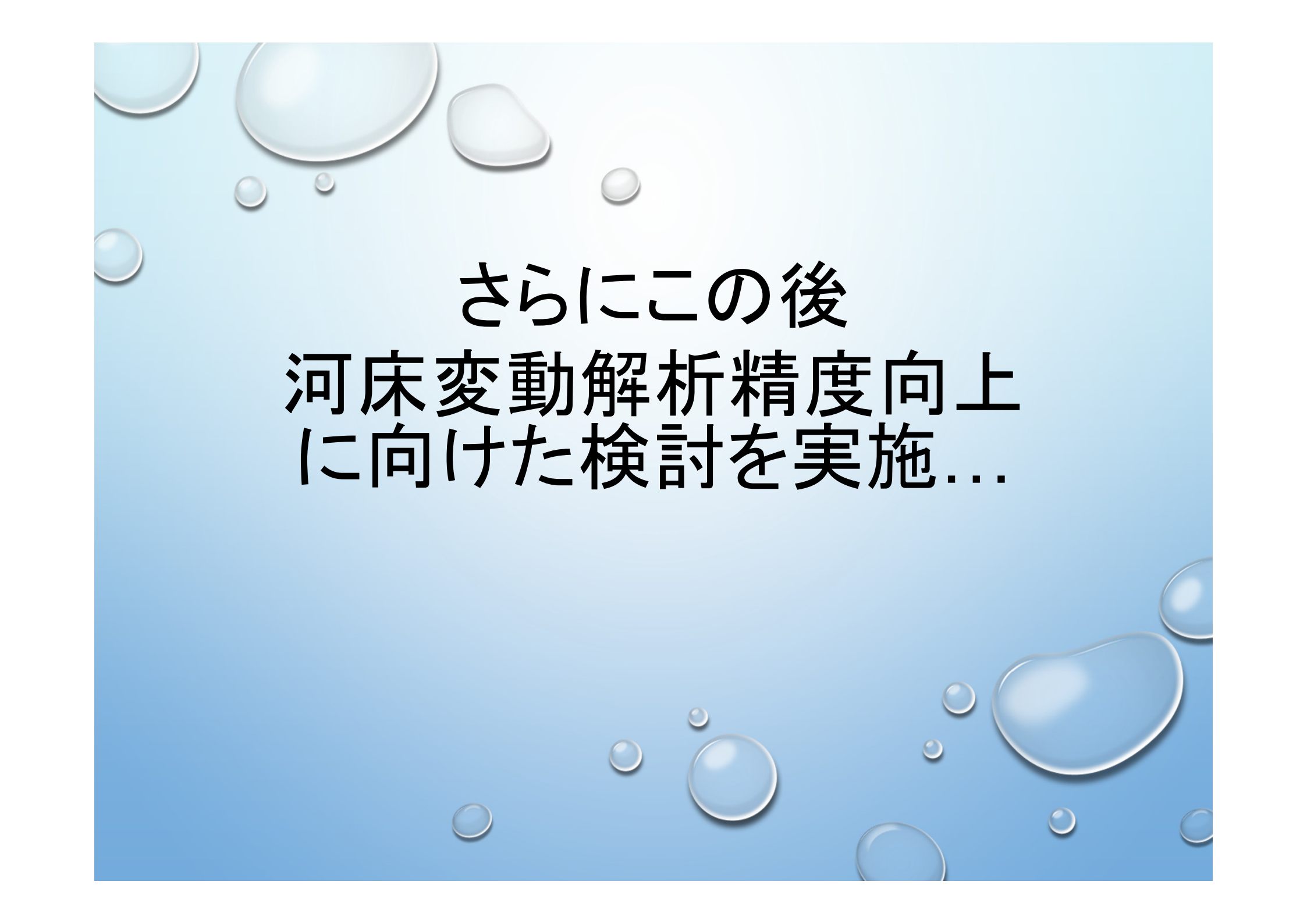
どのような変動が起こるのかをこの後把握。

河岸侵食対策 樹林化対策 に必要な情報とは？

このあとも検討を続け

- ・見張るべき流路変動状況，高水敷の状態の把握
- ・河川に影響を与える樹木群の状態の把握

それらを踏まえ維持管理上，把握しておくべき情報と取得情報の整理

The background is a light blue gradient with several realistic water droplets of various sizes scattered across it. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance.

さらにこの後
河床変動解析精度向上
に向けた検討を実施...

解析データのアンバランスの解消 河川における粒度分布の把握方法の検討

数値解析技術の発展に伴う河床変動解析の精緻化

しかし、詳細な地形情報に比べ時間的空間的河床材料情報がほとんどない。

解析条件には組み込まないものの、最終的には粒度分布を計算しているのが現状。

解像度の高い写真の存在 ⇒ 詳細な表層河床材料情報取得の可能性



現地調査による表層粒度分布と下層粒度分布の特徴の把握

河床材料粒度分布の特性から、河床変動解析に影響を及ぼす粒度の検討

画像解析による河床材料データの取得方法の検討

⇒ 河床変動解析上必要な粒度分布取得精度の検討

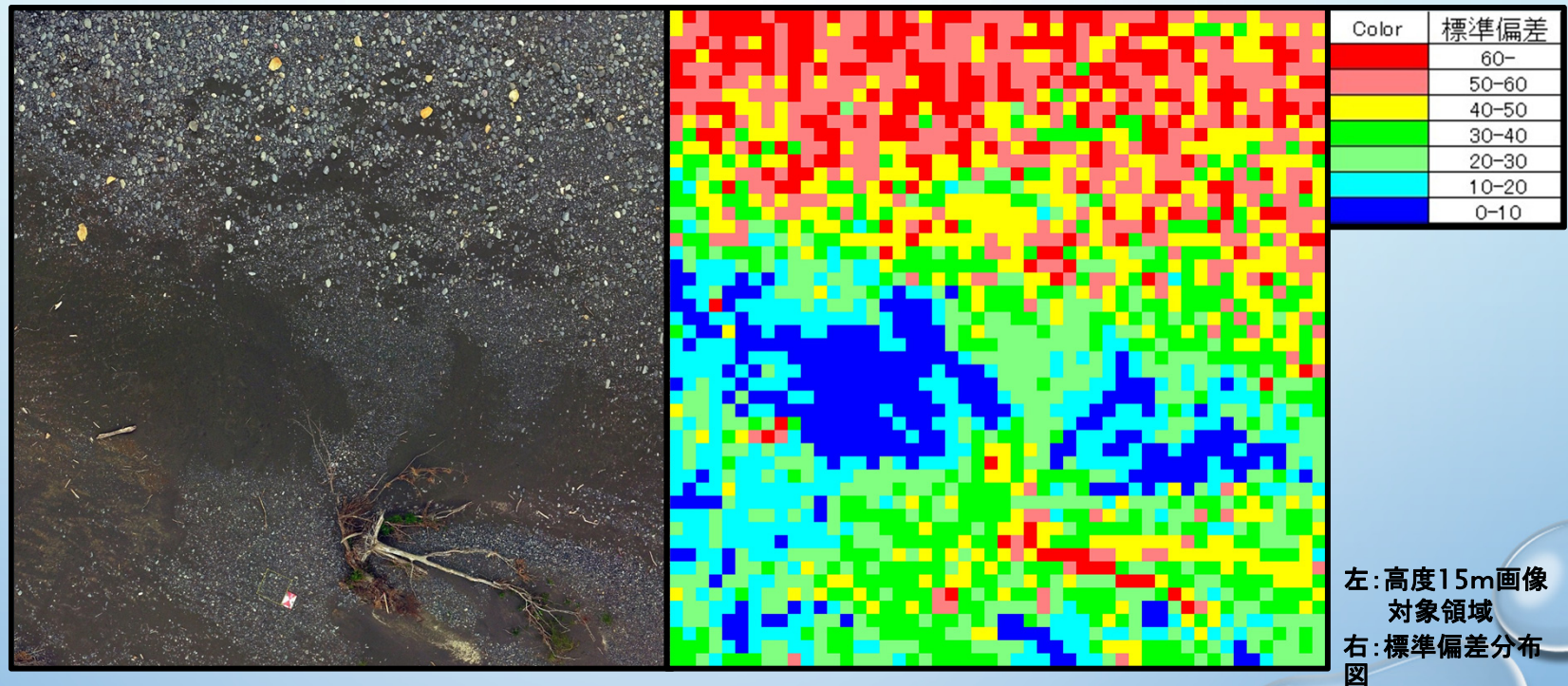
検討中

画像解析による 粒度分布作成イメージ



検討中

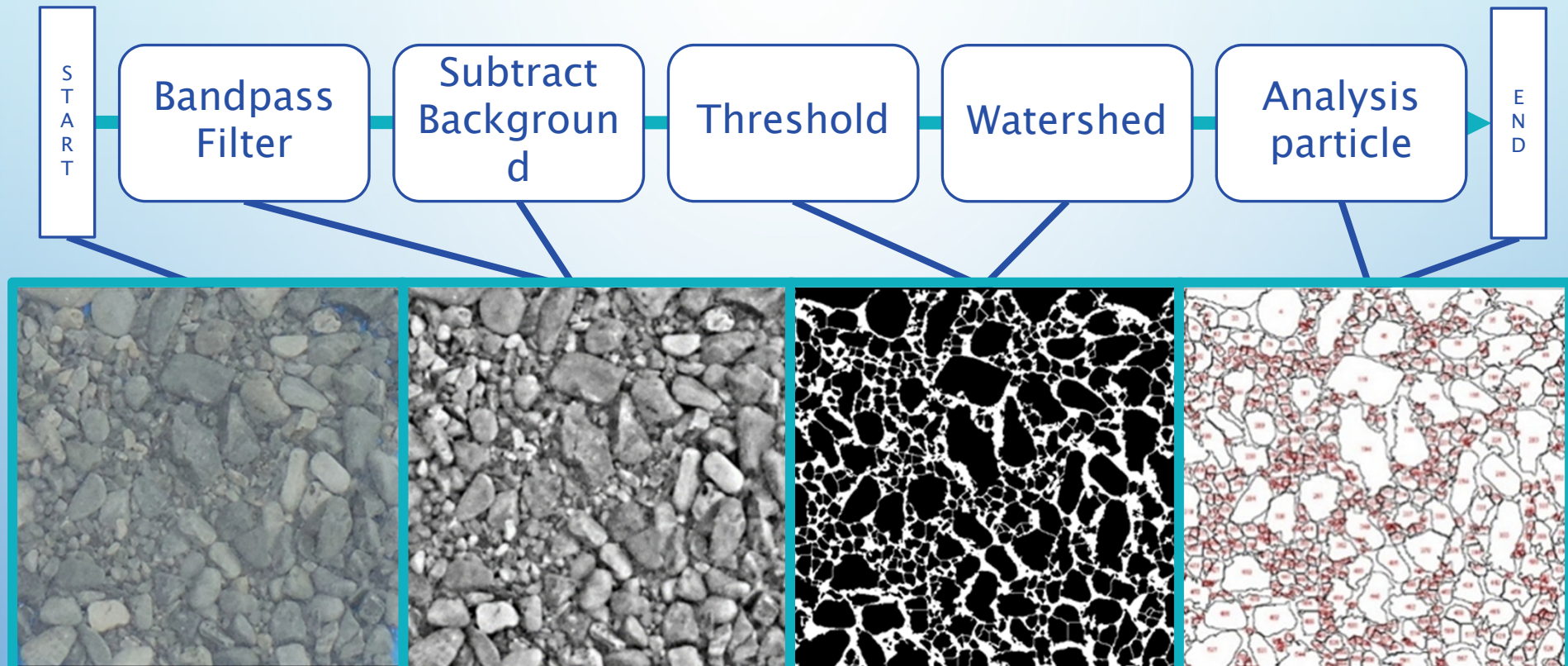
輝度情報(標準偏差)による表層粒度分布の分類



図を比較すると、砂部分は標準偏差値が小さく、礫部分は標準偏差値が大きくなることが確認できる。

→ 面的な広域情報に利用

標準偏差により分類したエリアの代表粒度解析 表層粒度解析の流れ



画像で得られるのは
あくまで表層状態



粒度試験による
表層粒度と
下層粒度分布との違いの把握

河床変動解析に必要な河床材料情報を検討

- 大井川における河床変動解析の精度向上に必要な粒度分布情報の検討
- その他, 河川ごとに特徴づけられる河床材料の形状的特徴が及ぼす流砂量への影響を検討

高度化した情報技術の 有効活用に向けて

- 情報技術の高度化により、バランスの良い情報を用いた河床変動等解析が必要。（情報の精度だけでなく、使用する側にも検討、検証すべき技術が多数ある。）
- 情報の利用方法を視野に入れ、取得精度、頻度を考えていく必要がある。

※情報は何に使うのか、それで何を判断するのかを考えていく必要がある。