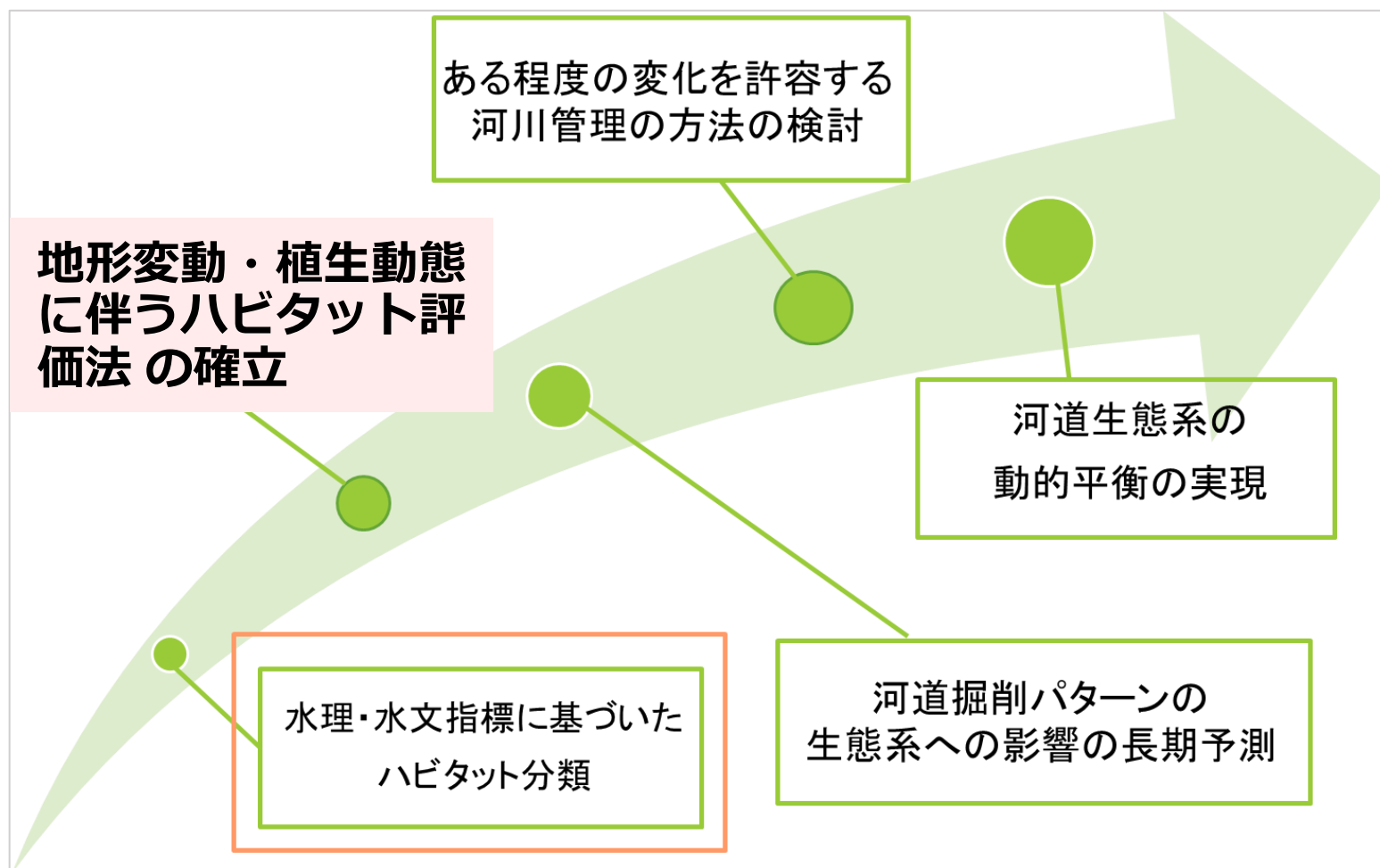


河床変動と植生消長の連成による 河道内ハビタットの中期解析

○周月霞¹・森田悠生²・戸田祐嗣¹

¹名古屋大学 ²建設技術研究所

- 河道が樹林化すると流路(りゅうろ)の変動が抑制され、砂州の固定化が進むことで河川の物理環境が単調化(たんちょうか)し、結果として種の多様性が低下
- 地形や植生がほとんど変動しない固定的な河道よりも、「シフティング・モザイク」と呼ばれる変動を繰り返しながら動的平衡を保つ状態が健全



【シフティング・モザイク」概念の明確化と河川生態学への統合について】

1. Ward & Stanford (1990年代) の先駆的提唱(せんくてきていしょう)

「リバーコンセプト」の中で、河川は様々な発達段階にある生息地パッチの「シフティング・モザイク」であると初めて明確に提唱

2. 「Flood pulse concept」との融合(ゆうごう)

Junk et al. (1989) のFPCは洪水による河川域との連続性回復とパッチ創出・更新の重要性を強調し、シフティングモザイクの駆動力としての洪水の役割を明確にした

3. 動的安定性の提唱

個々のパッチは不安定でも、河川景観全体としての生物多様性や生態系機能は、パッチ間の移動やパッチの更新によって維持される「動的安定性」が生まれると理解される (Townsend, 1989; Pringle et al., 1988)

【景観生態学との融合と精緻化 (2000年代～現在)】

1. Aquatic-terrestrial landscape : 河川景観を水域と陸域が連続的に相互作用する空間として捉え(とらえ)、シフティングモザイクの空間スケールを拡大 (Wiens, 2002; Ward et al., 2002)

2. 「ネイチャー・デザイン」への応用 : 河川管理において、自然の流量変動 (特に洪水) を再現・許容することが、生息地多様性 (モザイク) とその動的更新 (シフト) を維持・再生する上で重要であるという考え方が広まる (Poff et al., 1997; 中村・他, 2006)

3. 多様性維持メカニズムの解明 : 異なる発達段階のパッチが同時に存在することで、様々な環境を好む種が共存できる「環境異質性仮説」や、パッチの更新が競争排除を妨げる「中規模攪乱仮説」の河川版として位置づけが進む。

4. 気候変動影響下での重要性の再認識 : 流量変動の激化や河川構造の単純化が進む中で、シフティングモザイクの回復力 (レジリエンス) を維持・強化することが気候変動適応策として注目される

氾濫原に様々な景観がモザイク状に分布し、植生遷移と洪水攪乱による破壊・更新によって変動しながらも、全体として生息場(せいそくば)の多様性が保たされる(たもたれる)シフティングモザイクが形成される (原田ら、中村ら)

13.2. 人工改変後の河道の応答性

199

表 13.1 低水路川幅改変後の河道の応答 [1]

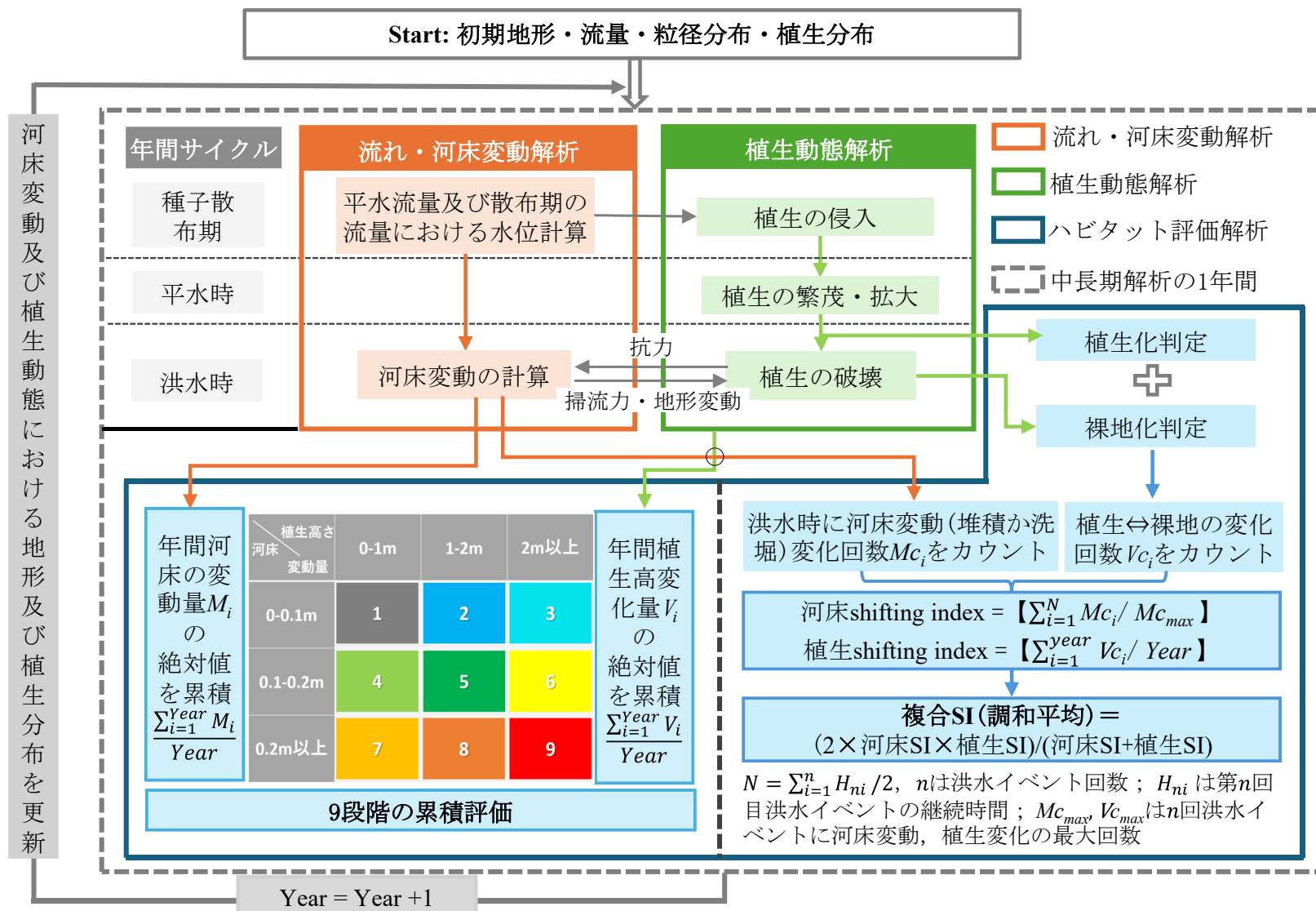
河川名	利根川	川内川	雄物川	石狩川	石狩川	肝属川
区間 (km)	33 km 付近	67-68 km	丸子川	108-110 km	92-105 km	6-10.5 km
平均年最大流量 (m^3/s)	2,500	525	1,444 → 165	1,488	2,556	360
旧河道状況						
川幅 (m)	244	40	130	130	195	44
勾配		1/2,720	1/1,880	1/1,630	1/2,410	1/1,400
摩擦速度 (cm/s)	8.4	15.0	15.7	17.0	15.0	11.6
代表粒径 (mm)	0.3	17.0	14.0	15-20*	15-20*	0.85(?)
改変直後						
川幅 (m)	450	90	30	70	-	-
勾配	-	1/2,400	1/1,880	1/1,300	-	1/2,460
摩擦速度 (cm/s)	5.5	12.0	7.6	22.5(?)	20.0*	50.0*
現河道状況						
川幅 (m)	460	50	45	165	229	60
勾配	-	1/2,400	1/1,200	1/1,300	1/1,500	1/2,450
摩擦速度 (cm/s)	5.9	14.5	12.8	15.1	16.5	12.2
代表粒径 (mm)	0.15-0.2	18*	13*	15-20	15-20	0.85
経過年数	18	17	20	22	30	15

出典:

1)山本晃一:「沖積地河川学」

2)関根正人:「移動床流れの水理学」

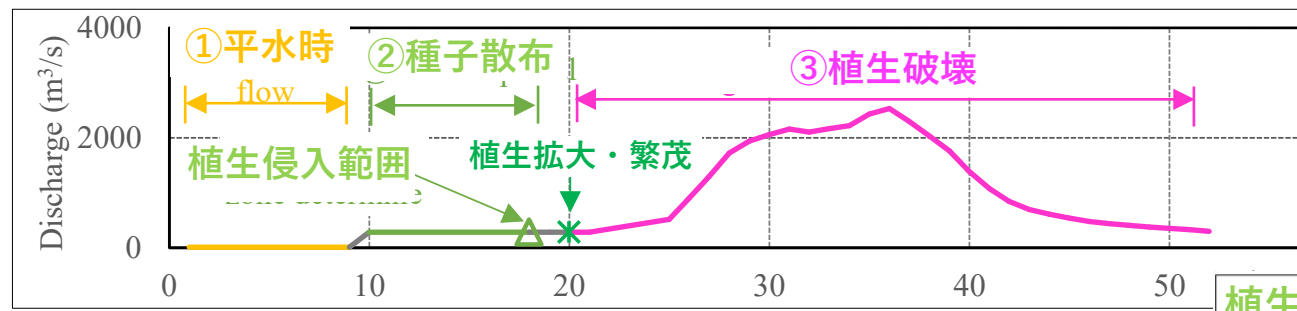
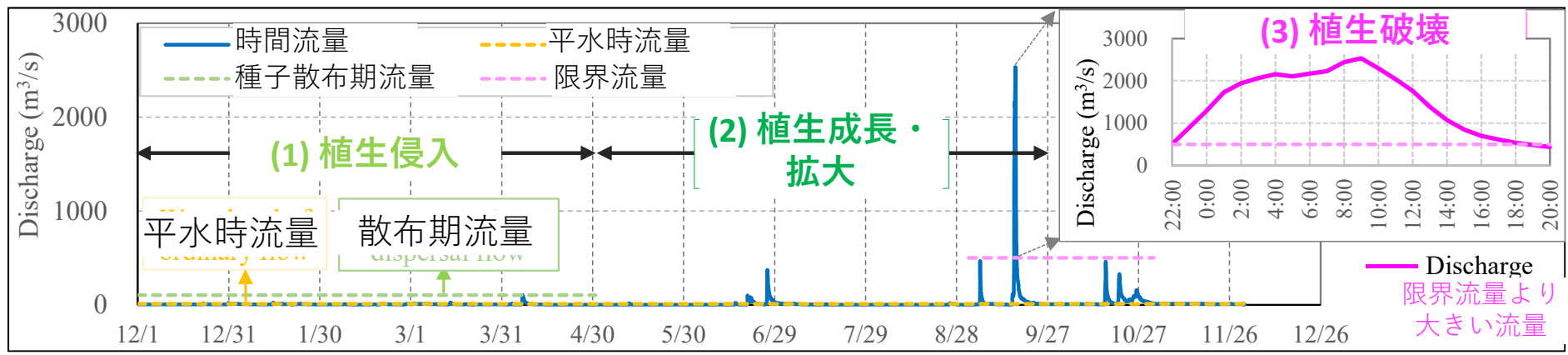
河道は、人為的な改変を加えても元の安定な状態へと回帰(かいき)する機能を持っている。ある区間で河道改修工事が実施されると、15年~30年程度の年月で、元の川幅または摩擦速度に戻る可能性がある。



河道内における地形と植生（草本と木本）の動的変化を包括的(ほうかつてき)に評価することを目的として、「流れ・地形変動－植生動態－ハビタット評価」を統合した解析モデルを構築した。

流れ・地形変動－植生動態－ハビタット評価モデルの構築 5

植生の生態的特性を考慮し、植生動態モデルでは、種子散布期における種子の定着及び植生侵入、平水期における植生の繁茂・拡大、そして洪水時の破壊といった各プロセスを考慮している。



年間（365日×24時間）の流量データを用いて、解析モデルにおける計算時間はおおよそ数十時間に設定

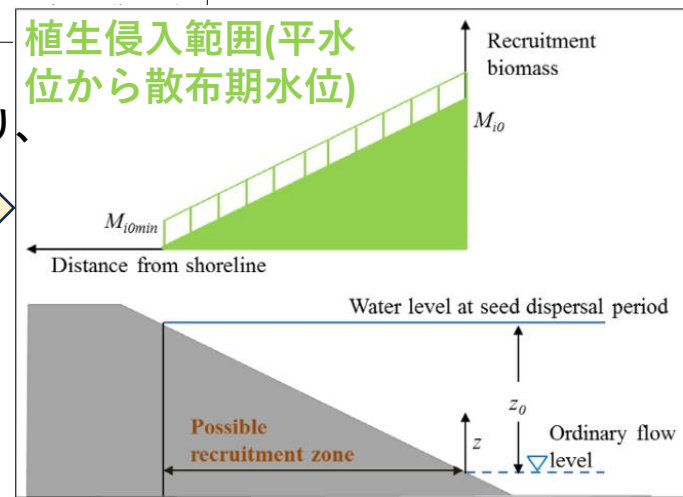
植生侵入

平水時流量：検討期間の平水時流量の平均値
散布期流量：流水により2次散布，Min【種子散布期最大流量，d50粒径移動限界流量】

植生破壊

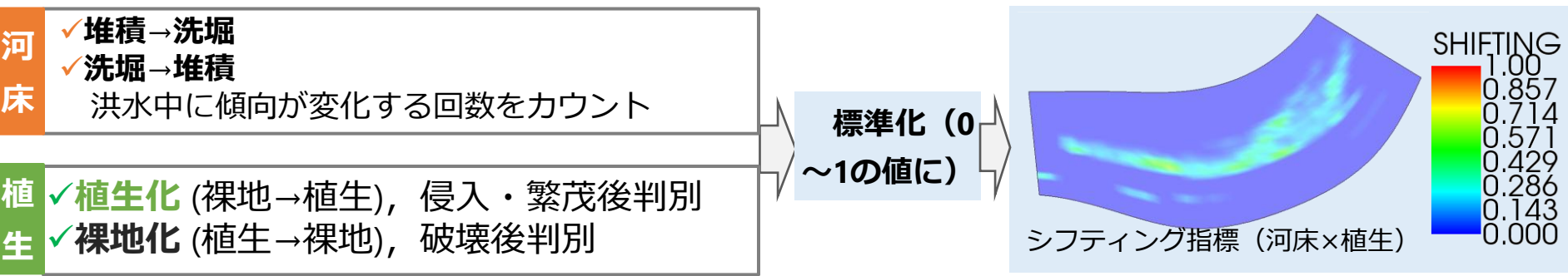
洪水時流量：d50粒径移動限界流量を超える
⇒流れ・河床変動解析により、植生破壊・地形変動量を計算

流れ解析により、水位を計算

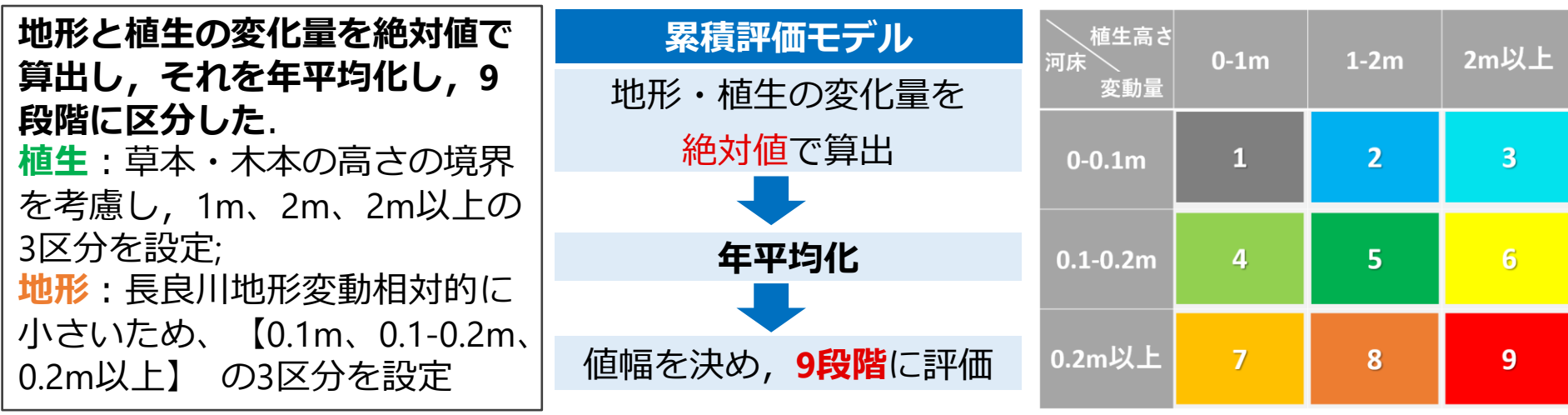


流れ・地形変動－植生動態－ハビタット評価モデルの構築 6

シフティング・モザイクの指標として ⇒ 変化する**頻度**の高い場所を可視化

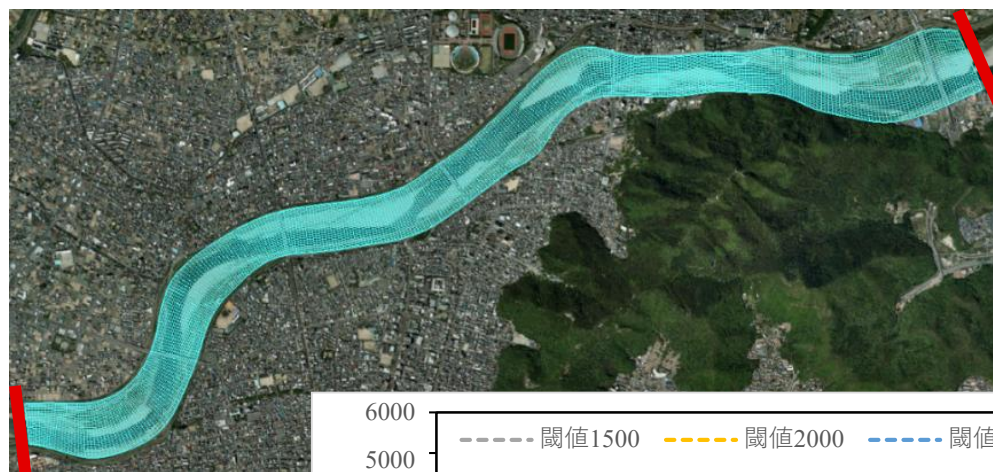


河床と植生の累積変動量を年平均化を累積指標として ⇒ **変化の激しいところ**を評価



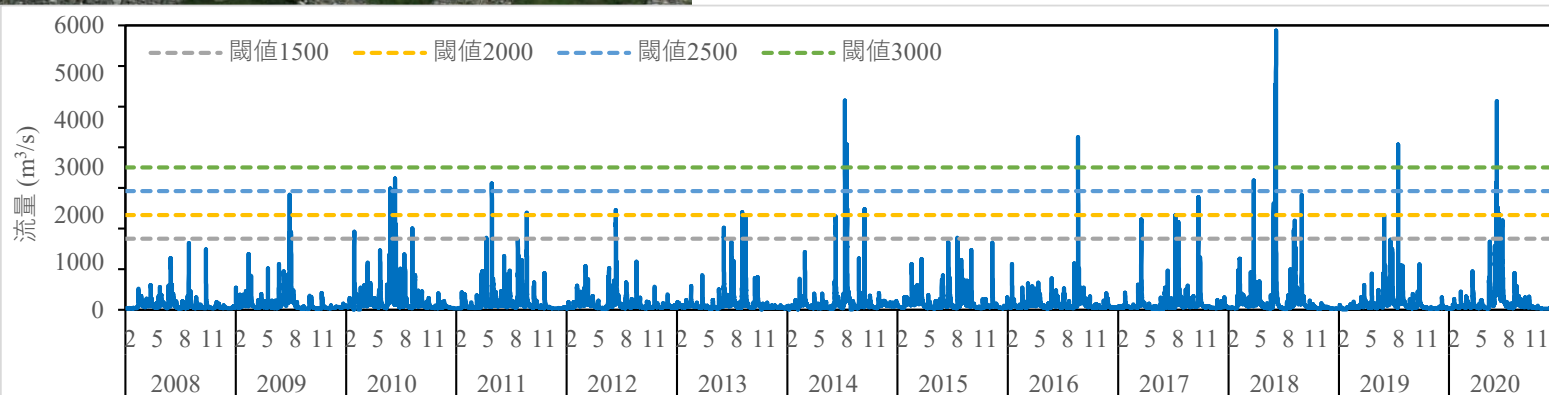
□ 長良川 (48-55k), セグメント1

- 水系 : 木曽川水系
- 幹川流路延長 : 166km
- 流域面積 : 1985km²
- 平水流量 : 70m³/s
- 河床材料粒径 : 70.98mm



48.0k

55.0k

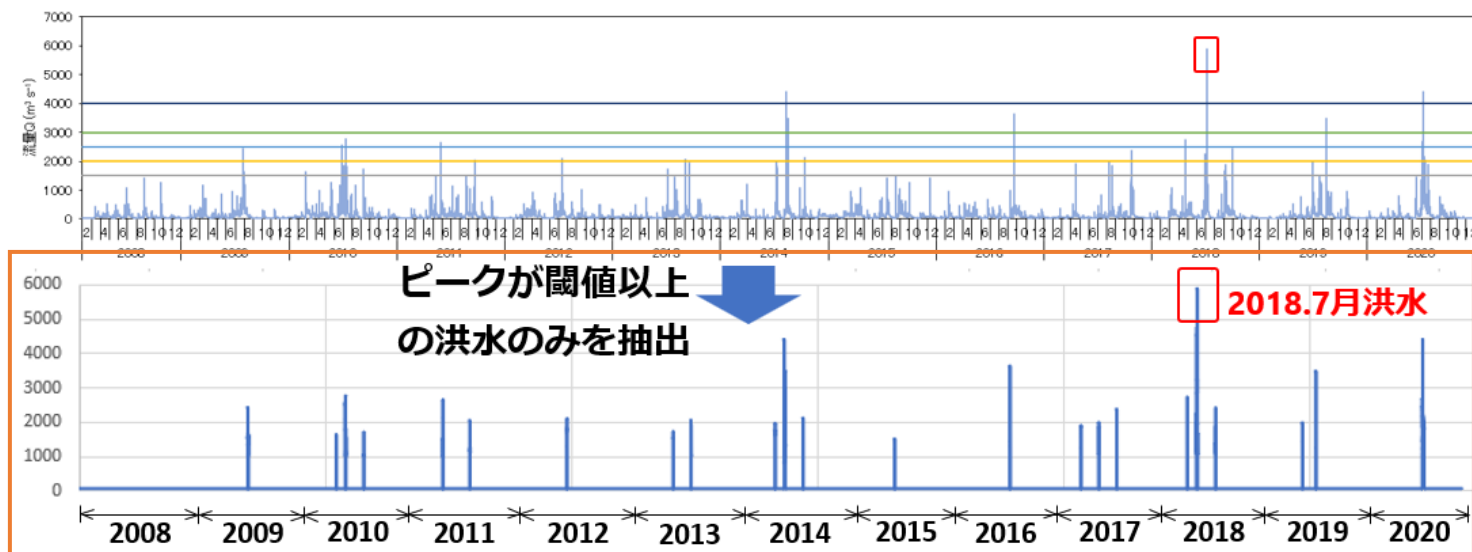


2008年～2020
年までの流況
データ

- 中長期的的な視点から植生・地形変動に支配的な洪水特性を明らかにする
- 計算負荷を低減する

□ ハイドロ

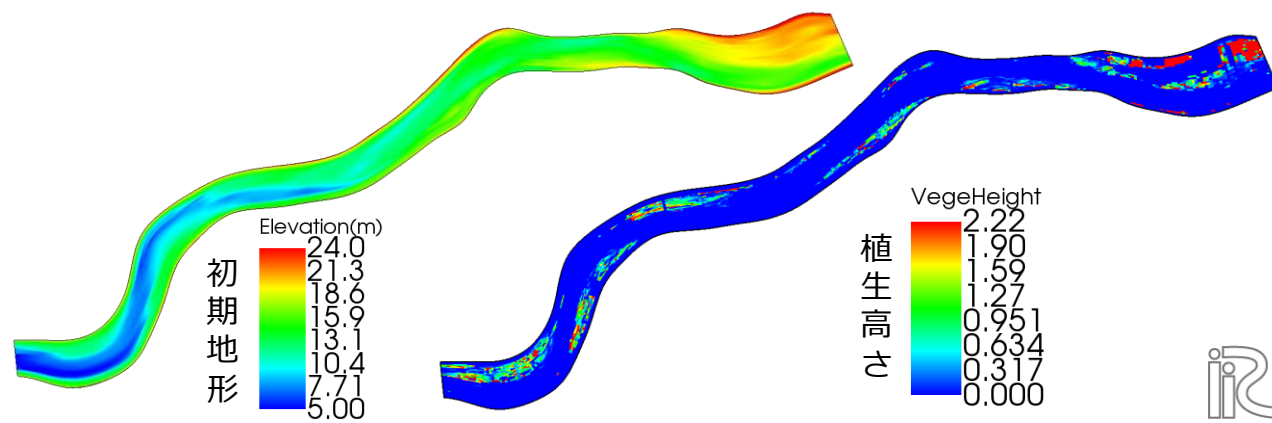
閾値	洪水回数
年最大洪水	13
1500	39
2000	21
2500	11
3000	7

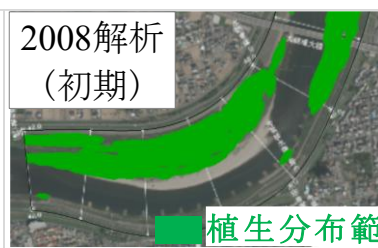
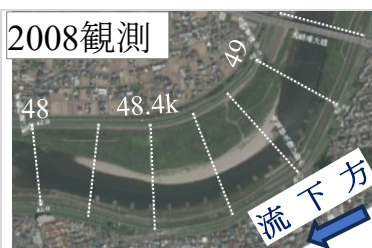


※例として閾値1500のとき、抽出したハイドロのイメージ

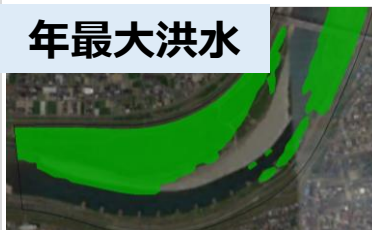
□ 解析条件の設定

場所	長良川48-55k
サイズ	20m*10m
格子数	351*35= 12285
初期地形	H19定期横断測量河道, LP測量
植生高さ	(DSM - DEM)により算出

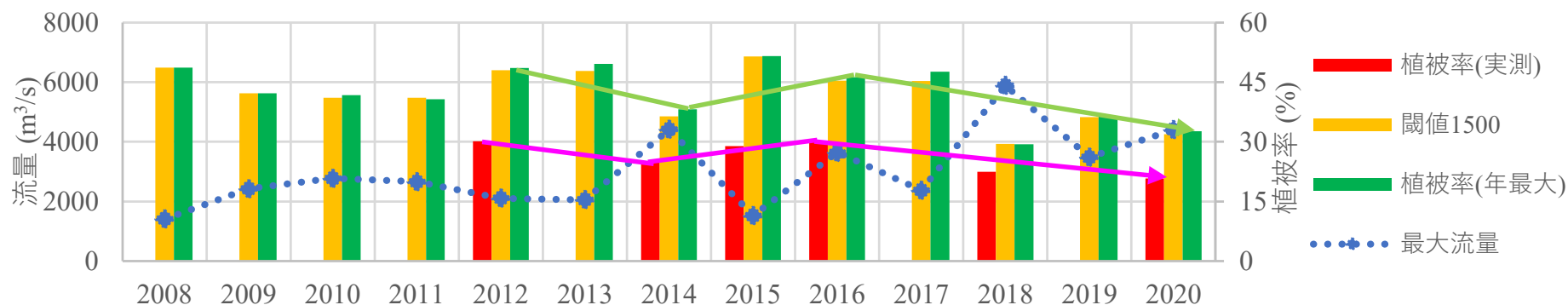




閾値2500, 3000の2ケースでは, 2012, 2013, 2015, 2017年などの**中小規模出水を考慮せず, 計算上の植生分布が実際よりも広がっている。**



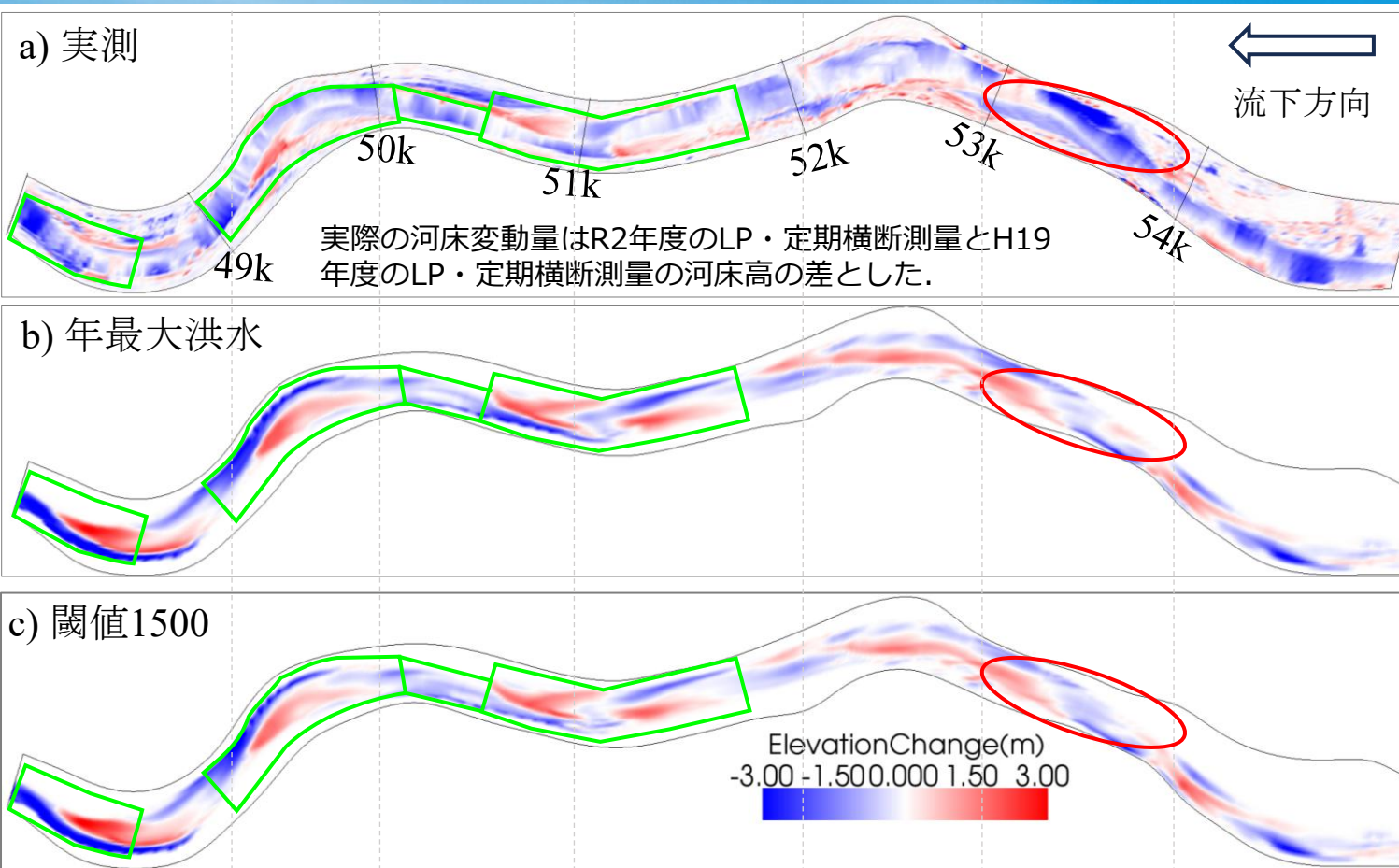
前年の洪水の有無で翌年の洪水前の繁茂状況に違いが出る！



年間最大洪水の解析結果（植生分布）は閾値1500m³/sの結果とほぼ同様でありながら、考慮する洪水イベント数が約1/3に減るため、**計算時間を大幅に短縮できる。**

洪水イベントを考慮ない年は「侵入→繁茂」のみ⇒植生分布に実際と差が生まれる

∴「侵入→繁茂→破壊」のサイクルが必要



➤ 年最大洪水ケースと閾値1500のケースにおいては河床変動量の洗堀・堆積傾向はほぼ一致。

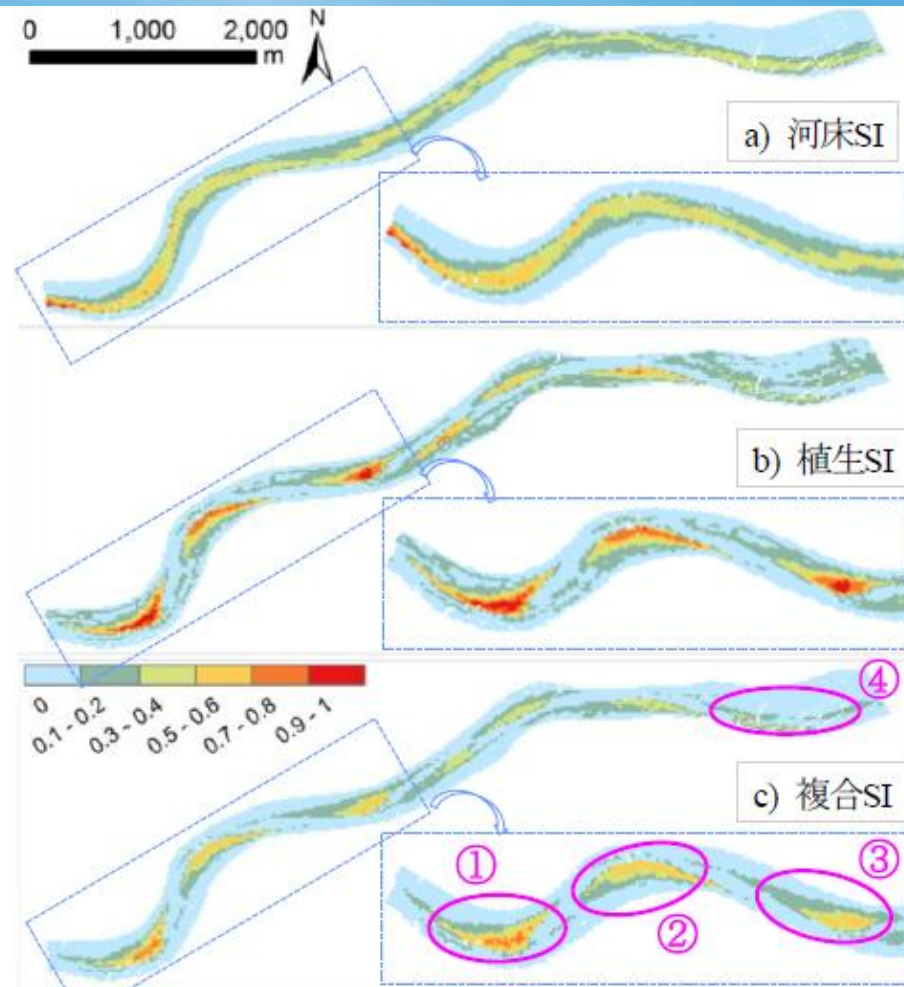
➤ 53k～54k区間（赤枠）での再現精度がやや劣るものの、53kより下流の低水路では洗堀及び砂州の堆積傾向（緑枠）が概ね再現。

2008～2020年の河床変動量(解析と実測)

河道内の植生分布を再現するには年1回の年間最大洪水による植生破壊解析を行い、植生の変化を捉える必要がある（※本研究対象河川・解析区間）

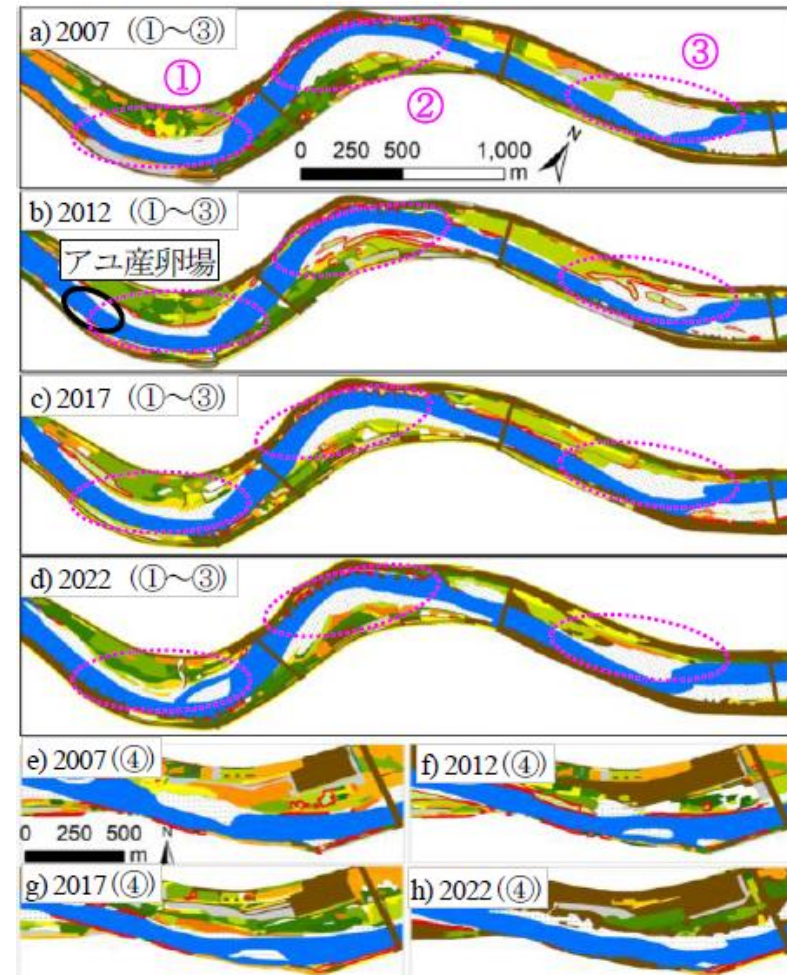
河床地形の変化や滯筋の形成も年最大流量を考慮することで概ね再現可能であることが示唆される

シフティング指標(河床×植生)結果(年最大洪水のケース) 11



20
22
年の
シフ
ティ
ング
指標

20
07
～
20
22
年の
環境
情報
図



複合SIが高かった区間①と② : 2007～2022年の期間にわたって水際付近の植生群落の範囲や種類が大きく変動しており、多様な群落が確認されている。

区間③は複合SI、特に植生SIが高いにもかかわらず、2012年の環境情報図ではヤナギ類の繁茂期以外は裸地として記録されている。

区間④での低い複合SIとあわせて考えると、多様性の低下(単調化)が進んだ可能性が考えられる。

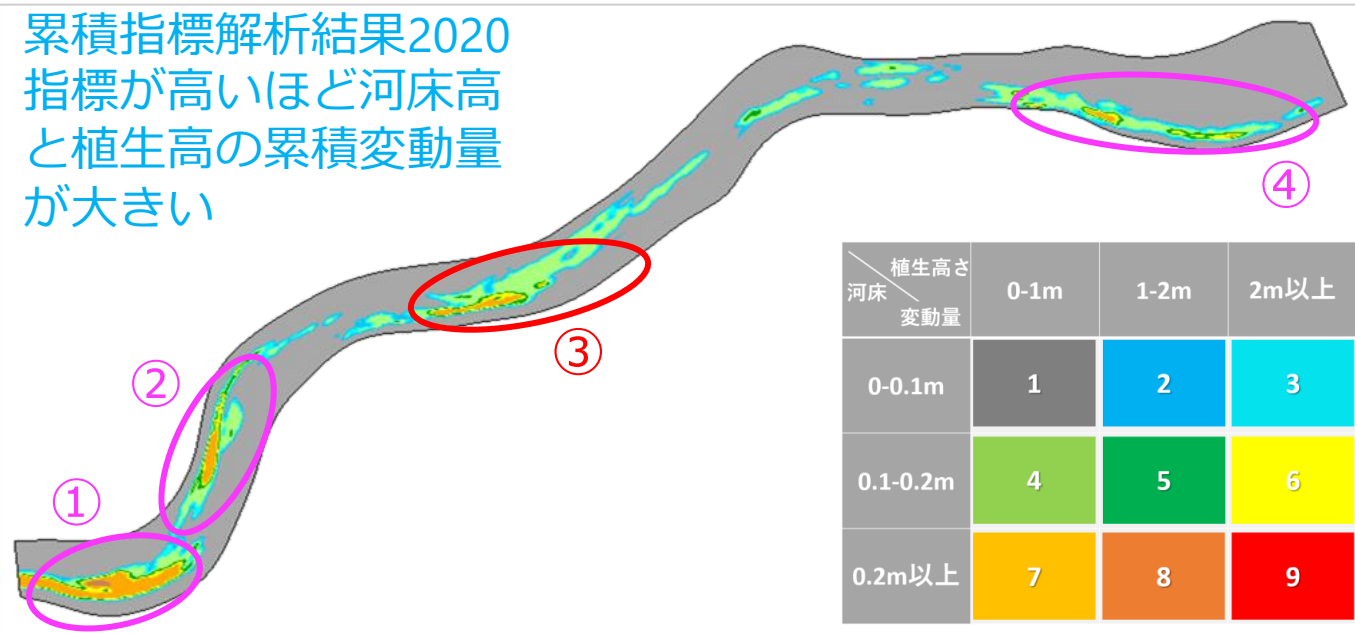
累積指標が高い場所は
シフティングモデルで評価
が高い区間とも概ね一致

シフティングと累積指標
が高い区間①について

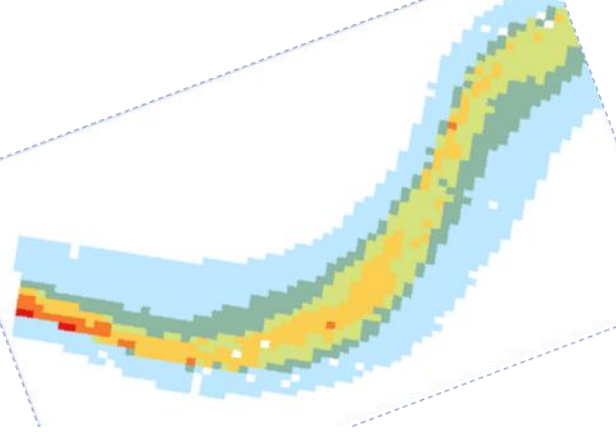
変化の多い環境にも適
応しやすいヤナギ類が分
布している

解析結果の河床材料がよく移り変わるところと鮎の産卵場が一致している
(鮎の産卵場は「河床洗堀→土砂堆積 (1-50mm)」という河床材料の移り変わりが理想)

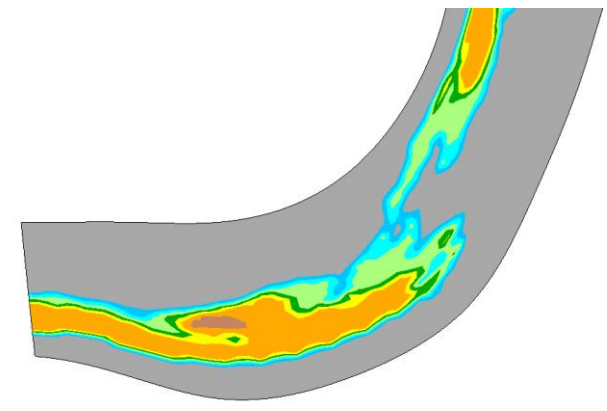
累積指標解析結果2020
指標が高いほど河床高
と植生高の累積変動量
が大きい



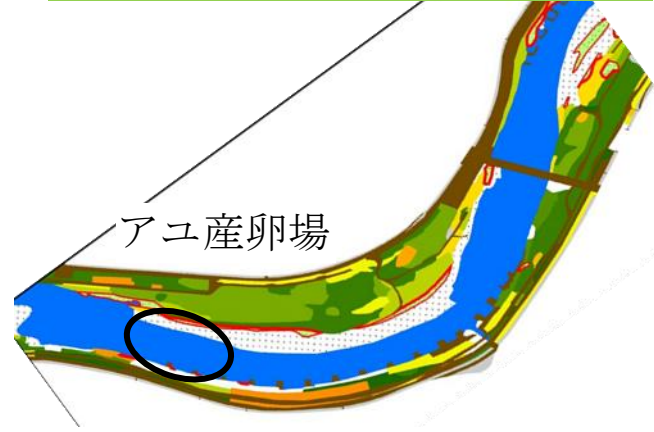
シフティング指標 (河床) 2020



累積評価モデル 2020



環境情報図2012



洪水特性（検討対象長良川において）

年に1回は必ず出水による破壊を考慮する必要がある（**年最大出水必要**）
植生の平面分布の変化，植被率の増減の傾向 ⇒ **年最大洪水に依存**
河道地形の洗堀・堆積の傾向，滯筋 ⇒ **年最大洪水に依存**

ハビタット評価モデル

シフティングモデル，累積評価モデルの両者を併用すれば，河川の動的なハビタット環境をマクロな視点で評価することが可能となる。

課題

植生動態モデル：侵入，繁茂・拡大 ⇒ **生態学的**な知見が不足

シフティング指標，累積評価指標が高い区間内に多様な群落・生息場が存在するが，景観の場所が一致するわけではない。自然裸地や水域の場所がある。従って，よりミクロな視点でのハビタット評価を行う際には，**粒径分布等の指標**を加味する必要がある。

提案した河床SIの検証において，地形変動の再現より，**洗堀・堆積の入れ替わりが起きる頻度の再現**が重要であると考えられる。今後，豊富な地形データがある河川を対象にし，河床SIの追加検証が必要である。

適用可能な条件（セグメント，範囲，必要なデータ）

1)適用セグメント

長良川しか検討していないのですが、構築したモデルは千曲川の99k~107k(セグメント植生動態や雲出川の6k~11k(セグメント1)の植生動態・地形変動を再現できるので、セグメント1やセグメント2-1の礫河川に適用できる可能性があるかと思われます。

2)初期条件設定に必要なデータ

地形データ(精度としては、ALB>LP>横断測量)，植生分布と高さ，粒径分布データ

3)解析モデル・結果を検証に必要なデータ（リモートセンシング技術の進展に伴い、取得しやすくなる）
異なる時期の地形データ(特に洪水前後)、高頻度の植生分布・高さ情報、環境情報図

本モデルの適用にあたっての時間について

データの準備：Sentinel-2(10m解像度)などの衛星画像や航空写真を活用しつつ、ALB、LP、横断測量などの地形測量データを含む広範囲の調査データを収集(しゅうしゅ)する必要。

解析モデル・時間：Nays2DHの並列計算を活用することで、10km区間・10年間にわたる解析は、おおむね4~5日間(10m*10mメッシュ，PC性能:48CPU)で完了することです。

謝辞：本研究は、河川砂防技術研究開発「気候変動及び流域治水シナリオに基づく生物多様性評価と生息ハビタット管理手法の提案」の成果の一部であり、木曽川上流河川事務所からLP及び横断測量データ、北海道大学の岩崎先生からNays2DHのソースコードをご提供頂いた。ここに記して御礼申し上げます。また、査読者の方からは多角的なご意見を多数いただき、本論文を改善することができました。この場を借りて、心より感謝申し上げます。