

20190926
新技術ショーケース

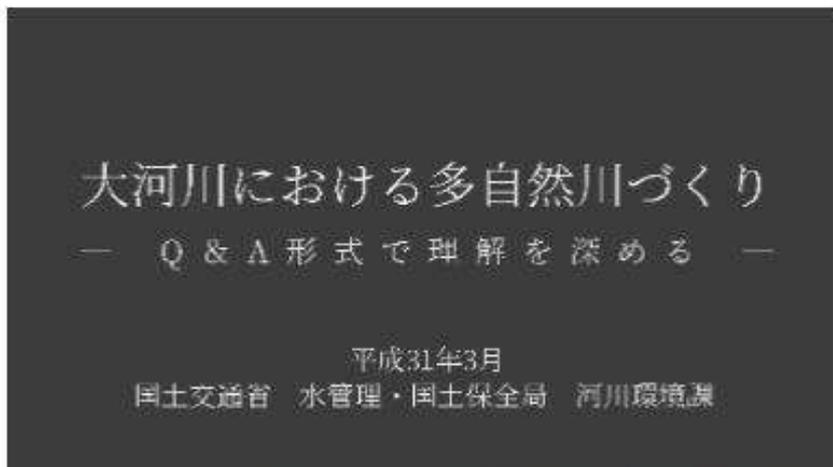
大河川における多自然川づくりの技術 -河道掘削における植生管理を中心に-

水環境研究グループ長
萱場祐一

「大河川における多自然川づくり」 (紹介)

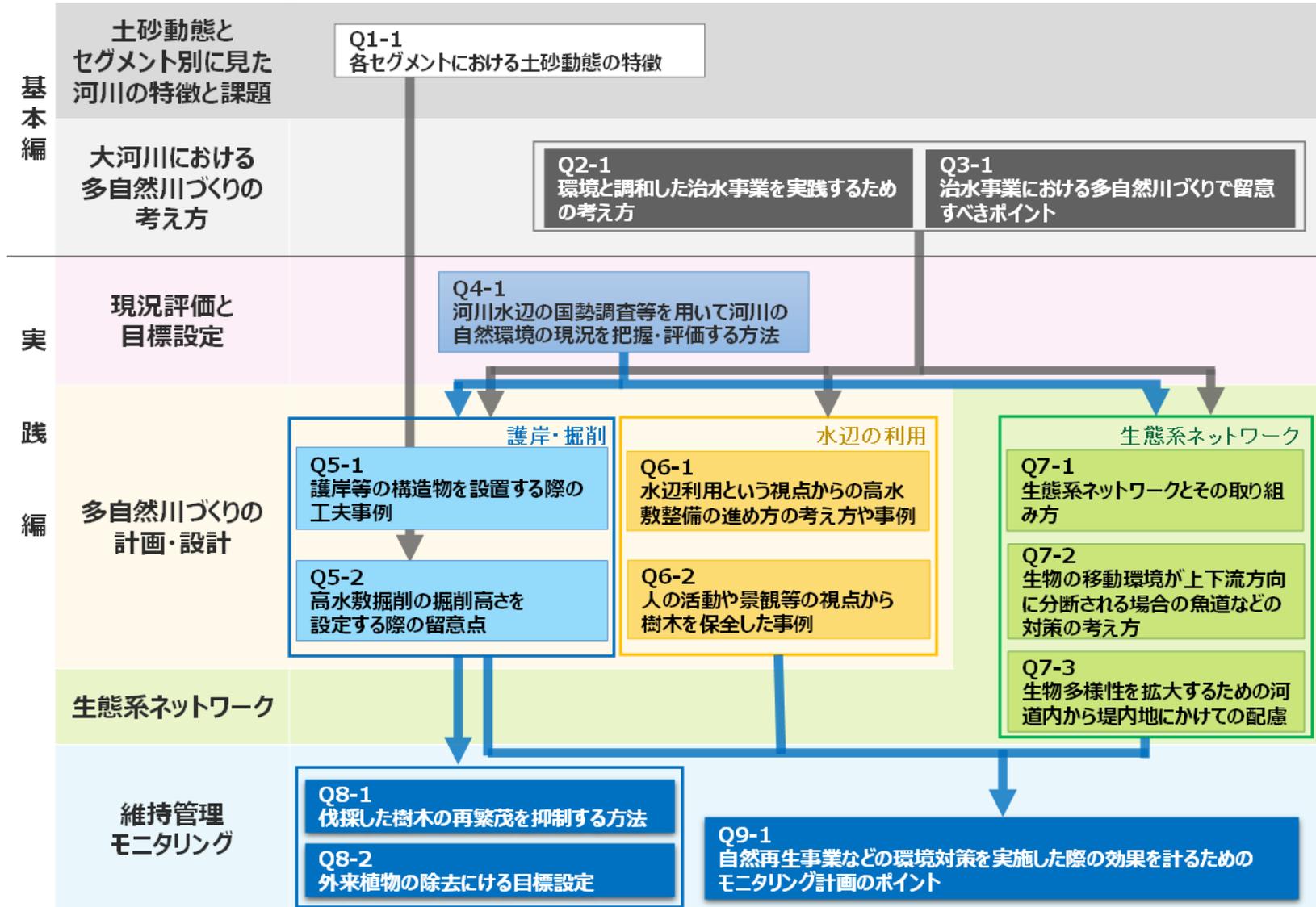


- 大河川については多自然川づくりの考え方や具体的手法が明示されてこなかった。
- 現場が直面する課題をQA形式で整理。本省河川環境課からから発出 (H31.3) (監修・執筆の多くの部分を土研が担当)
- 土研の研究を含め最新の成果を毎年本資料集を通じて発信。現場への成果普及を図っていくこととしている。
- 「大河川における多自然川づくり」で検索下さい！



大河川における多自然川づくり

-Q&A形式で理解を深める-



「河道掘削」は主要な水位低下対策メニュー

- 河道掘削は河川整備計画の治水整備メニューとして多くの河川で位置付けられている。
- 防災・減災・国土強靱化のための3か年緊急対策でも「全国の河川における洪水時の危険性に関する緊急対策（河道等）」として河道掘削・樹木伐開が展開
- 河道掘削は河道内の陸地部分の地盤高を下げるため湿地的な環境の再生に寄与する可能性がある。一方で、保全上重要な個所を掘削する懸念、掘削・伐開後の再樹林化の懸念があるため、掘削方法そのものを工夫する必要がある。

⇒ 直轄河川における多自然川づくり
= 河道掘削における最大限の工夫

特に、植生管理は治水・環境・維持管理の視点から重要

本日お話する内容

- 河川性生物の近年の生息状況とは
 - 河床低下と氾濫原環境の劣化
 - 植物・魚類・鳥類はどう変化してきたか？
- 河道掘削の効果と課題の整理と対応方針
- 植生管理を踏まえた河道掘削アプローチ
 - 現況把握と目標設定
 - 河道掘削範囲・断面の設定
 - 施工段階での工夫

河川性生物の近年の生息状況

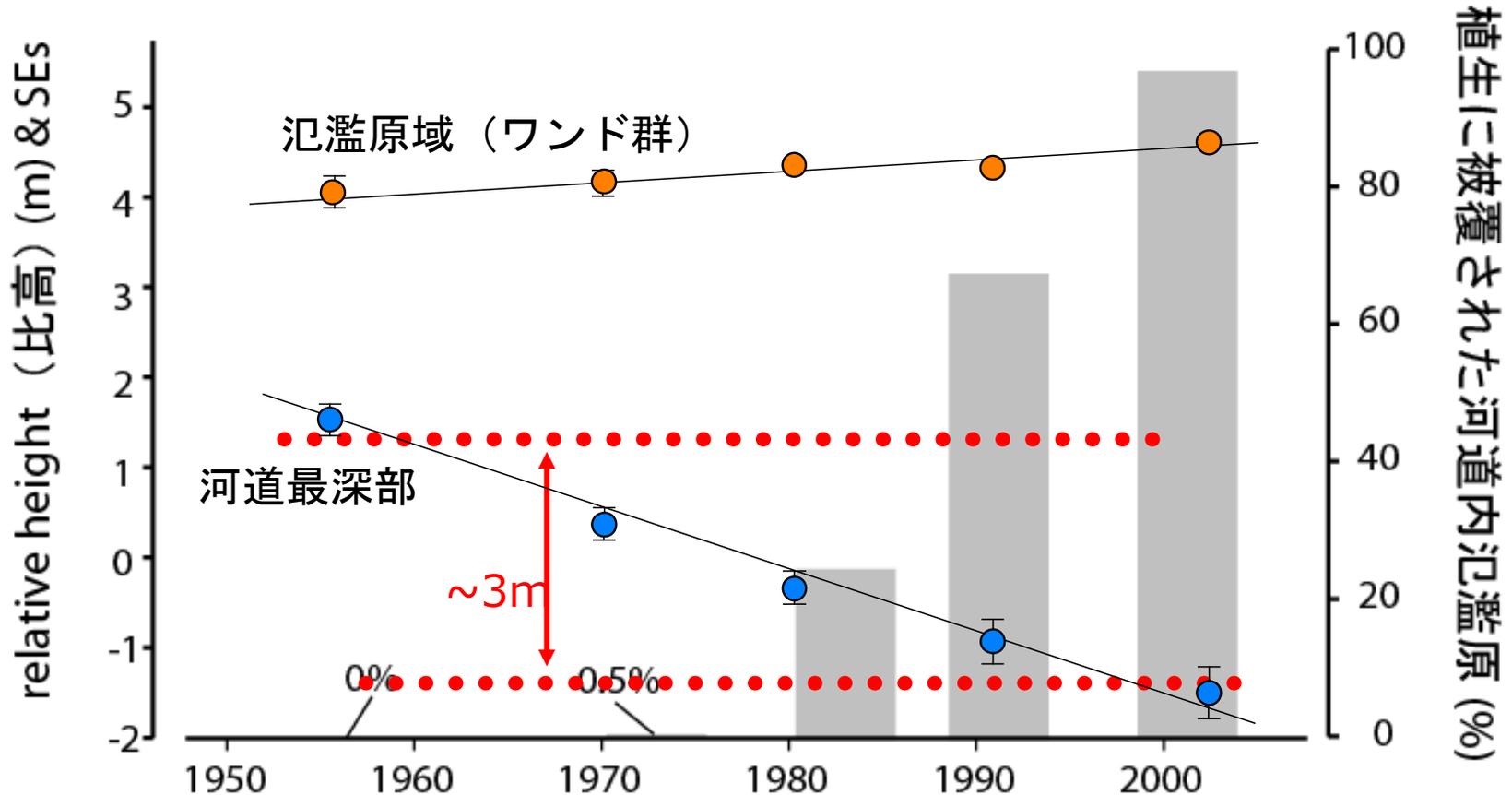
河床低下に伴う河道内氾濫原の劣化により氾濫原依存種が減少しています。

河床低下等の全国的な傾向



木曽川における氾濫原環境の劣化 - 河床低下と樹林化の進行 -

結果：河床低下の経年変化

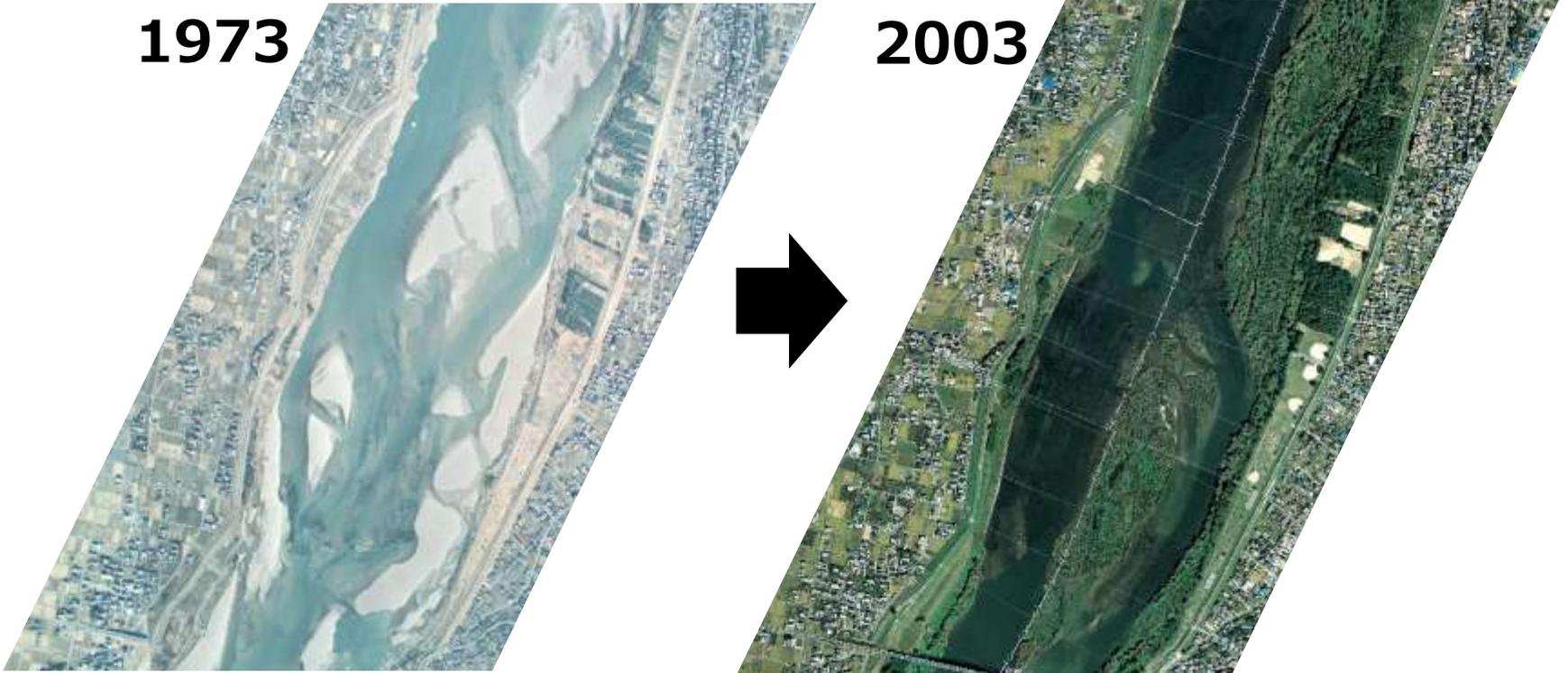


木曽川における氾濫原環境の劣化 －河床低下と樹林化の進行－

河道内氾濫原における水域環境

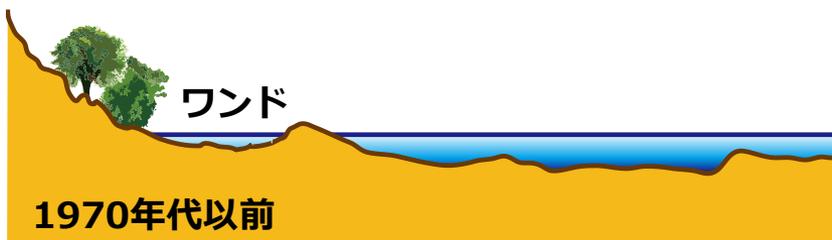
1973

2003



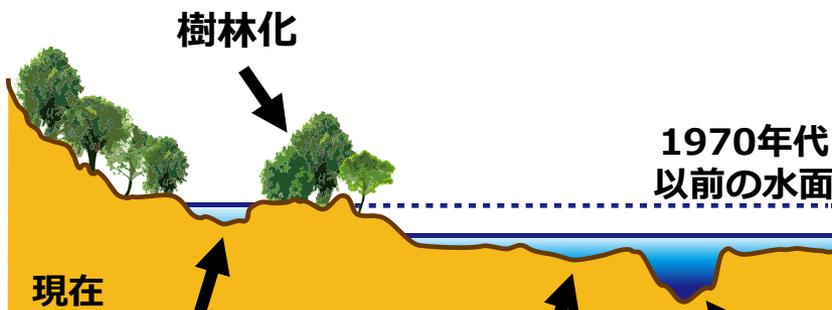
河道内氾濫原に樹木が繁茂（樹林化）

過度な河床低下は多様性の損失を招く (河道内氾濫原の劣化)



河道内には洪水時に冠水したり、
本川と連結する河道内氾濫原が
拡がり、砂州・湿地が拡がり、
大きなワンド等が多数存在

砂利採取
土砂供給量の減少
冠水頻度の低下



孤立した
たまり

川底が全体的
に低下

局所的な
深掘れ

主流路で河床低下が生じ、
主流路の水位と河道内氾濫原と
の間で比高が拡大、砂州・湿地
等が樹木化し、大きなワンドが
少なくなり、多様性が損失

減少している群落・増加している群落

千曲川水系 (水国 4巡分 (H6-20)の面積データを使用)

減少している群落 (1/5以下に減)

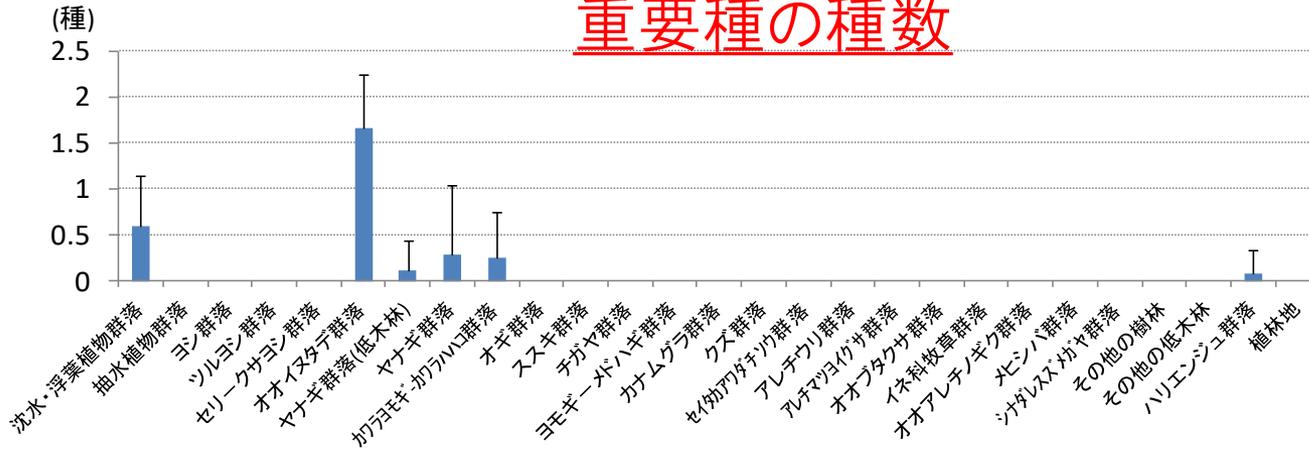
- ・カワラヨモギーカワラハハコ群落
- ・ケショウヤナギ群落
- ・ヨシ群落
- ・沈水・浮葉植物群落

増加している群落 (5倍以上増)

- ・ヤナギ群落 (低木林)
 - ・シナダレスズメガヤ群落
 - ・セイトカアワダチソウ群落
 - ・アレチウリ群落
 - ・カナムグラ群落
 - ・セリークサヨシ群落
- 外来植物群落
- 外来牧草群落

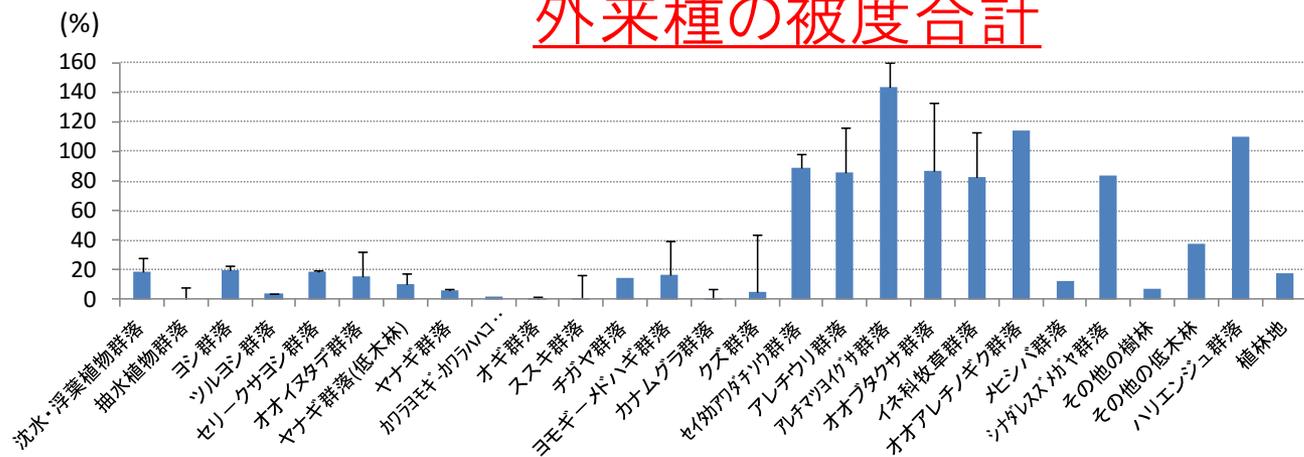
群落と種との関係 (千曲川の例)

重要種の種数



(群落タイプ)

外来種の被度合計



(群落タイプ)



(景観タイプ)

湿

乾

減少している種・増加している種

全国

減少している植物

- ・ 氾濫原特有の植物（例：フジバカマ）^{a,b}
- ・ 河原特有の日本固有種（カワラノギク、カワラハハコ）^a
- ・ 砂礫地を好む種（ケシヨウヤナギ）^{a,b}
- ・ 生活史の一時期を水中で生育する水生植物（フサモ）^a

増加している植物

- ・ 外来牧草やマメ科樹木 ^b
- ・ 外来植物（アレチウリ、シナダレスズメガヤ）^a

参考文献

- a) 生物多様性総合評価報告書，環境省生物多様性総合評価検討委員会，2010
b) 生物多様性と河川の役割，河川 2011-3月号，2011

河川に生息する魚の増加・減少

産卵基質の違いに着目して増減を整理しました



イタセンパラ

二枚貝



メダカ

植物



ツチフキ

泥・砂泥



オイカワ

砂・砂礫

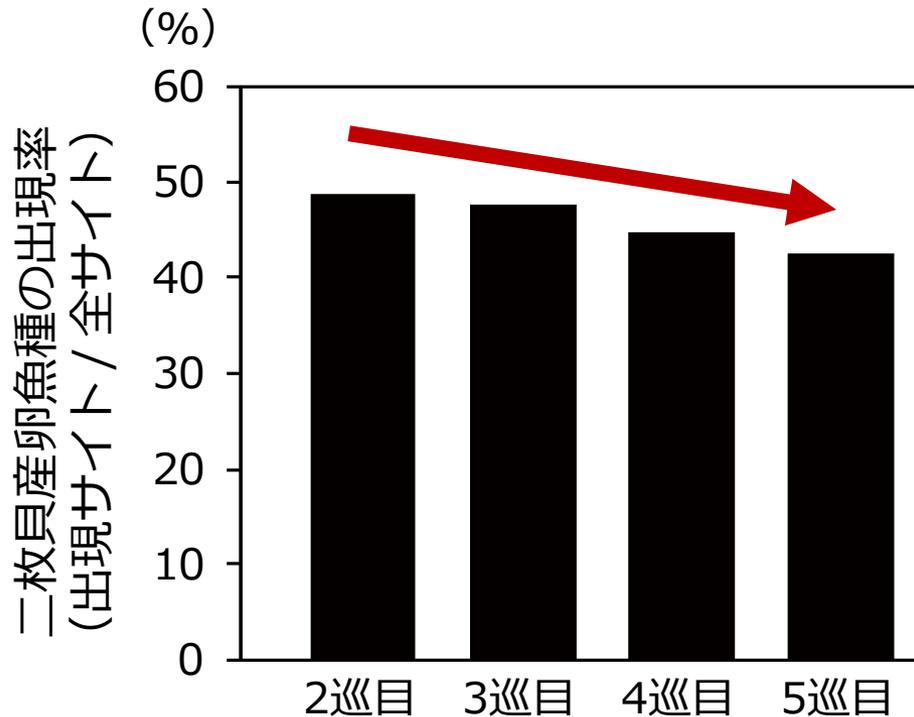


ヨシノボリ

石・礫

産卵基質を区分することができ、「二枚貝」や「泥・砂泥」に産卵する種群は氾濫原環境を必要とする

河川水辺の国勢調査を用いた解析



「二枚貝」に産卵する魚種



観察される調査地点も減少
(生息範囲の縮小)

氾濫原における水域環境の劣化

河川性鳥類の増加と減少

- 生活史の中で河川を利用する鳥に着目 -

ゆうきん
游禽類



発達した水かきを持ち、水面に浮かぶことができる。
ガン・カモ類、カモメ類、ウ類など

しょうきん
渉禽類



水辺を長い脚で歩行しながら採餌する。
サギ類、ツル類、シギ・チドリ類
クイナ類、トキ、コウノトリなど

水辺の陸鳥



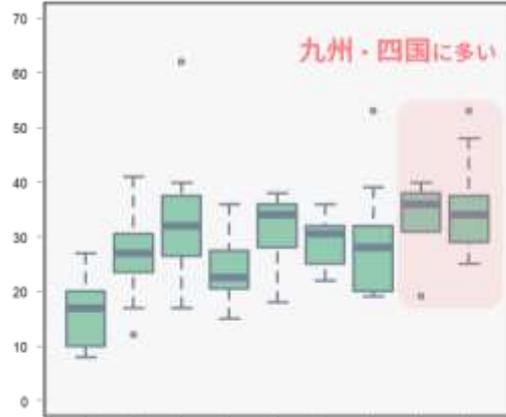
生活の中心は陸上だが、採餌場所や営巣場所に水域を利用。
ノスリ、トビ、セキレイ類、オオヨシキリ、カワガラスなど

游禽類と渉禽類の出現傾向



渉禽類

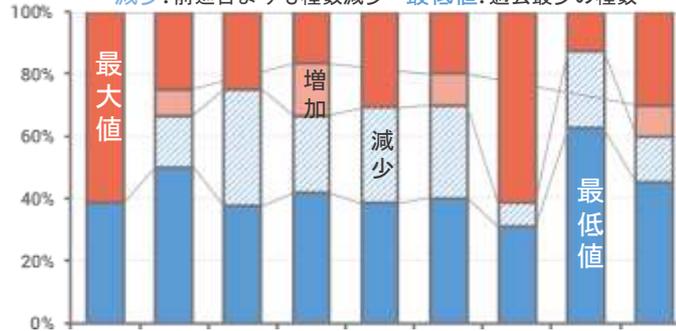
★ 累積種数 (1-4巡目合計) >



★ 近年 (4巡目) の種の出現傾向

最大値: 過去最大の種数 増加: 前巡目よりも種数増加

減少: 前巡目よりも種数減少 最低値: 過去最少の種数

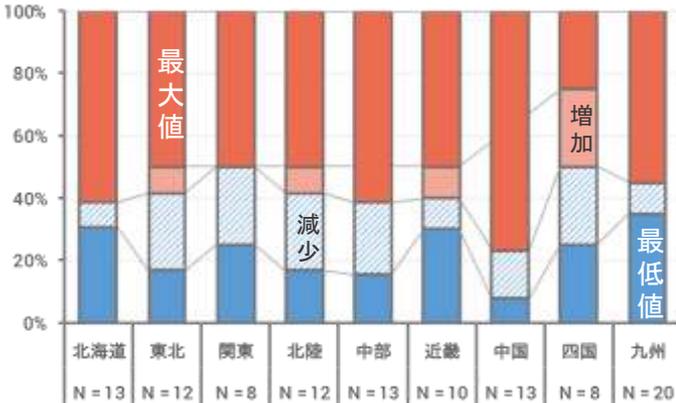
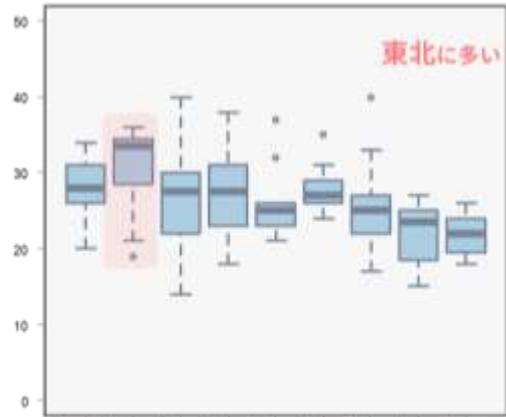


多水系で
減少傾向

四国・九州
含む



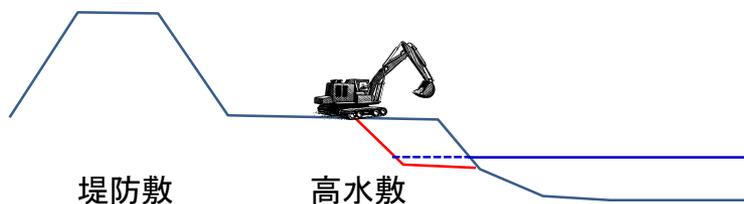
游禽類



多水系で
増加傾向

| | | | | | | | | |
|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|
| 北海道 | 東北 | 関東 | 北陸 | 中部 | 近畿 | 中国 | 四国 | 九州 |
| N=13 | N=12 | N=8 | N=12 | N=13 | N=10 | N=13 | N=8 | N=20 |

河道掘削の効果と課題（環境）



河道掘削は高水敷高の比高を下げ、減少している氾濫原性生物の生育・生息に寄与する可能性がある。

効果と課題を具体事例に基づき概観してみましよう。

高水敷切り下げによる二枚貝生息場の再生～揖斐川の事例

- 木曽川水系揖斐川の自然堤防帯 32～39kp (1/2,500)
- 施工年度、掘削高さの設定により 14 工区が存在
- “河積の拡大”と“植生遷移（特に樹林化）の検討”を目的

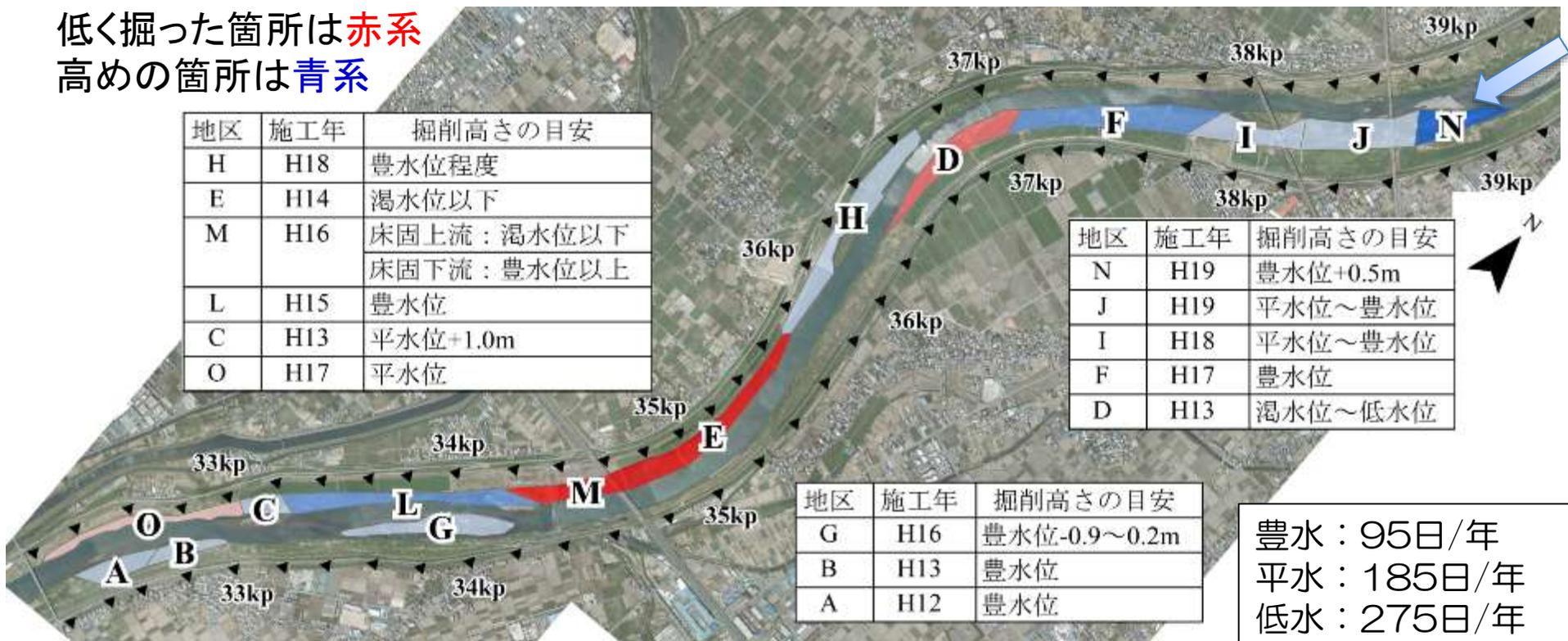
低く掘った箇所は赤系
高めの箇所は青系

| 地区 | 施工年 | 掘削高さの目安 |
|----|-----|--------------------------|
| H | H18 | 豊水位程度 |
| E | H14 | 潟水位以下 |
| M | H16 | 床固上流：潟水位以下 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 |

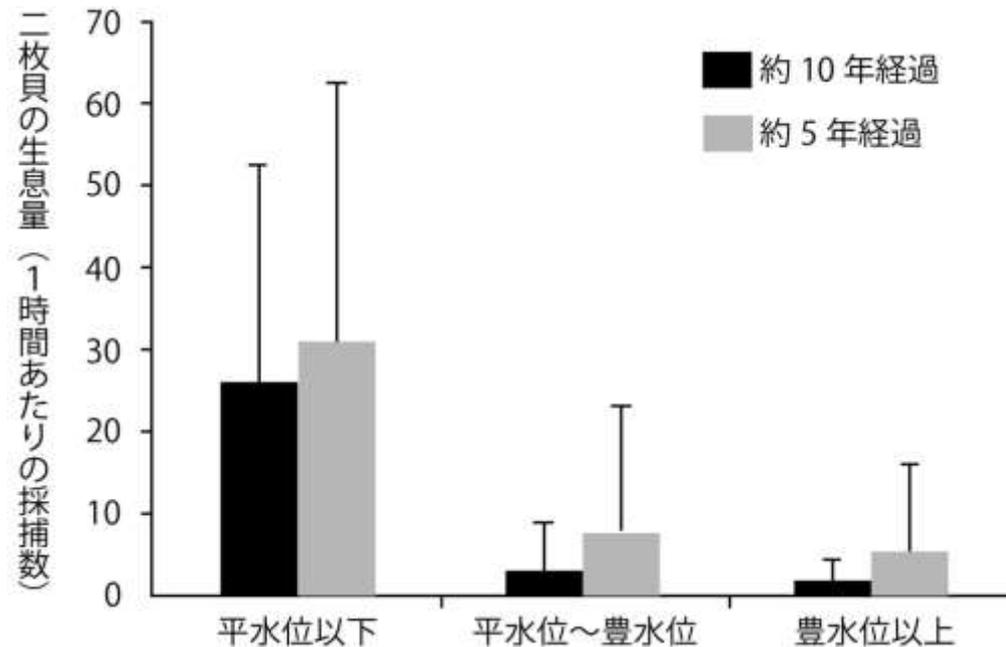
| 地区 | 施工年 | 掘削高さの目安 |
|----|-----|----------|
| N | H19 | 豊水位+0.5m |
| J | H19 | 平水位～豊水位 |
| I | H18 | 平水位～豊水位 |
| F | H17 | 豊水位 |
| D | H13 | 潟水位～低水位 |

| 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 |

豊水：95日/年
平水：185日/年
低水：275日/年
潟水：355日/年



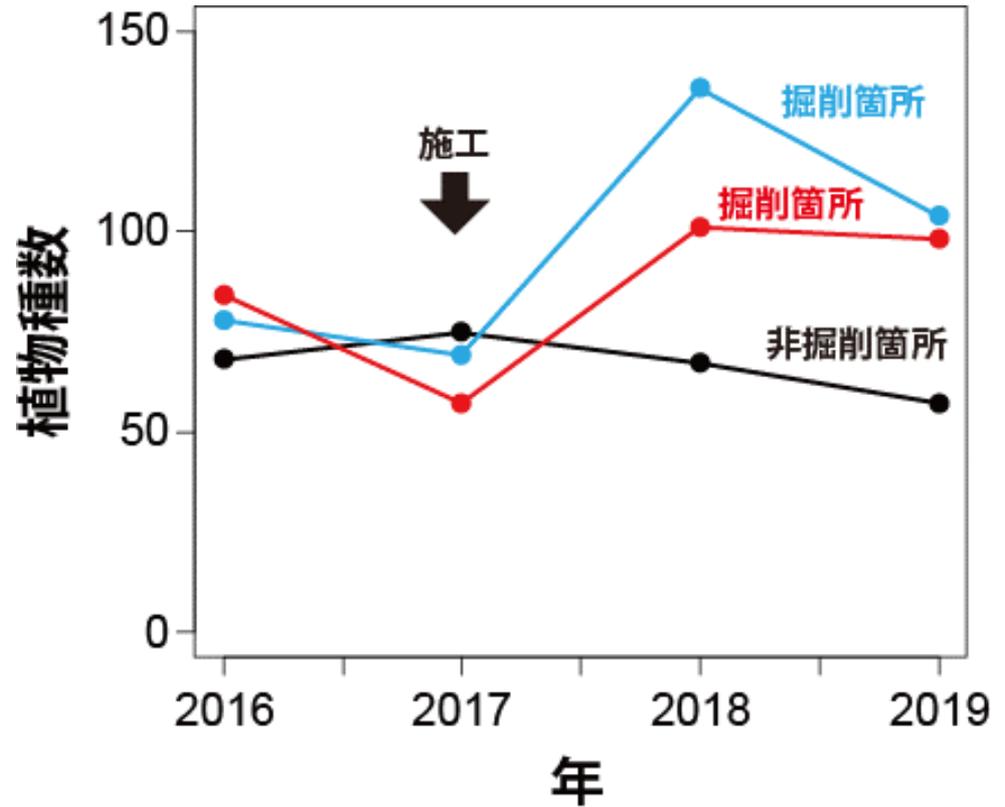
掘削高さ・経過年数と二枚貝の定着



- 初期設定が**平水位以下（濁水位以上）の工区**で、二枚貝の生息量が多かった
- 経年劣化の可能性が示唆される
- 掘削後5年以内に“水域の形成”と“二枚貝の定着”があり、10年経過時点でも生息場として機能している

掘削後(2019)

- ・ 1mを超す草本
- ・ 高い多様性
- ・ ヤナギも確認

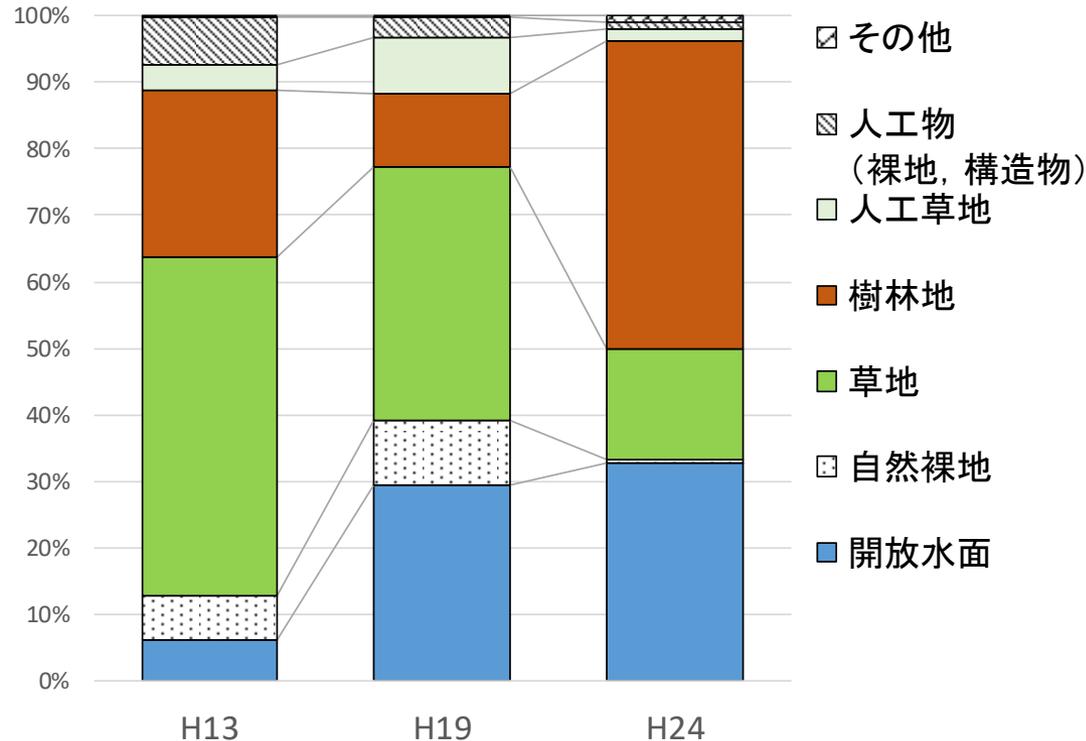


- 掘削地(2か所)と非掘削地における植物のモニタリングを行ったところ、掘削による植物種の増加を確認
- 掘削前、非掘削地では確認されなかった希少種(タコノアシ等)が、掘削地では確認されるようになった

**河道掘削により生育・生息する生物
が一時的に減少します！**



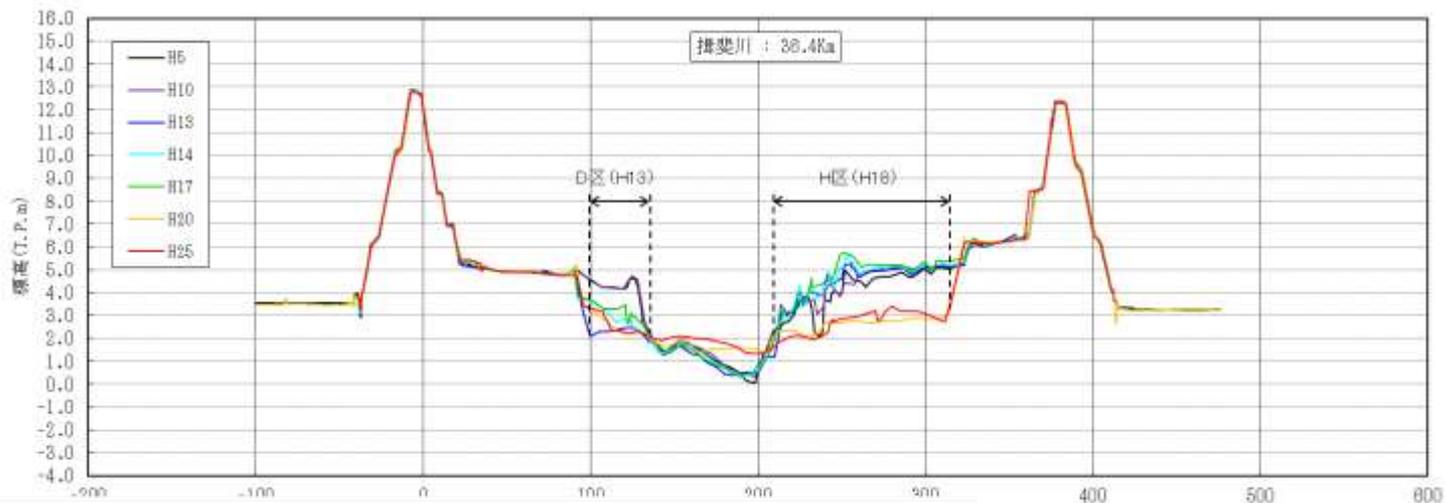
河道掘削後の裸地面は時間の経過と共に樹林地へと推移



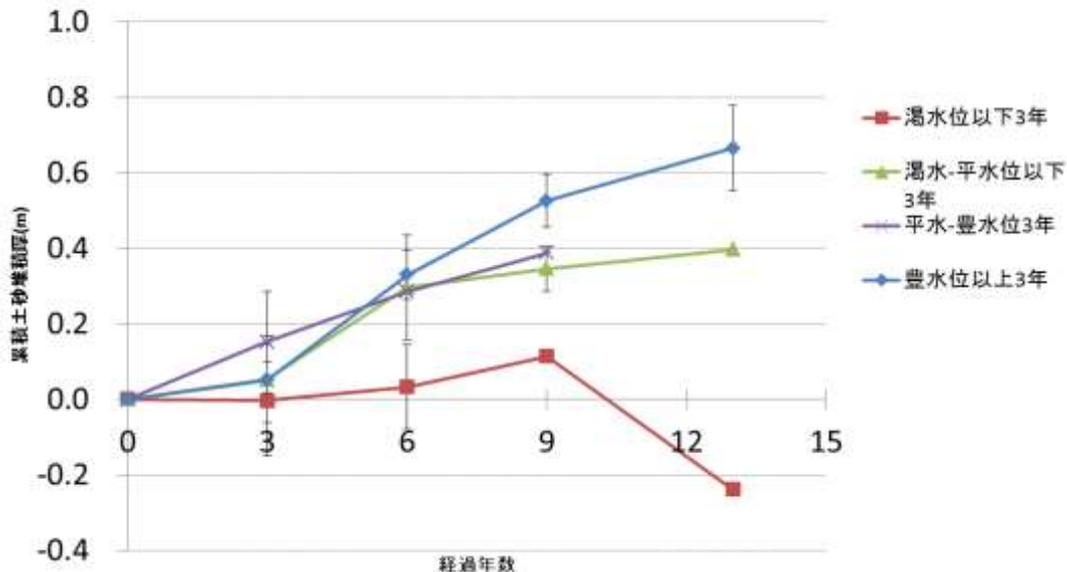
- 切り下げ前は、**樹林地が20%**であり**平均的**な値。（佐貫，大石ら 2010）
- H19年は、H13-H18年度に切り下げを行った結果が反映されており、**開放水面の増加、自然裸地の増加と樹林地の減少**が示されていた。
- しかし、H24年は、開放水面は維持できたものの、**切り下げた面の50%**が**樹林地**へと変化していた。

河道掘削後に急速に土砂が堆積！

◆ 11工区における土砂堆積厚と堆積速度：定期横断測量成果



掘削高さごとの累積土砂堆積厚



★ 高い掘削工区ほど、土砂堆積が多い

✓ 本調査サイトの場合、低い掘削工区では、土砂が堆積しても、比較的フラッシュされ易い可能性

河道掘削の課題の整理と対応方法

- 保全上重要な生物の生育・生息場所が改変される
⇒ 環境の現況を評価し、保全すべき群落を明確にする。
(現況評価と目標設定)
- ⇒ 保全すべき群落と河道掘削範囲とを比較し、
保全すべき群落への影響を回避・低減する。
(河道掘削範囲の設定)
- 樹林化に伴う多様性の低下、流下能力の減少
⇒ 保全すべき群落が再生でき、かつ、
樹林地が形成されにくい断面を設定する
(河道掘削断面の設定)
- ⇒ 樹林の形成を抑制するために、
ヨシ・オギ等が含まれて表土を撒き出す
(施工段階での工夫)
- 土砂堆積については「大河川における多自然川づくり」を参考にし
て下さい。

植生管理を念頭においた河道掘削プロセス

① 現況評価と 目標設定

①

河道内の群落の時間的な変化を明らかにし、4つの視点から保全上の価値付けを行い、保全優先度マップを作成する。

② 計画 設計

河道
掘削
範囲の
調整

②

上記マップに掘削範囲を重ねて、保全上重要なエリアを掘削範囲から除外し影響の回避・低減を図る。除外できない場合には、以下の方法で代償措置を行う。

河道
掘削
断面の
設定

②

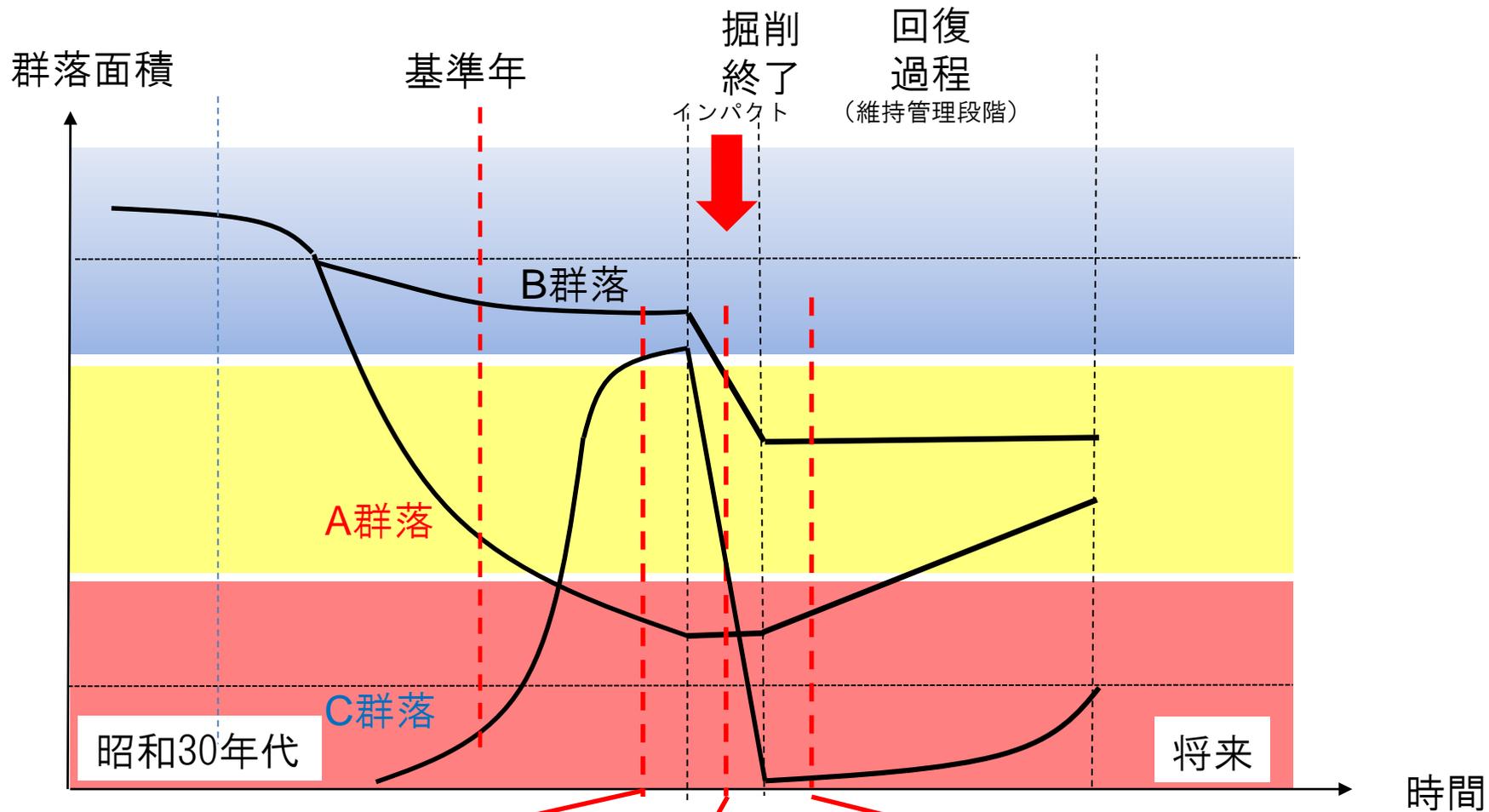
設定した河道掘削断面に対する植生分布を予測し、治水・環境・維持管理の視点から最適断面を探索する。環境の面では保全優先度の高い群落の再生、ヤナギ類等の樹林化抑制に焦点を当て、断面を設定する。

③ 施工

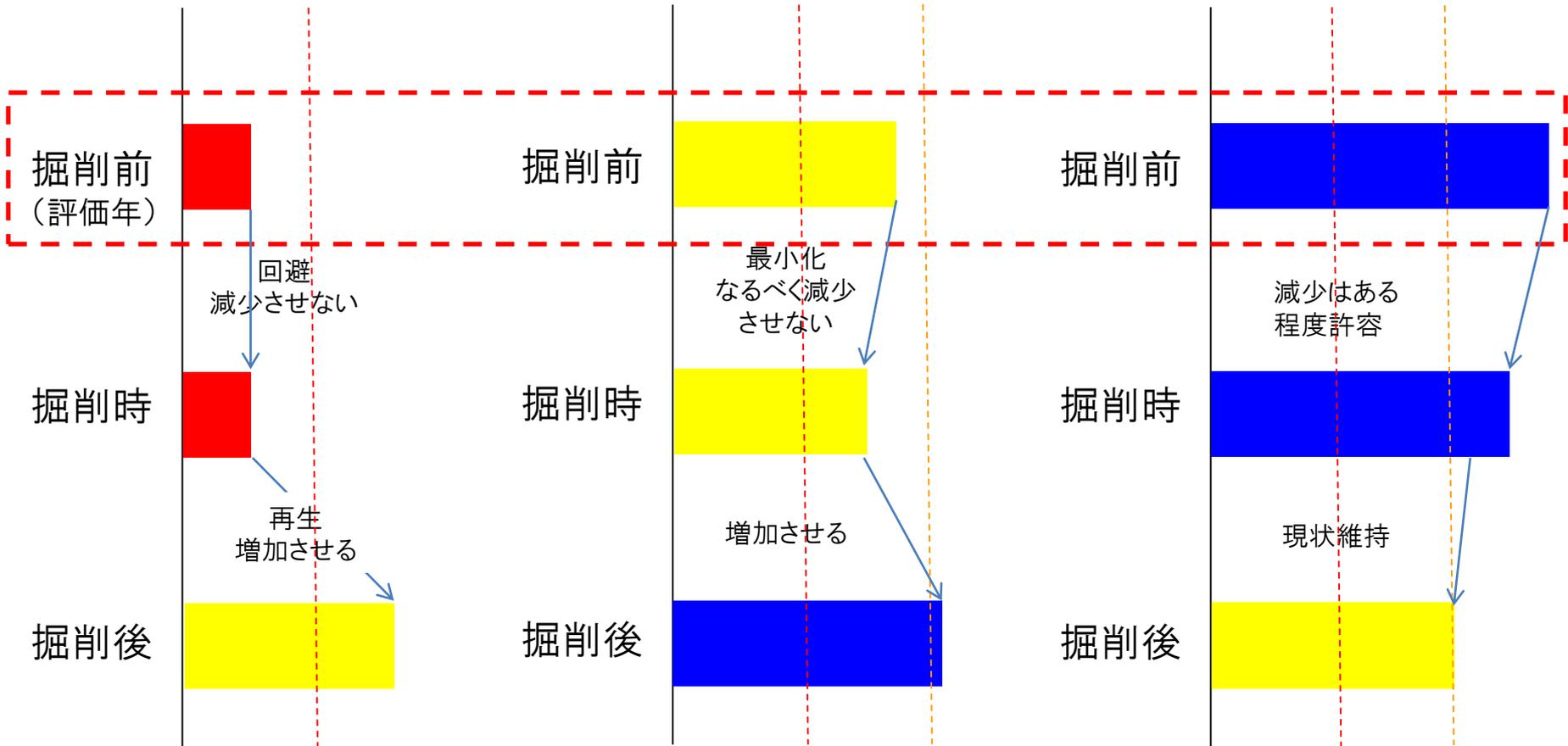
③

河道掘削により出現した裸地面へのヤナギ類の侵入の可能性が高い場合には、表土の巻き出し等により早期安定草本群落の成立を目指す。

保全すべき植物の考え方



保全対象群落の設定を川づくりりに活かす —河道掘削に着目した概念図—



掘削後をどう予測するかが課題

保全対象群落

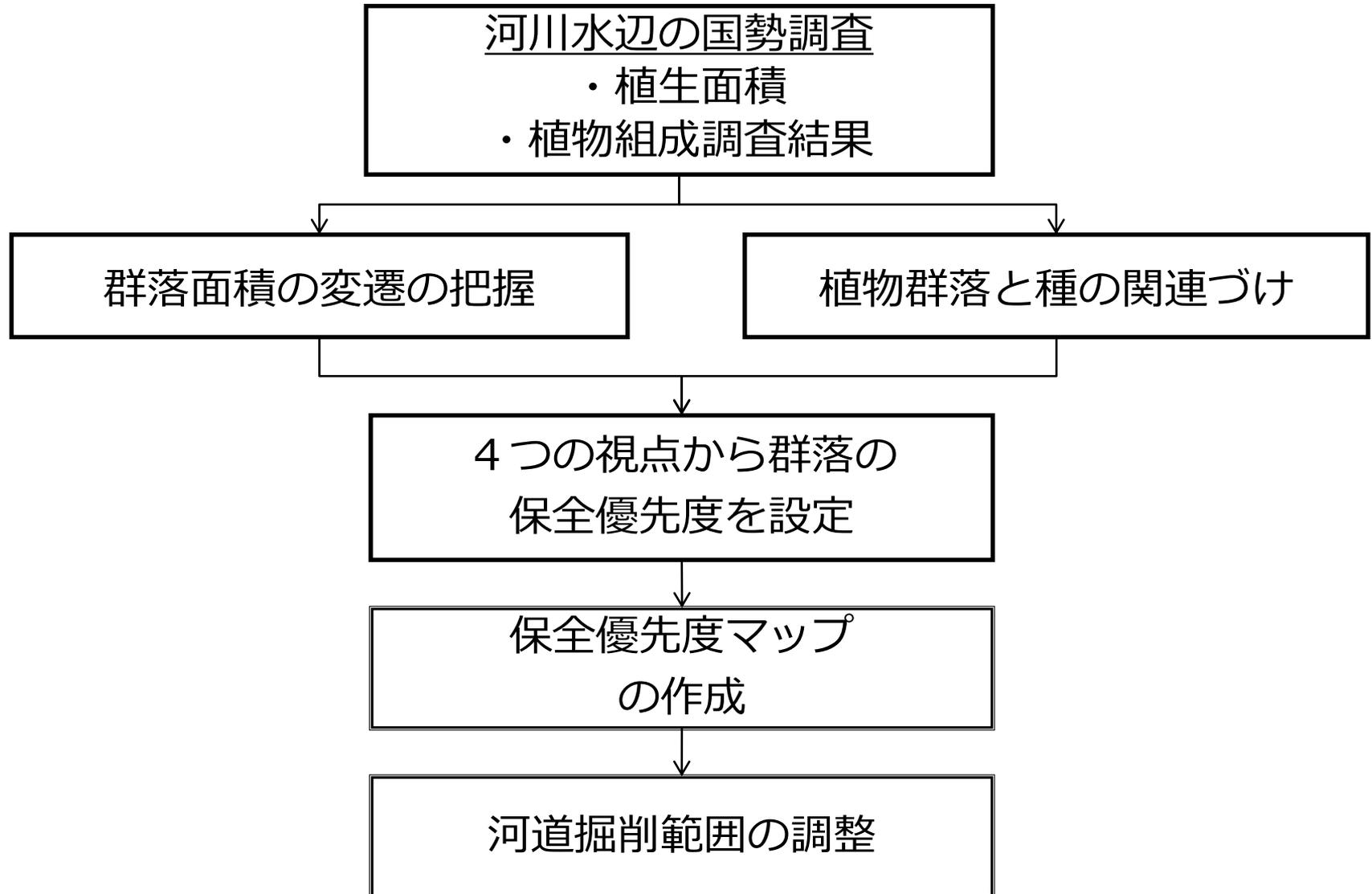
保全対象でない群落

①現況評価と目標設定

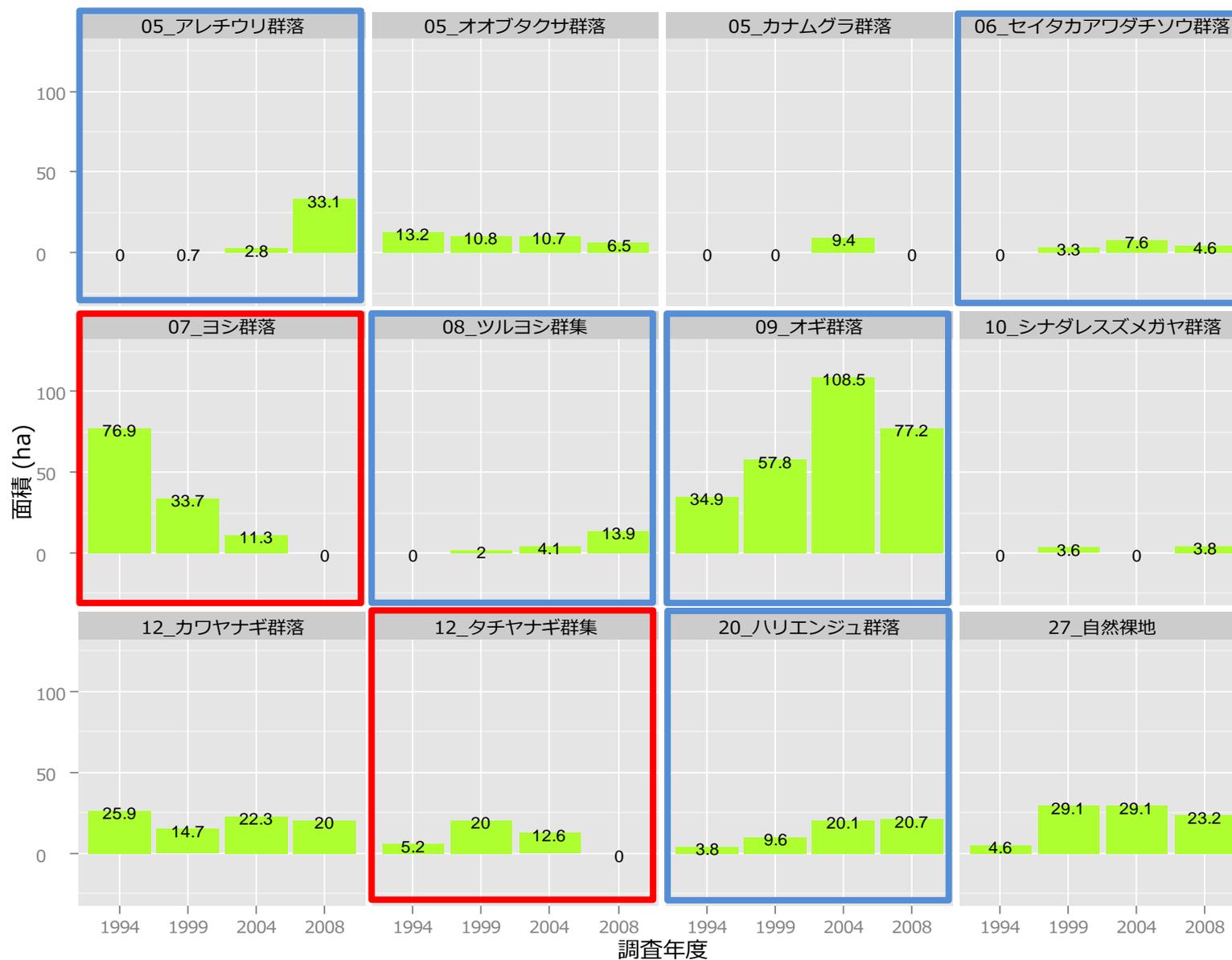
保全優先度マップを作成して
保全上重要なエリアを“見える化”する

詳細は「河道掘削における環境配慮プロセスの提案」
河川技術論文集第20巻、2014を参照して下さい。

陸域環境現況評価のフロー



群落面積の変遷を把握する。



群落の価値付け 4つの視点とは何か？

－ 保全優先度の設定の視点 －

①希少性

全国的に減少している種、地域的に減少している種が含まれる群落

②典型性

河川性（水辺性）の種から構成され、当該河川で面積が減少している群落（70%、90%の減少率を閾値として設定）

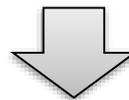
→典型性の消失が懸念される群落

③特殊性

種組成が特殊で面積が小さい群落

④外来性（防除対象）

特定外来生物が含まれない群落、外来種の被度合計が大きくない群落



保全優先度が高い群落とは

= ①、②、③のいずれかの条件を満たす、かつ、④の条件を満たす

保全優先度の設定例

- 希少種、注目種（典型性、特殊性）、外来種の3つの視点から、ひとまず、保全優先度を設定して見た。

| # | 評価対象項目 | ケーススタディー河川における設定基準 | |
|----|-------------|--|--|
| | | 保全優先度の最も高い群落（保全優先度A） | 保全優先度の高い群落（保全優先度B） |
| 1) | 希少性 | | |
| a | 全国的に減少している種 | <u>絶滅法、環境省第4次レッドリスト植物I（維管束植物）の掲載種が優占している群落</u> | 環境省第4次レッドリスト植物I（維管束植物）の掲載種が含まれている群落 |
| | | 絶滅法、環境省第4次レッドリスト植物I（維管束植物）の高ランクの掲載種（絶滅危惧I類）が含まれている群落 | - |
| b | 地域的に減少している種 | <u>県版レッドリスト（維管束植物編）の掲載種が優占している群落</u> | 県版レッドリスト（維管束植物編）の掲載種が含まれている群落 |
| | | 県版レッドリスト（維管束植物編）の高ランクの掲載種（絶滅危惧I類相当）が優占している群落 | - |
| 2) | 典型性 | <u>河川性（水辺性）の種を含む在来植物群落で基準年から90%減少している群落</u> | 河川性（水辺性）の種を含む在来植物群落で基準年から70%以上減少している群落 |
| 3) | 特殊性 | | |
| a | 種組成が特殊な群落 | <u>TWINSpanにより抽出された種組成の特殊な群落</u> | - |
| b | 当該河川で小面積の群落 | <u>直轄管理区間における面積の合計が10ha未満の群落</u> | - |
| 4) | 外来種 | <u>特定外来生物を含まない、かつ、外来種被度の平均が10%未満の群落</u> | 特定外来生物を含まない、かつ、外来種被度の平均が50%未満の群落 |

各群落の保全優先度設定の例

| 基本分類名 | 群落名 | H20の面積 (ha) | 保全優先度の最も高い群落 (保全優先度 A) | | | | | | 保全優先度の高い群落 (保全優先度 B) | | | | | | |
|----------|------------------------|-------------|------------------------|-----|-----|-----------|-----|-----|----------------------|-----|-----|-----|-----------|-----|----|
| | | | 希少性 | 典型性 | | | 特殊性 | 外来種 | 判定 | 希少性 | 典型性 | | | 外来種 | 判定 |
| | | | | 河川性 | 減少率 | 河川性 × 減少率 | | | | | 河川性 | 減少率 | 河川性 × 減少率 | | |
| 沈水 | 01_ホザキノフサモ群落 | - | | 1 | | | 1 | 1 | ● | 1 | 1 | | | 1 | |
| 沈水 | 01_リュウノヒゲモ群落 | - | | 1 | | | 1 | 1 | ● | 1 | 1 | | | 1 | |
| 一年草本 | 05_アレチウリ群落 | 33.11 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 一年草本 | 05_オオイヌタデ-オオクサキビ群落 | 5.09 | | 1 | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ● |
| 一年草本 | 05_オオブタクサ群落 | 6.53 | | | | | | | | | | | | | |
| 一年草本 | 05_カナムグラ群落 | 59.51 | | | | | | | | | | | | | |
| 一年草本 | 05_ヒメムカシヨモギ-オオアレチノギク群落 | 5.11 | | | | | | | | | | | | | |
| 一年草本 | 05_メヒシバ-エノコログサ群落 | 5.24 | | | | | | | | | | 1 | | 1 | |
| 一年草本 | 05_メマツヨイグサ-マルバヤハズソウ群落 | 0 | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | |
| 多年広葉草本 | 06_カワラヨモギ-カワラハハコ群落 | 0 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ● | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | A |
| 多年広葉草本 | 06_セイトカアワダチソウ群落 | 4.58 | | | | | | | | | | | | | |
| 多年広葉草本 | 06_ヨモギ-メドハギ群落 | 11.39 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 単子葉草本 | 07_ヨシ群落 | 0 | | 1 | 1 | 1 | | | ● | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | A |
| 単子葉草本 | 08_ツルヨシ群集 | 13.88 | | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 | |
| 単子葉草本 | 09_オギ群落 | 77.17 | | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 | |
| 単子葉草本 | 10_オニウシノケグサ群落 | 3.15 | | | | | | | | 1 | | | | 1 | |
| 単子葉草本 | 10_ガマ群落 | 0 | | 1 | | | 1 | 1 | ○ | 1 | | | | 1 | |
| 単子葉草本 | 10_カモガヤ-オオアワガエリ群落 | 0 | | | | | | | | | 1 | | | | |
| 単子葉草本 | 10_シナダレスズメガヤ群落 | 3.81 | | | | | | | | | | | | | |
| 単子葉草本 | 10_シバ群落 | 0.13 | | | | | | 1 | | | | | | 1 | |
| 単子葉草本 | 10_ススキ群落 | 0 | | | | | | 1 | | | | | | 1 | |
| 単子葉草本 | 10_セリ-クサヨシ群集 | 20.01 | | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 | |
| 単子葉草本 | 10_チガヤ群落 | 0 | | | | | | | | | | 1 | | 1 | |
| ヤナギ高木林 | 12_カワヤナギ群落 | 20.02 | | 1 | | | | | | | 1 | | | | |
| ヤナギ高木林 | 12_コゴメヤナギ群集 | 2.96 | | 1 | | | | | | 1 | | | | 1 | |
| ヤナギ高木林 | 12_タチヤナギ群集 | 0 | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | |
| その他の低木林 | 13_クズ群落 | 0.64 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| その他の低木林 | 13_クロバナエンジュ群落 | 1.47 | | | | | | | | | | | | | |
| その他の低木林 | 13_ノイバラ群落 | 0 | | | | | | | | | | 1 | | 1 | |
| 落葉広葉樹林 | 14_オニグルミ群落 | 0.02 | | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | |
| 落葉広葉樹林 | 14_ケヤキ群落 | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 落葉広葉樹林 | 14_ムクノキ-エノキ群集 | 0 | | 1 | 1 | 1 | | | ● | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | A |
| 植林地 (竹林) | 18_竹林 | 0 | | | | | | | | | | | 1 | 1 | |
| 植林地 | 19_スギ・ヒノキ植林 | 0 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 植林地 | 20_シンジュ群落 | 0.06 | | | | | | | | | | | | 1 | |
| 植林地 | 20_その他の樹林 | 0 | | | | | | | | | | 1 | | 1 | |
| 植林地 | 20_ハリエンジュ群落 | 20.7 | | | | | | | | 1 | | | | 1 | |

OR

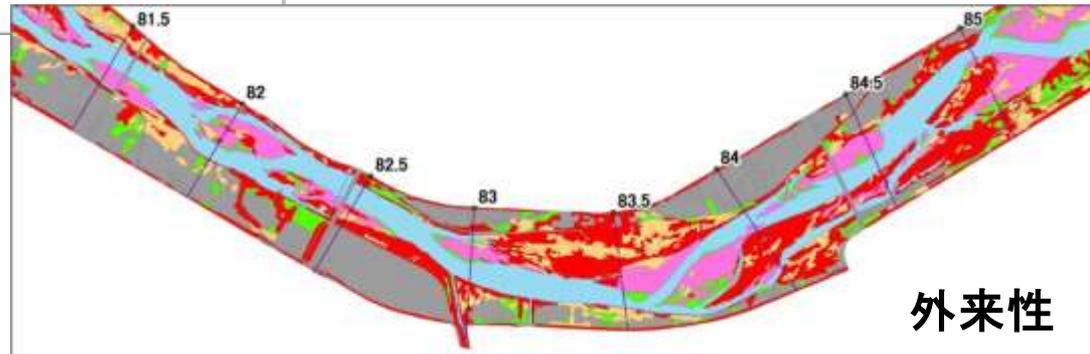
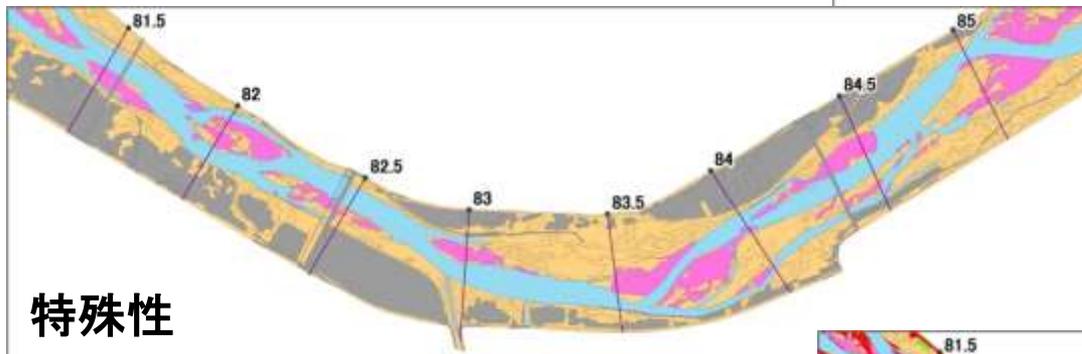
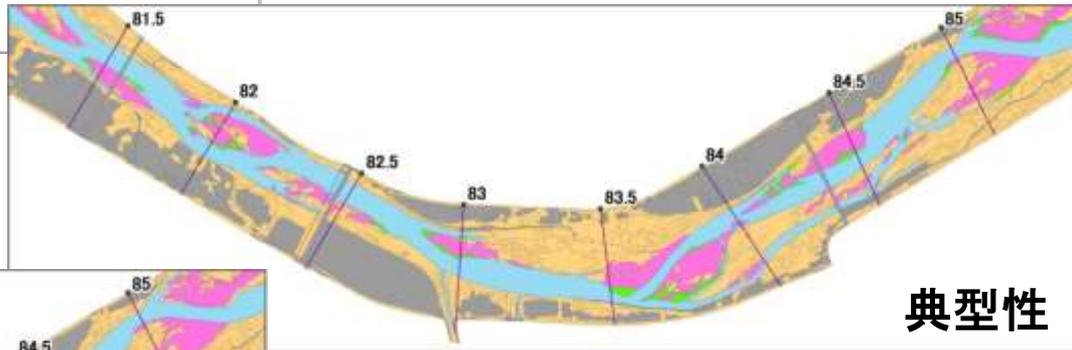
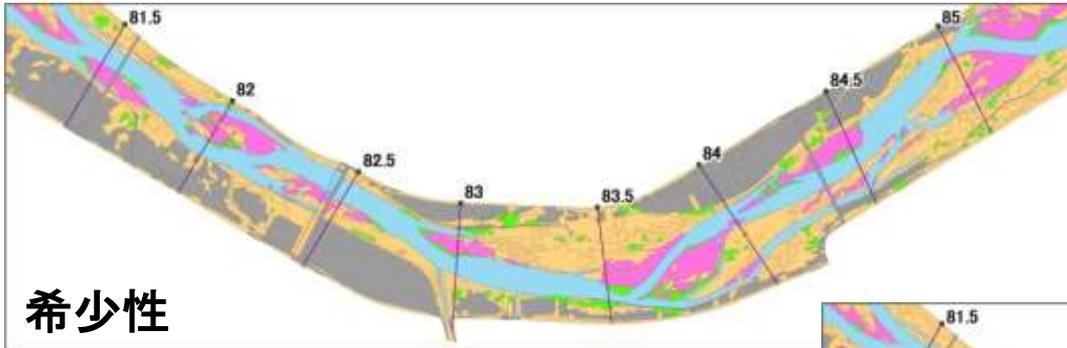
AND

OR

AND

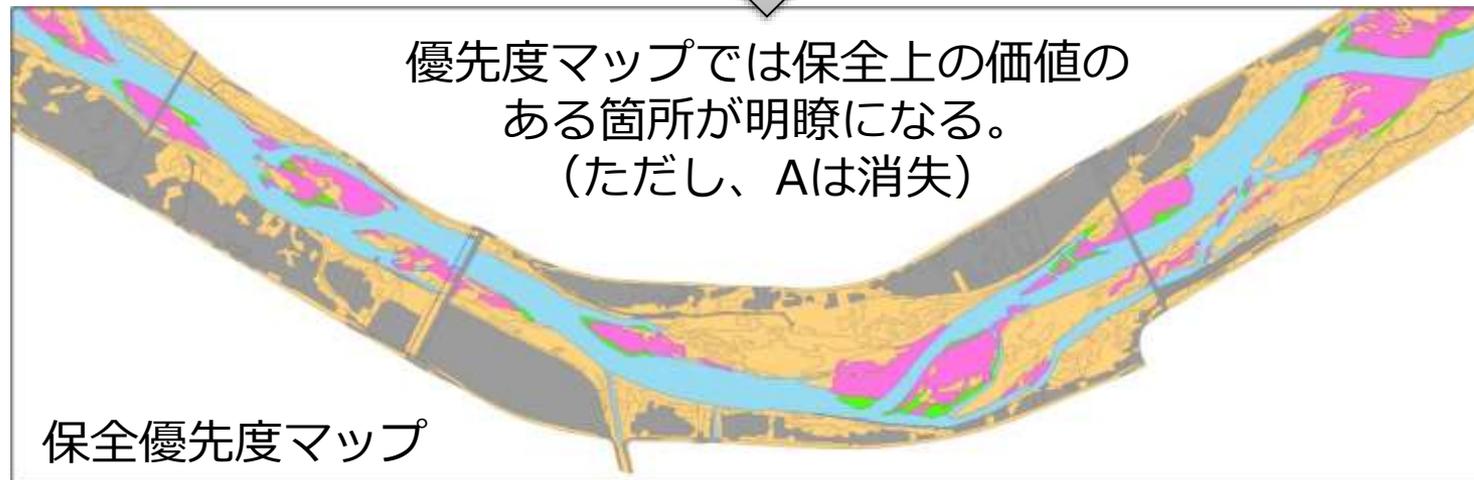
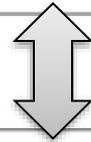
35

保全優先度群落の地図化 (H20)



- 保全優先度A
- 保全優先度B
- 自然裸地
- 水域
- 評価対象外

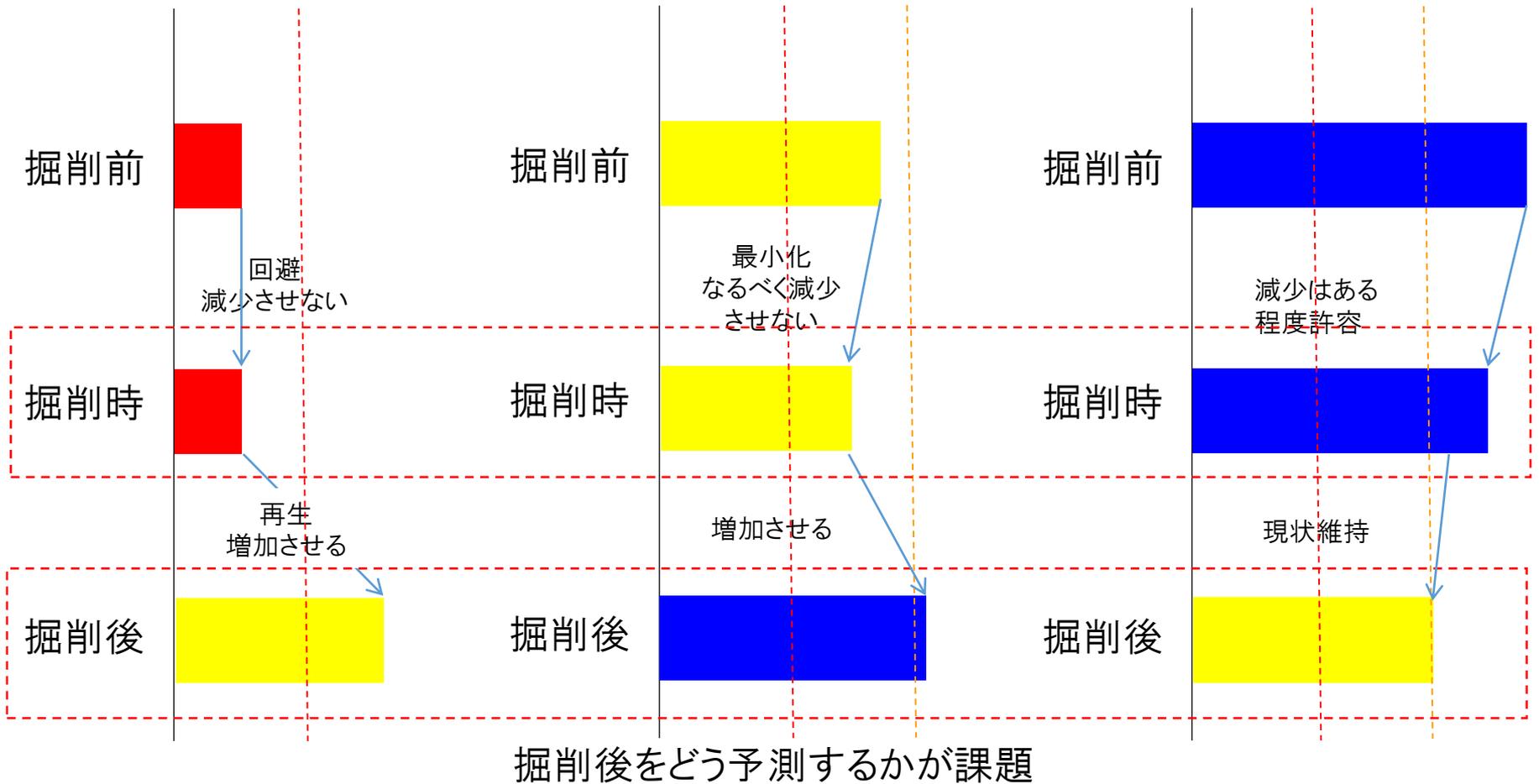
普通の植生図と保全優先度マップの比較



②河道掘削範囲と断面の設定

- 保全優先度の高い群落への影響を回避・低減を図る。
⇒河道掘削範囲の設定
- 植生動態を予測して保全優先度の高い群落の拡大を図るとともに樹林化を抑制する。
⇒河道掘削断面の設定

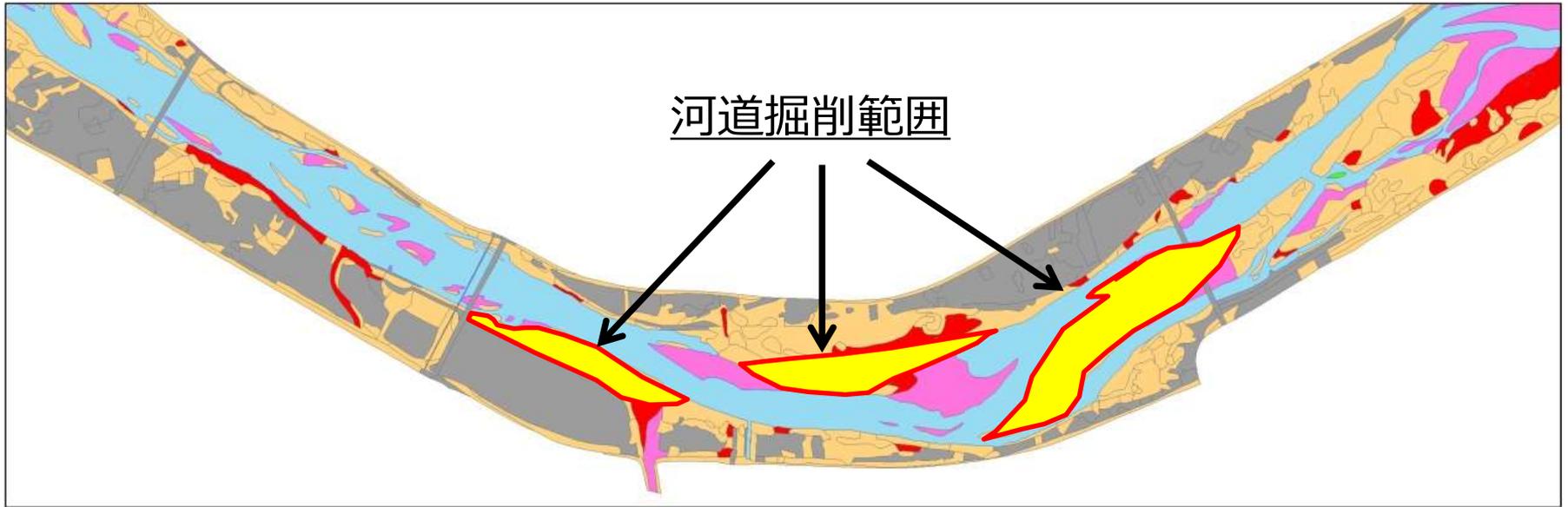
保全対象群落の設定を川づくりりに活かす —河道掘削に着目した概念図—



保全対象群落

保全対象でない群落

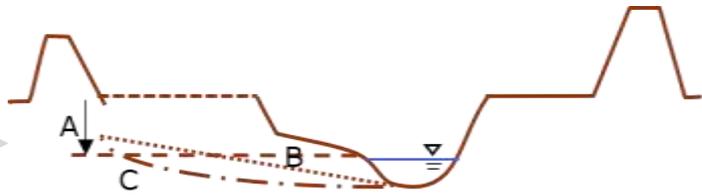
河道掘削範囲の設定



保全優先度マップに河道掘削範囲を重ね、掘削範囲を調整することにより、影響軽減を図る。
しかし、実際には困難なことも・・・

| (基準年) | (評価年) | (掘削終了時点) | (回復過程) |
|-------|-------|----------|-----------|
| 12ha | 3ha | 1.2ha | 3ha → 8ha |

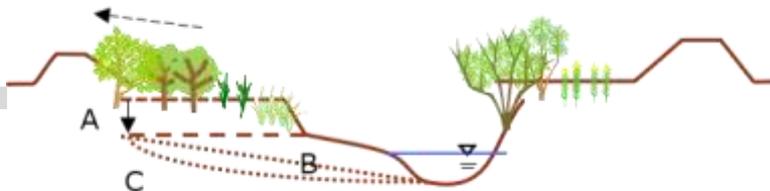
植生予測を河道掘削断面設定に活かす



例) A: 盤下げ、B: 傾斜面形成、C: 船底型
様々な掘削形状からどれを選択するのか？

治水・環境上の視点から問題がある。維持管理が困難であれば断面を変更

設定断面等を与条件として植生分布を予測



• 治水

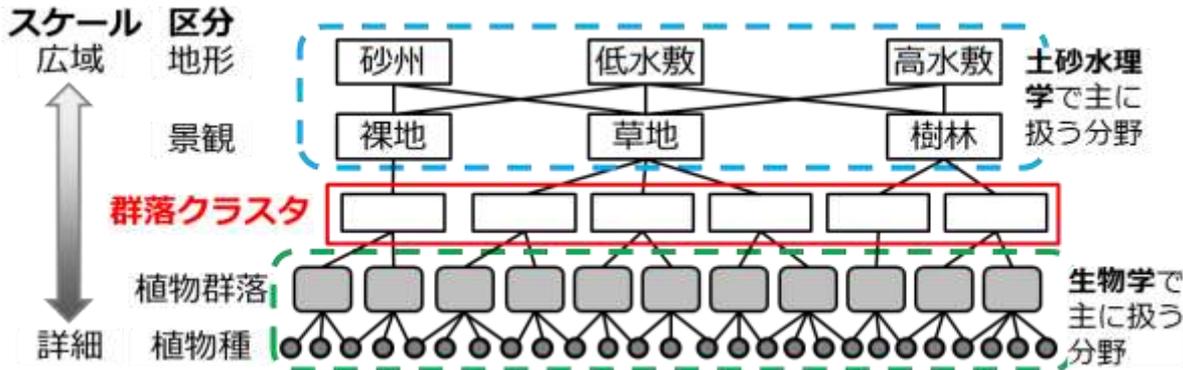
流下能力の評価だけであれば樹林（粗・密）、草本（高径・低茎）、裸地等基本的な景観レベルでの予測で十分

• 環境

多様性を評価するためには、上記のレベルでの予測では不十分。最低限でも群落レベルでの予測結果が欲しい。ただし、群落レベルでの予測は現時点では相当困難

群落クラスタの概念

植生動態予測の課題



➡ 環境面への配慮が難しい

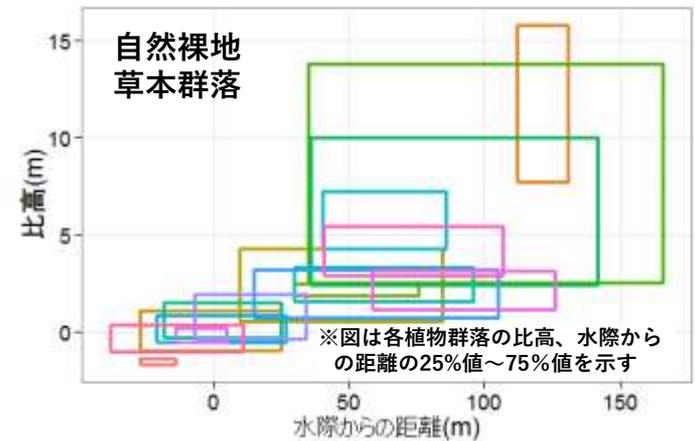
最適な空間指標は？

➡ 一般的な土砂水理学で微細な立地環境を予測することが難しい

群落クラスタとは・・・

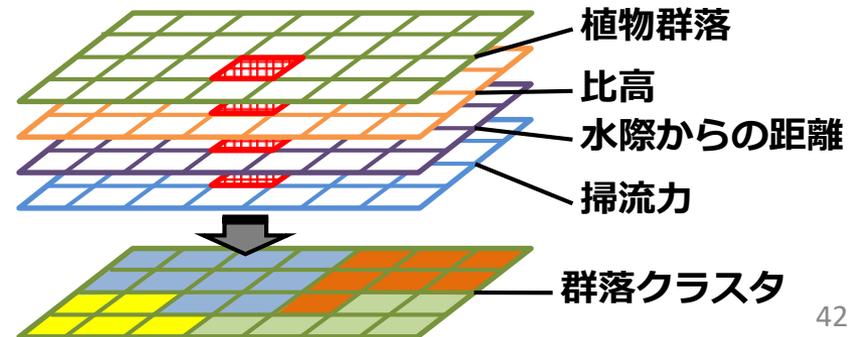
植物群落を立地する場の物理環境で類型化した空間指標

- ◆ 植物群落と景観の中間的な空間スケール
- ◆ 物理環境に関連した空間指標



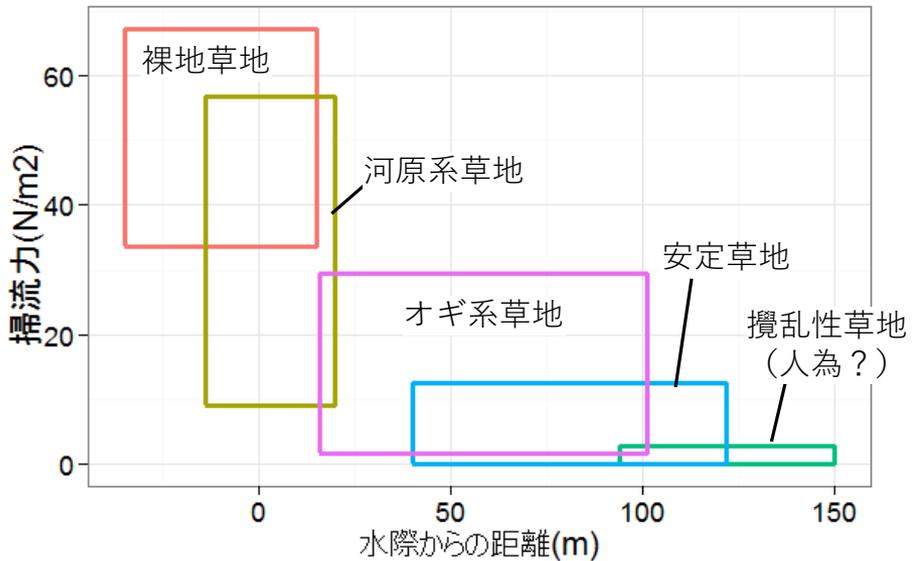
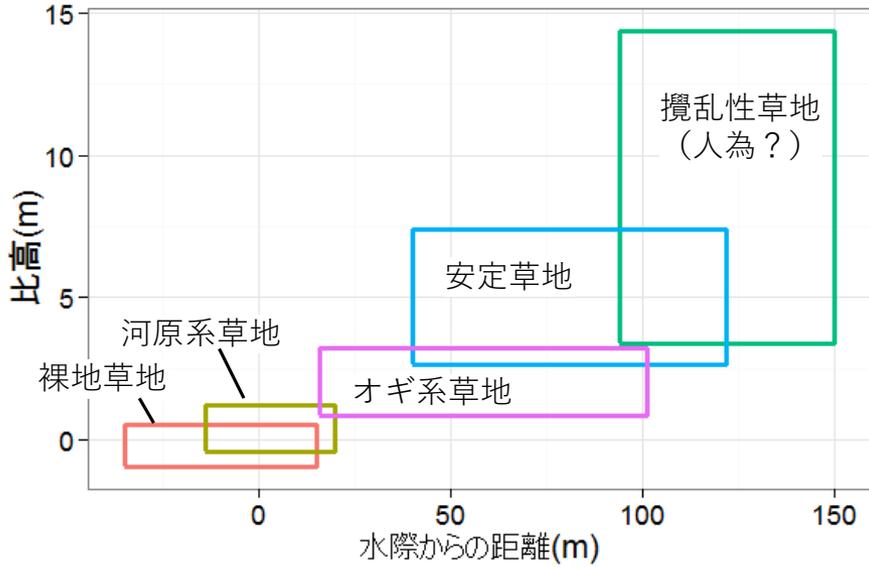
群落クラスタの作成方法

- 5m×5mの解析グリッドを作成
- 同一解析グリッドの植物群落と物理環境を抽出
- 植物群落ごとに物理環境の四分位(25・50・75%値)を集計
- 標準化した四分位を用いてクラスタ分析(Ward法)

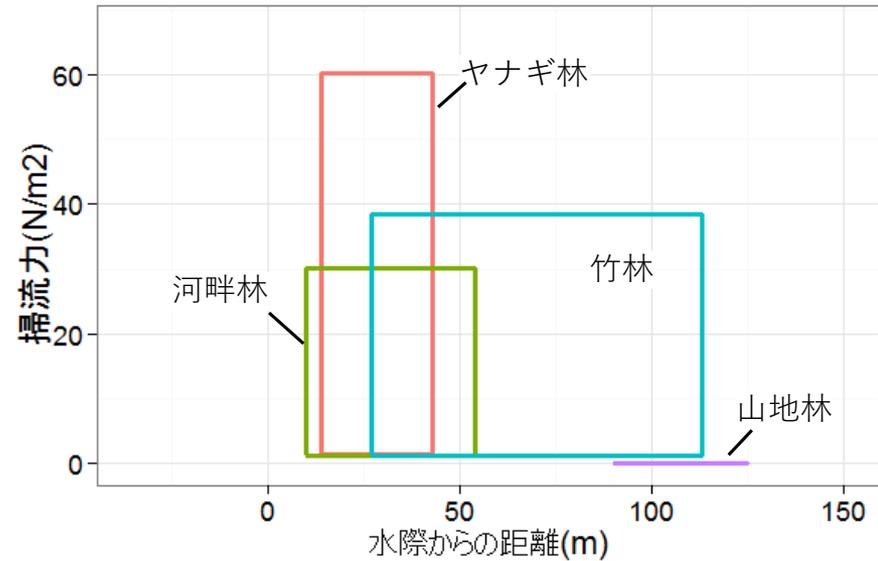
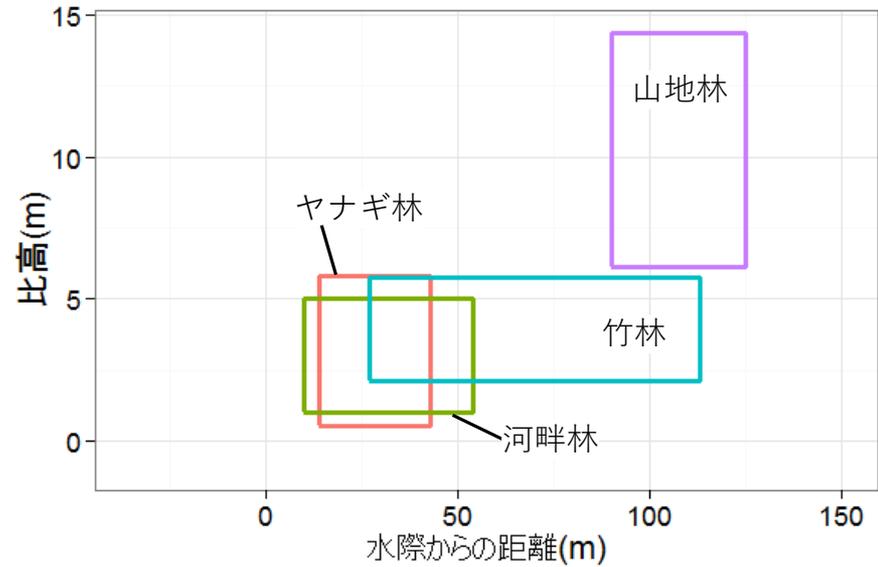


群落クラスタの分布範囲

■ 草本群落



■ 木本群落

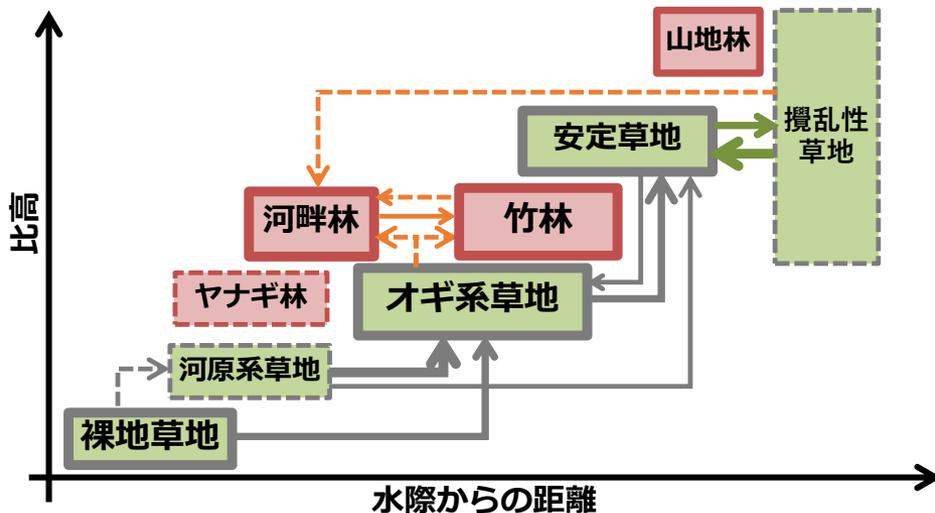


※図は各群落クラスタの比高、水際からの距離、掃流力の25%値～75%値を示す

群落クラストの変化パターン

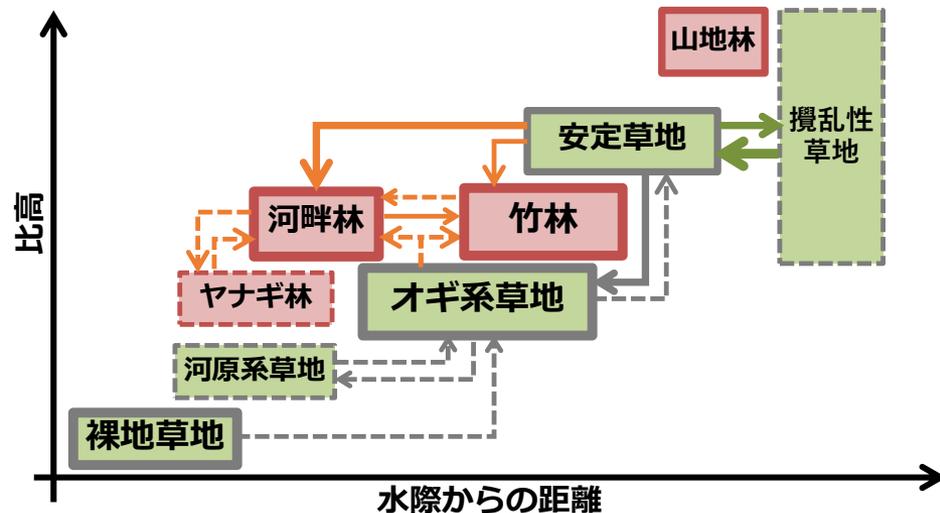
■H14年⇒H19年

裸地⇒草地, 草地⇒草地・樹林, 樹林⇒樹林

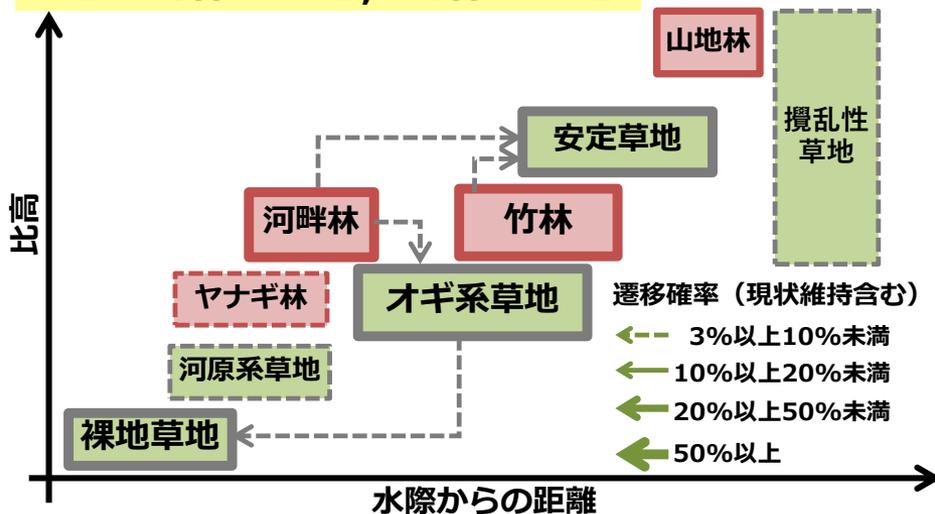


■H19年⇒H24年

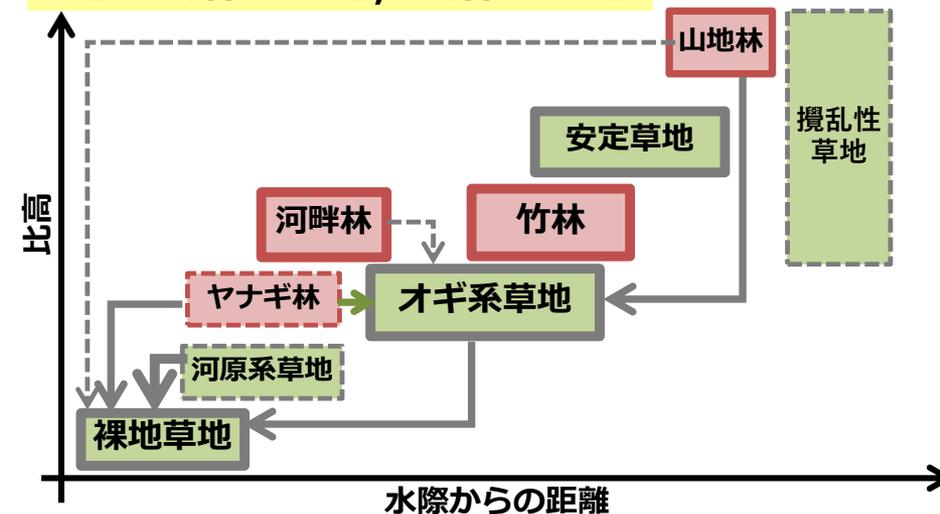
裸地⇒草地, 草地⇒草地・樹林, 樹林⇒樹林



草地・樹林⇒裸地, 樹林⇒草地



草地・樹林⇒裸地, 樹林⇒草地

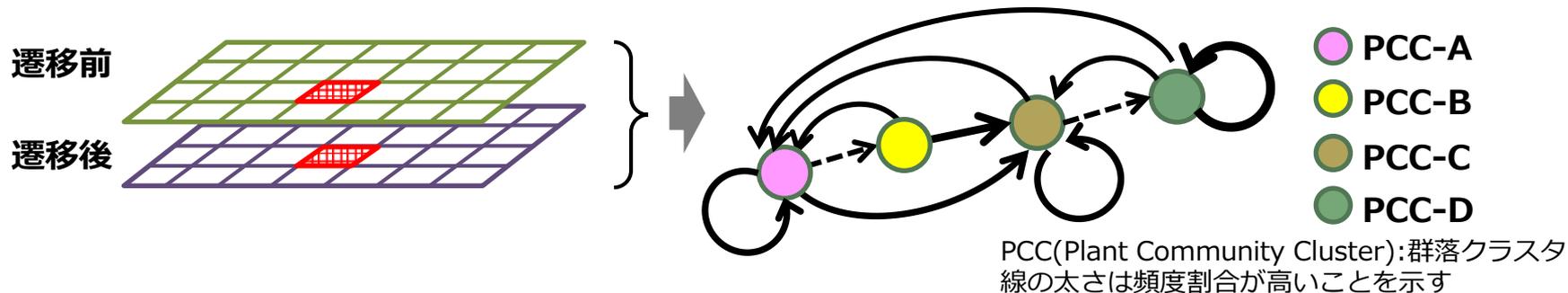


← 裸地・草地に至る系列 ← 樹林に至る系列

植生動態モデルの作成 1

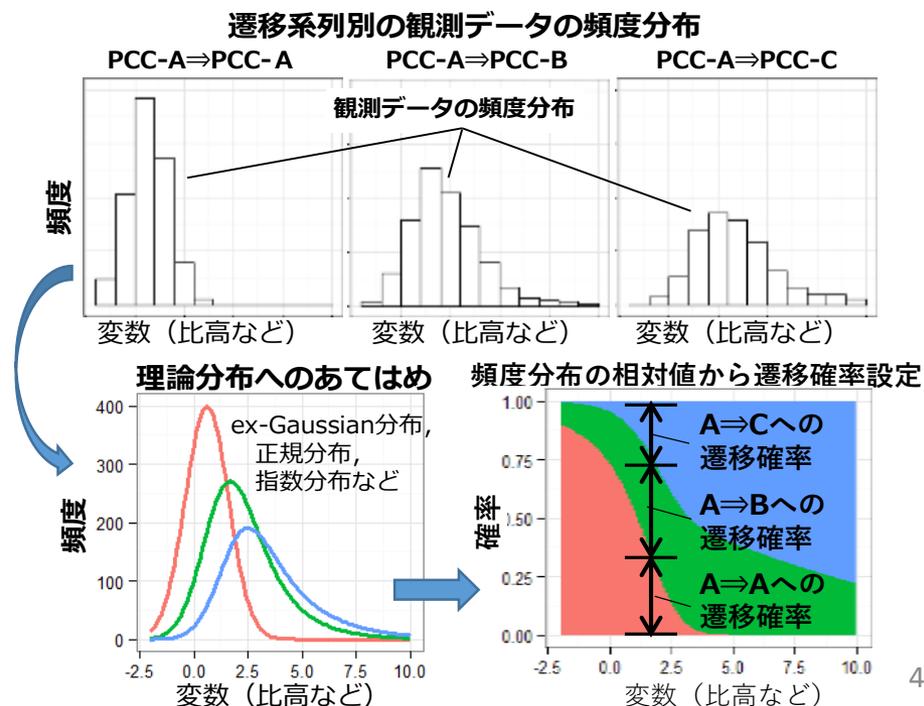
■ 遷移過程の設定

- 2時期の群落クラスタを重ね合わせ、同一解析グリッドの変化パターンを抽出
- 遷移系列別の頻度を集計し、3%未満など微細な遷移系列を削除



■ 遷移確率の算出

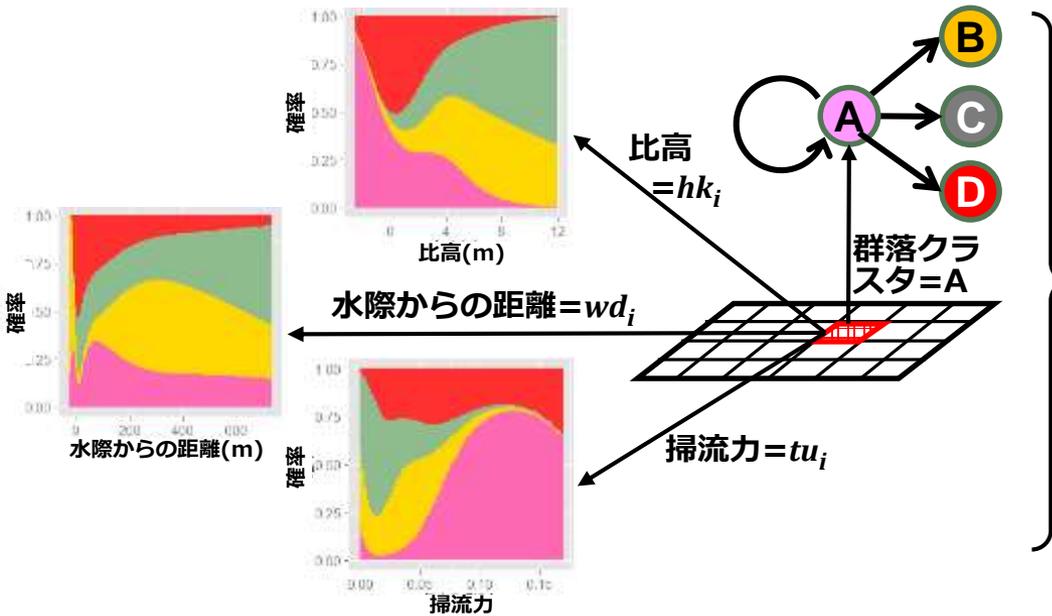
- 遷移系列別に、観測データの頻度分布を集計 (x軸: 比高, 水際からの距離, 掃流力)
- 観測データの頻度分布を理論分布 (確率密度関数) へあてはめ
- 頻度分布の相対値から遷移系列別の遷移確率を設定
- 全群落クラスタからの遷移系列を対象に上記の遷移確率を計算



植生動態モデルの作成 2

■ 植生変化の基本的な仕組み

- 計算ステップは5年、5m×5mの解析グリッドごとに予測計算
- グリッド*i*の群落クラスタ ⇒ 複数の遷移系列を設定
- グリッド*i*の物理環境（比高，水際からの距離，掃流力） ⇒ 遷移系列ごとの遷移確率を設定



| 遷移系列 | 遷移確率 | | |
|-------|----------------|----------------|----------------|
| | 比高 | 水際からの距離 | 掃流力 |
| A ⇒ A | $P_A Hk(hk_i)$ | $P_A Wd(wd_i)$ | $P_A Tu(tu_i)$ |
| A ⇒ B | $P_B Hk(hk_i)$ | $P_B Wd(wd_i)$ | $P_B Tu(tu_i)$ |
| A ⇒ C | $P_C Hk(hk_i)$ | $P_C Wd(wd_i)$ | $P_C Tu(tu_i)$ |
| A ⇒ D | $P_D Hk(hk_i)$ | $P_D Wd(wd_i)$ | $P_D Tu(tu_i)$ |

【従来モデル】

$$P_{Ai} = (P_A Hk(hk_i) + P_A Wd(wd_i) + P_A Tu(tu_i)) / 3$$

⋮

$$P_{Di} = (P_D Hk(hk_i) + P_D Wd(wd_i) + P_D Tu(tu_i)) / 3$$

→ P_{Ai} , P_{Bi} , P_{Ci} , P_{Di} のうち最も確率P
 が大きい遷移系列に植生変化

従来モデルによる再現結果と課題

■従来モデルによる再現結果（裸地草地からの変化を抽出）

変化割合

平面図

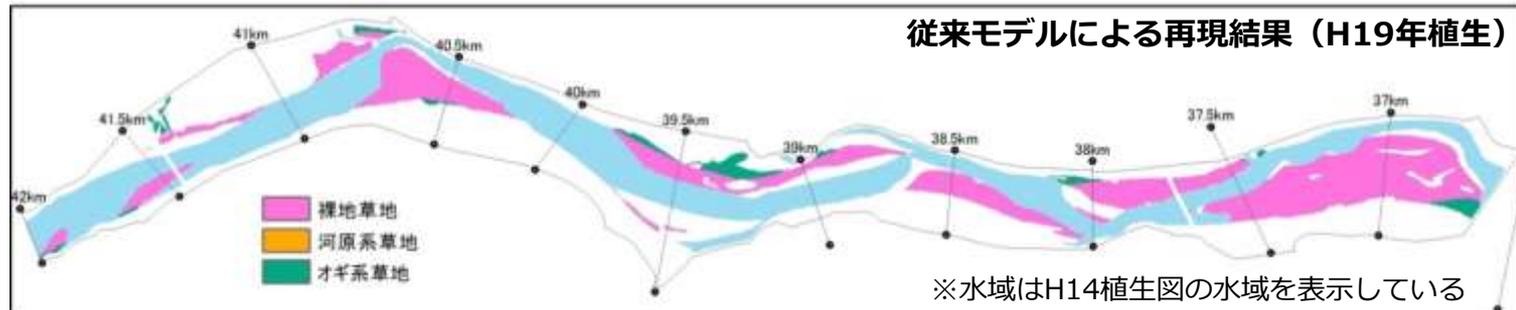
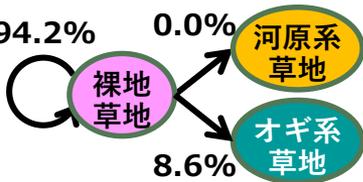
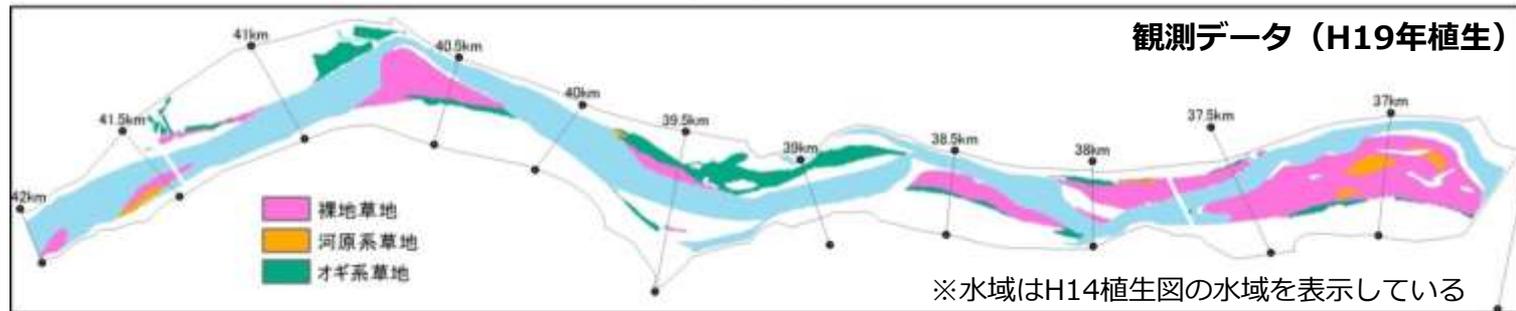
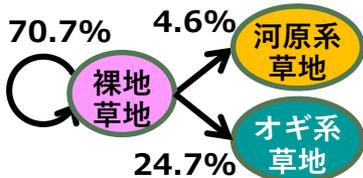


図 H14年に裸地だった箇所のH19年植生（上：観測データ，下：従来モデルによる再現結果）

※全体適合率 = 観測データと一致したグリッド数 / 全グリッド数

■従来モデルによる課題

- 優占する植生が過大評価されやすい
- 小面積の植生が判別されない

判別関数の改良

$$P_{Ai} = (P_A Hk(hk_i) + P_A Wd(wd_i) + P_A Tu(tu_i)) / 3$$

$$\vdots$$

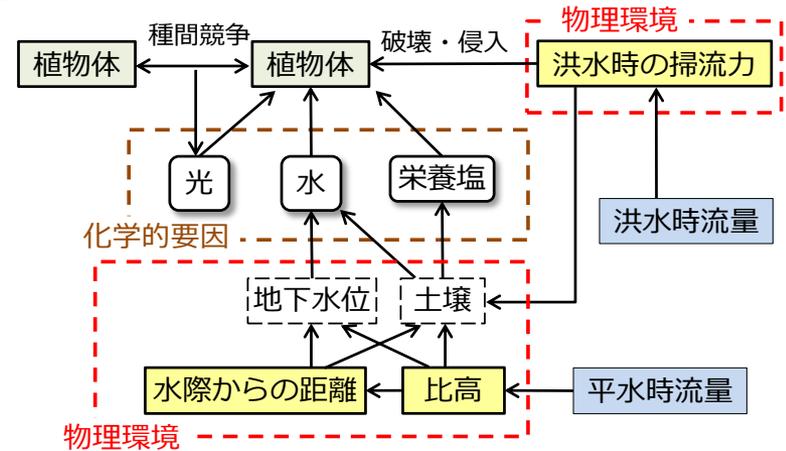
判別関数の改良方針

- ①比高・水際からの距離による遷移確率(**PHk**・**PWd**) と、②掃流力による遷移確率(**PTu**)を**区別して取り扱う**

➡ ①**PHW** : 平常時 (地下水位・土壌) の指標

$$PHW = (PHk + PWd) / 2$$

②**PTu** : 洪水攪乱の指標



- **適用範囲**を設定し、**複数の判別関数を階層的**に適用する
(大面積の植生を区分 ➡ 小面積の植生を区分)

➡ ①攪乱に大きく寄与する**PTu**を用いた判別関数で**裸地草地とオギ系草地を区分**

②**PTu/PHW**を用いた判別関数で**河原系草地を抽出**

$$\frac{PTu}{PHW}$$

洪水規模に応じて**変動**
(攪乱から求まる遷移確率)

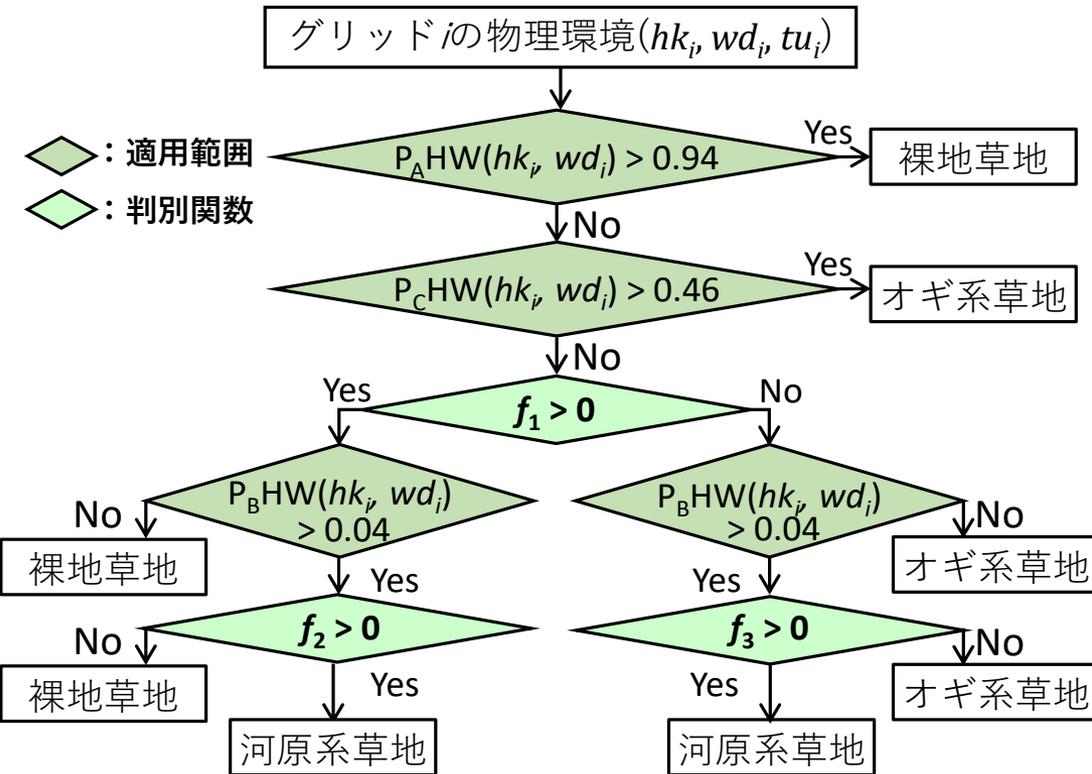
洪水規模に応じず**一定**
(平常時の地形条件から求まる遷移確率)

PTuをPHWで**基準化**

改良モデルの植生変化ルール

■適用範囲と判別関数

- 第1段階：PHWで適用範囲を設定 → PTuで裸地草地とオギ系草地を区分
- 第2段階：PHWで適用範囲を設定 → PTu/PHWで裸地草地・オギ系草地から河原系草地を抽出



PHk：比高による遷移確率，PWd：水際からの距離による遷移確率，
 PTu：掃流力による遷移確率，PHW=(PHk+PWd) / 2
 A：裸地草地，B：河原系草地，C：オギ系草地

図 判別フロー

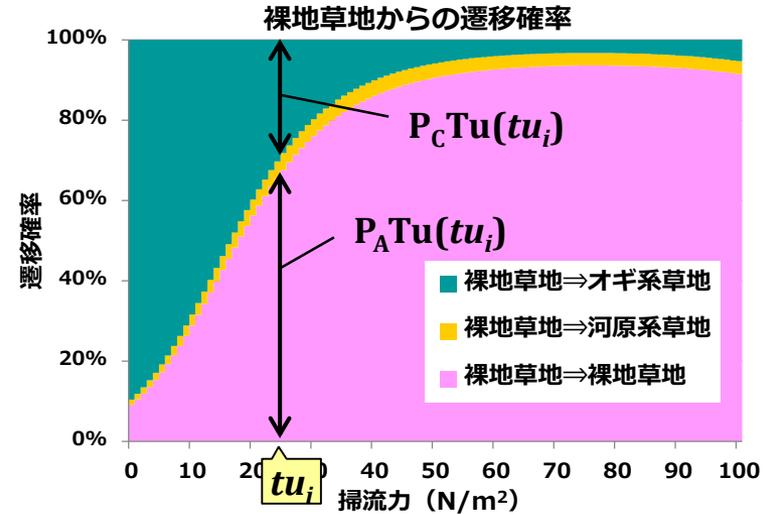


図 遷移確率の読み取り例

判別関数

$$f_1 = P_A Tu(tu_i) - P_C Tu(tu_i)$$

$$f_2 = \frac{P_B Tu(tu_i)}{P_B HW(hk_i, wd_i)} - \frac{P_A Tu(tu_i)}{P_A HW(hk_i, wd_i)}$$

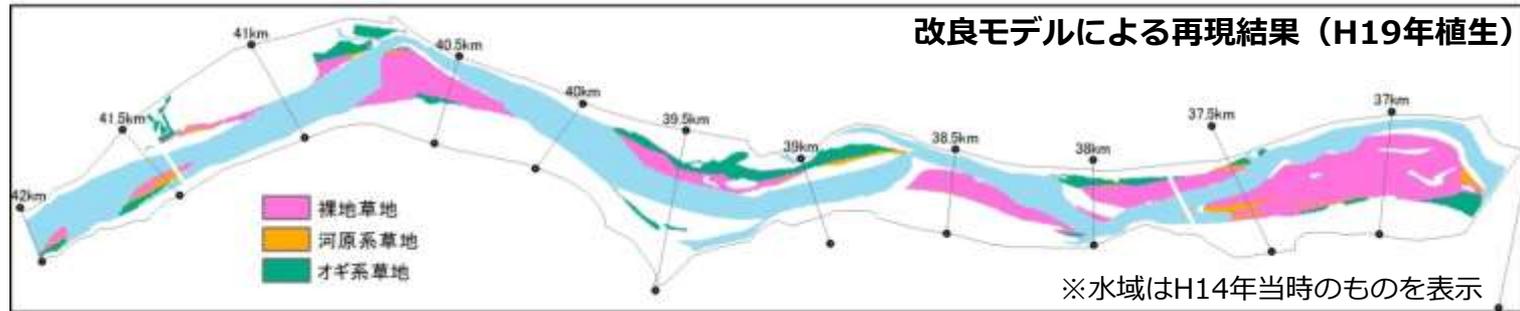
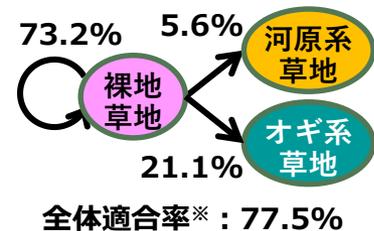
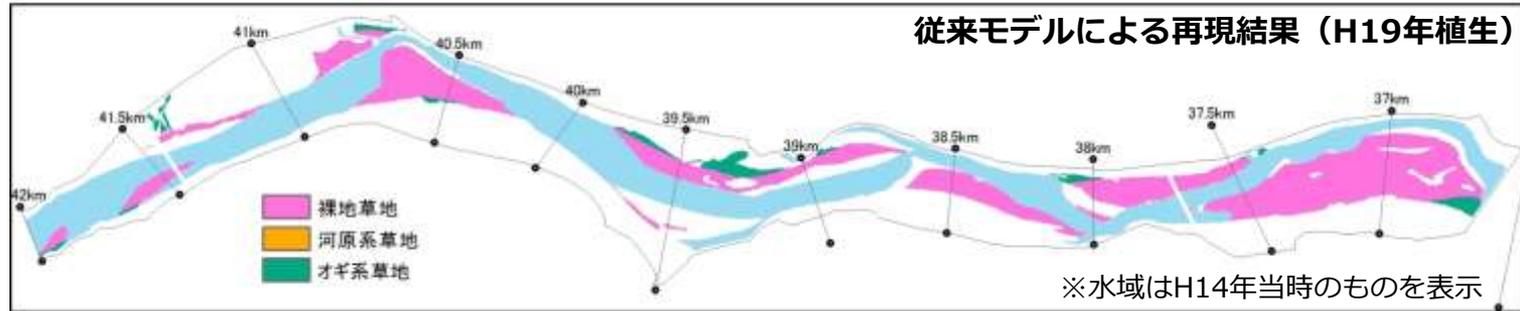
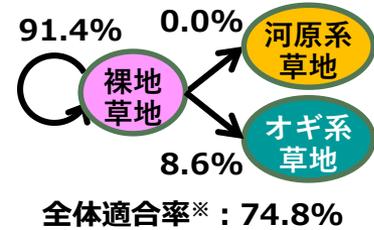
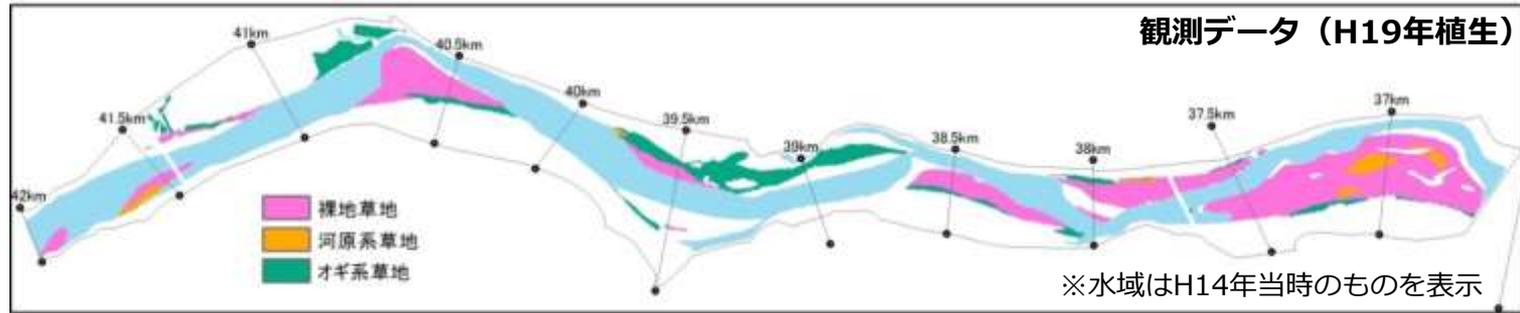
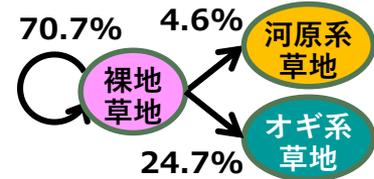
$$f_3 = \frac{P_B Tu(tu_i)}{P_B HW(hk_i, wd_i)} - \frac{P_C Tu(tu_i)}{P_C HW(hk_i, wd_i)}$$

改良モデルによる再現結果 (H14⇒H19)

■H14年に裸地だった箇所のH19年植生

変化割合

平面図

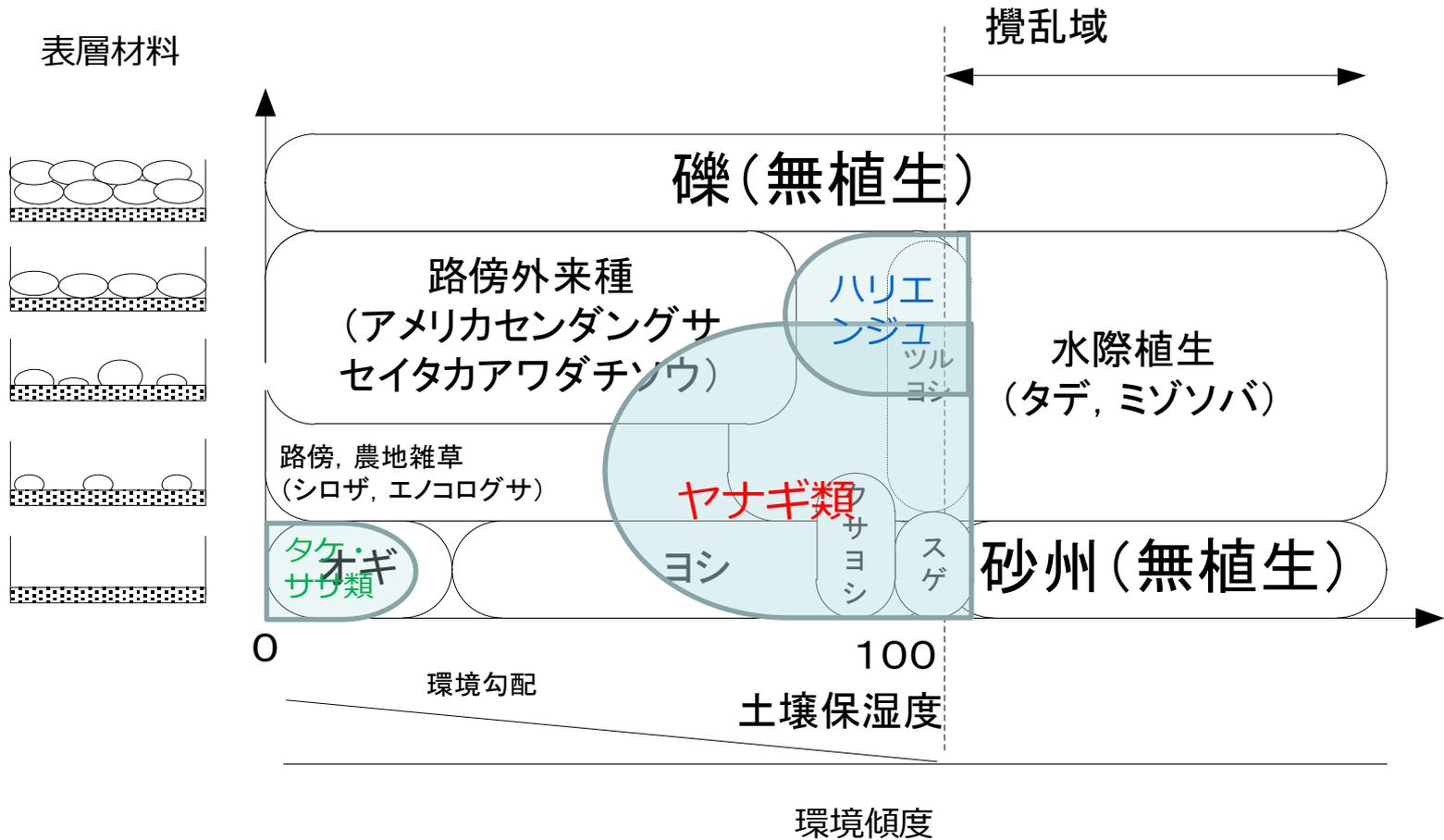


※全体適合率 = 観測データと一致したグリッド数 / 全グリッド数

群落クラスターに基づく予測 と河道掘削断面設定の課題

- 群落の変化パターンに河道掘削後の裸地面からの変化が含まれない場合には、河道掘削後の裸地面からの植生予測精度が低下する可能性がある。
- 樹林化を引き起こす代表的 3 樹種（ヤナギ類、ハリエンジュ、タケ）の中で河道掘削後に繁茂する可能性が高いヤナギ類は幅広い環境下で生育する。このため、例えば、掘削後の裸地面にヨシ群落になるか、ヤナギ群落になるかの予測が難しい。

ヤナギ林は河道掘削後の裸地面に侵入しやすい

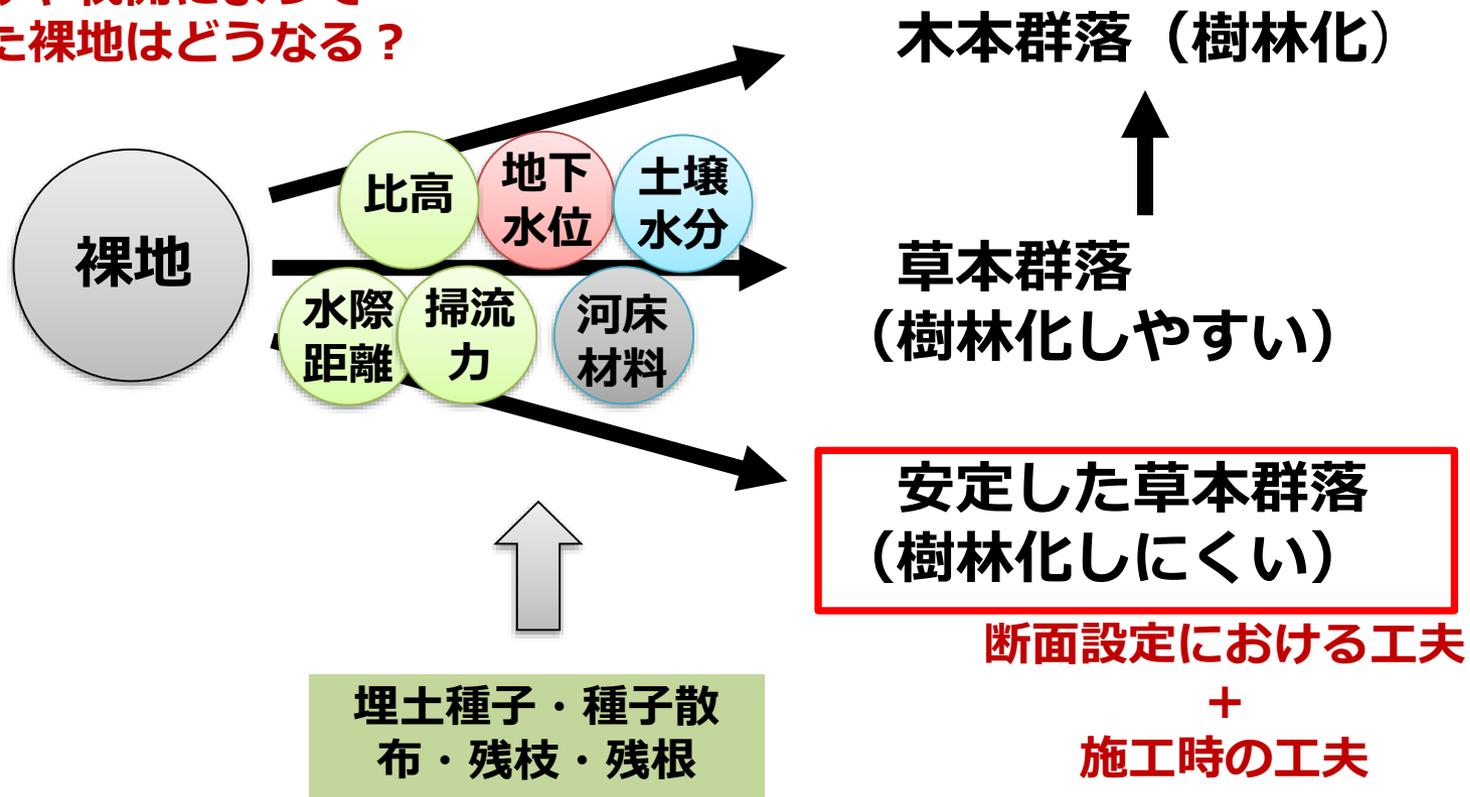


③施工段階での工夫

表土を撒き出し安定した“草本群落”で被覆し、樹林化を抑制する。

施工段階での工夫の考え方

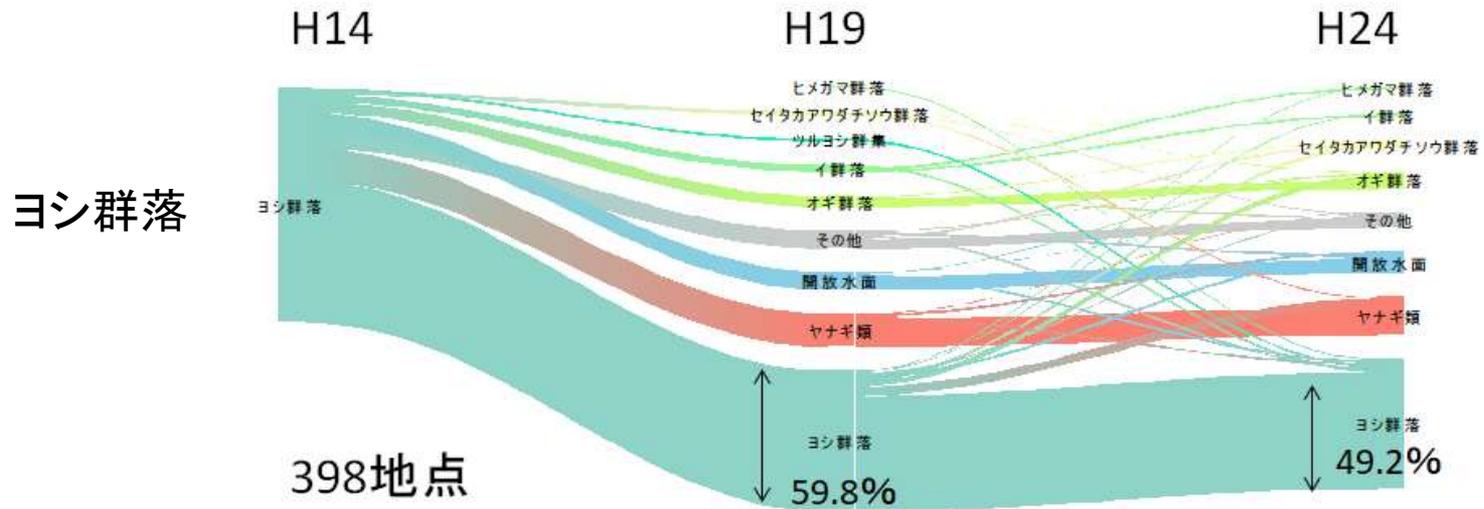
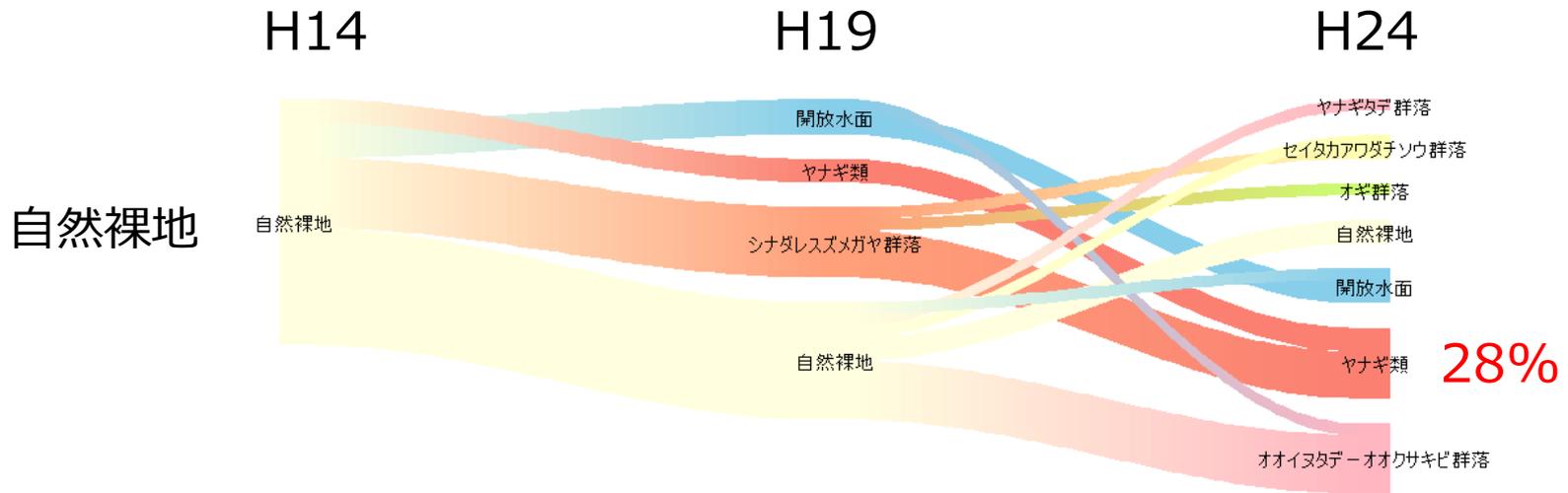
切下げや伐開によって
生じた裸地はどうか？



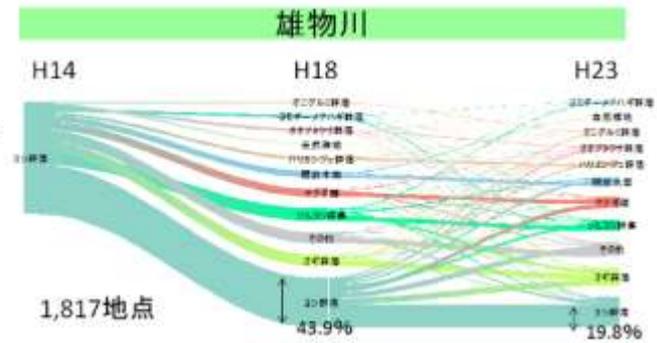
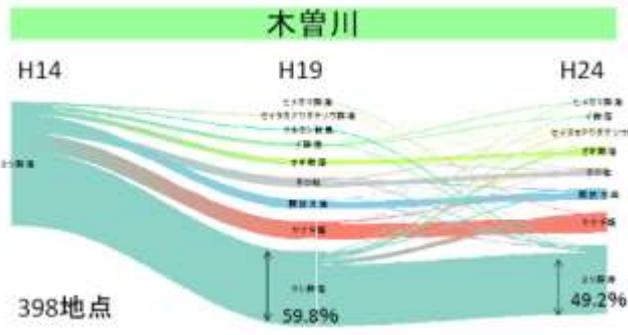
ヤナギ：河川内で見られる先駆樹種（陽樹）



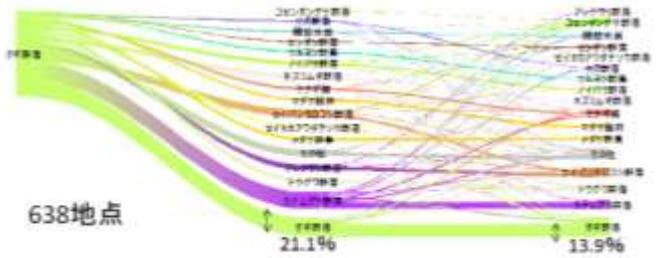
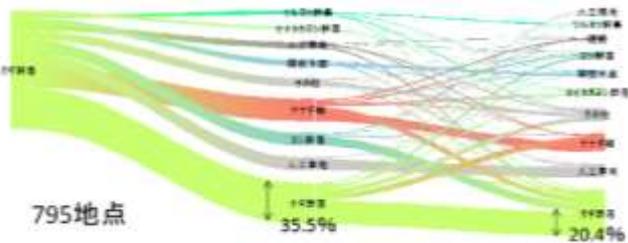
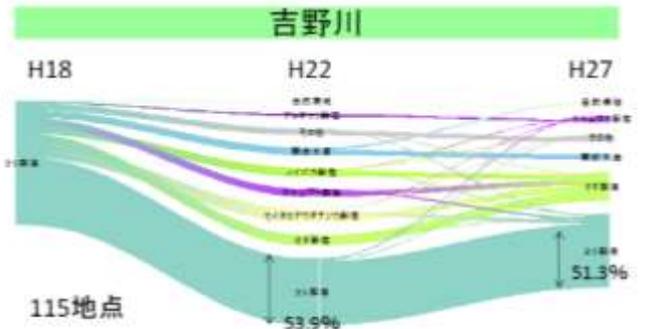
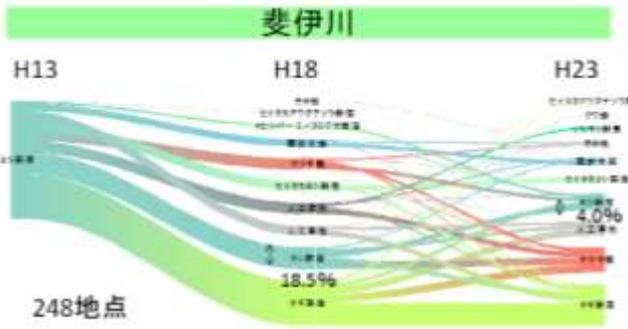
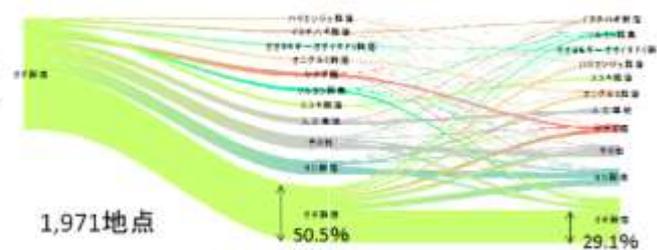
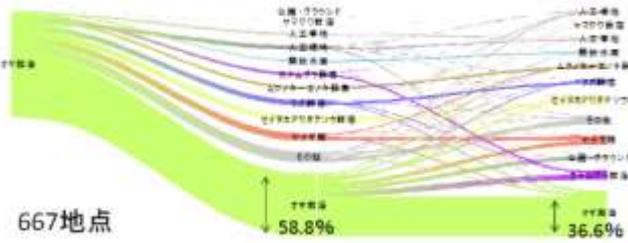
自然裸地とヨシ群落での植生変化パターンの比較



ヨシ群落



オギ群落

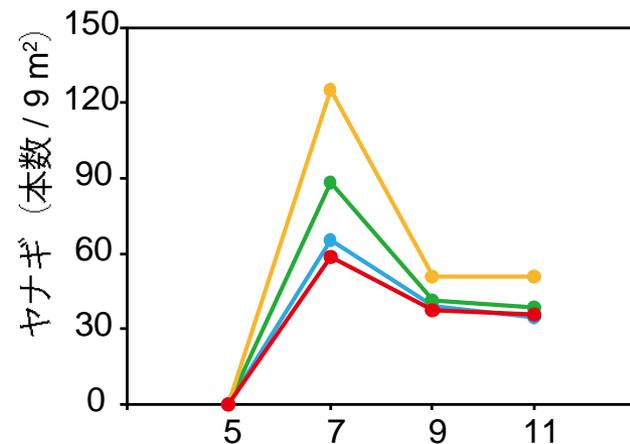
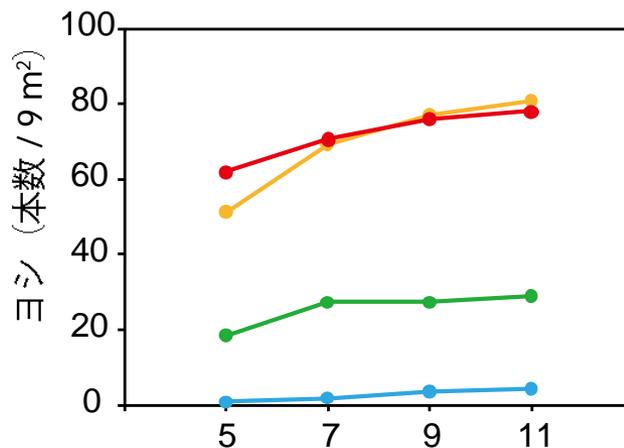


ヨシの存在は樹林化を抑制できるかを実験的に検証

実験河川にて地盤高を変えた区間（36m）に、それぞれ3×3mの区画を定め、0, 3, 6, 9本/m²と密度の異なるオギ・ヨシの地下茎を含む土壌を撒き、各区画にヤナギの種子（約900個）を散布



- 地盤高が高い方の区画では、土壌が乾燥しておりヤナギの生育がほとんど確認されなかった
→ 土壌水分：約26.8%（高）、約7.4%（低）



● 9本/m² ● 6本/m² ● 3本/m² ● 0本/m²

- 地盤高が低い方の区画では、ヤナギが確認され必ずしもヨシの密度が高い区画で、ヤナギの定着が抑制されているわけではなかった

まとめ

- ① 保全上重要なエリア（群落）を地図化し、現況の環境の良し悪しを評価する。
- ② 保全優先度マップの上に河道掘削範囲を重ね、保全すべきエリアに対する影響の軽減を図る。
- ③ 植生動態モデルに基づき設定断面下における植生予測を行い、環境の面からも（治水は当然）最適な断面を探索する。
- ④ 上記プロセスにより断面設定を行った上で、掘削裸地面がヤナギ林となる可能性が高い場合には、裸地面が“早期”にヨシ群落等の安定した草本群落になるよう「表土の撒きだし」等を行う。
- ⑤ 維持管理段階において植生動態・土砂堆積を注意深く監視し、管理基準を超えそうな場合には早期に対応する。