

第11回「川の自然再生」セミナー 10月17日(木)
月島社会教育会館

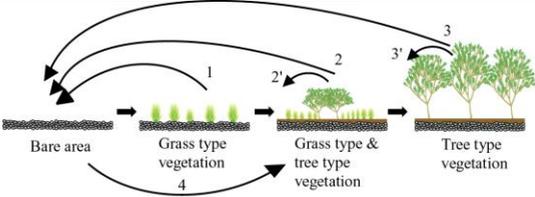
河道内植生の洪水時破壊指標を用いた 植生面積多様度の評価




埼玉大学大学院理工学研究科 教授 田中 規夫

Saitama University

今回の発表の研究背景



河川空間における洪水攪乱を考慮した
植生の遷移パターン

・河道の複断面化
・洪水攪乱の減少
↓
河道内の樹林化
侵略的外来種の侵入

生物多様度の低下

近年、非攪乱場と攪乱場の二極化により、冠水頻度の低下し安定した樹林化が形成されるとされている

治水・環境面から見た理想的な断面形

→洪水攪乱などの流れによる特性と砂礫州における生物多様度の関係を把握することが重要

中規模攪乱仮説 (Connell, 1978)

中規模攪乱仮説 (Connell, 1978)

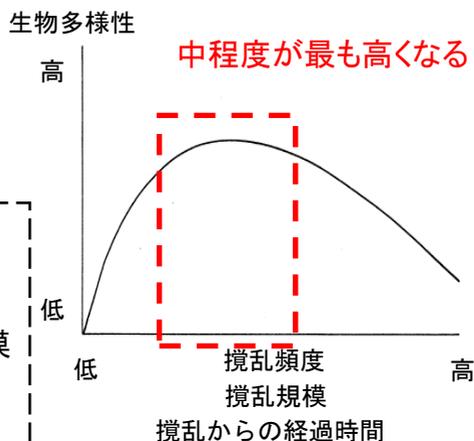
生物群落における攪乱と生物多様性の関係を示した仮説.

中規模程度の攪乱が起こると、生物多様性が高くなる

その要因として

- 1) 攪乱頻度
- 2) 攪乱規模
- 3) 攪乱からの経過時間

※この仮説は、珊瑚礁と熱帯雨林での研究に基づいて、提唱された仮説である
 ※河川生態系に関して「中規模攪乱」は定量的に定義付けられていない



研究目的

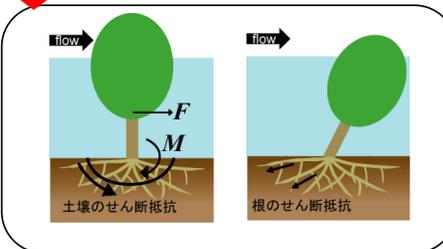
高水敷の切り下げ・砂礫州の掘削等の対策が行なわれているが、その効果・影響を治水面のみならず環境面でも適切に把握することが必要である。本研究は、

- 1) 生物多様度と相関の高い洪水攪乱指標を導出し、
- 2) 河川において必要な攪乱規模に関する知見を得ることで、
- 3) 河道断面の「環境面からの設計」※に関する考え方を提供することを目的とする。

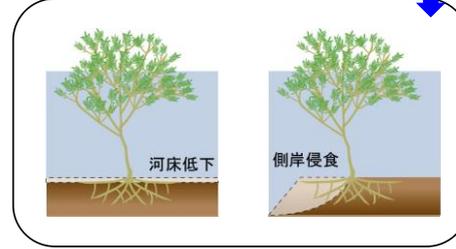
※治水面に加えての意味であり、これのみで決まるものではない

既往研究 (1) 河道内樹林の破壊と植生動態を評価する手法

河道内樹林地の動態特性を評価するには、樹木の破壊・流失を**モーメント**と**せん断力**の両方で評価したほうがよい



主に、流失が評価されている



繁茂状況の違いが考慮されていない

樹木の生長段階に応じた、破壊形態と破壊限界把握の必要性

繁茂状況(生育基盤・繁茂場所)を考慮した流失限界把握の必要性

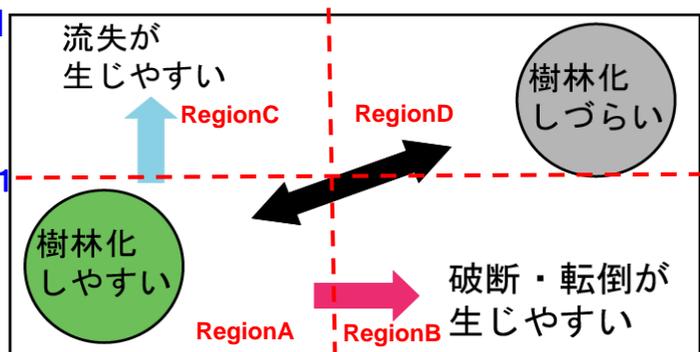
破断・倒伏した樹木は容易に再成長し、密度の高い樹林帯を形成する場合があるので、両方のメカニズムを考慮した樹林地分類が必要

田中規夫, 八木澤順治, 福岡捷二, 樹木の洪水破壊指標と流失指標を考慮した砂礫州上樹林地の動態評価手法の提案, 土木学会論文集B, Vol. 66, No. 4, 359-370, 2010.

既往研究(2) モーメント指標BOI、せん断力樹指標WOIを用いた樹林化評価手法

WOI

せん断力に関する指標
(流失を評価)



モーメントに関する指標 BOI
(破断・転倒を評価)

河川領域を洪水確率規模毎に4分類して、樹林帯の意味を区分しておくことで、樹木管理の意味もより明確になる

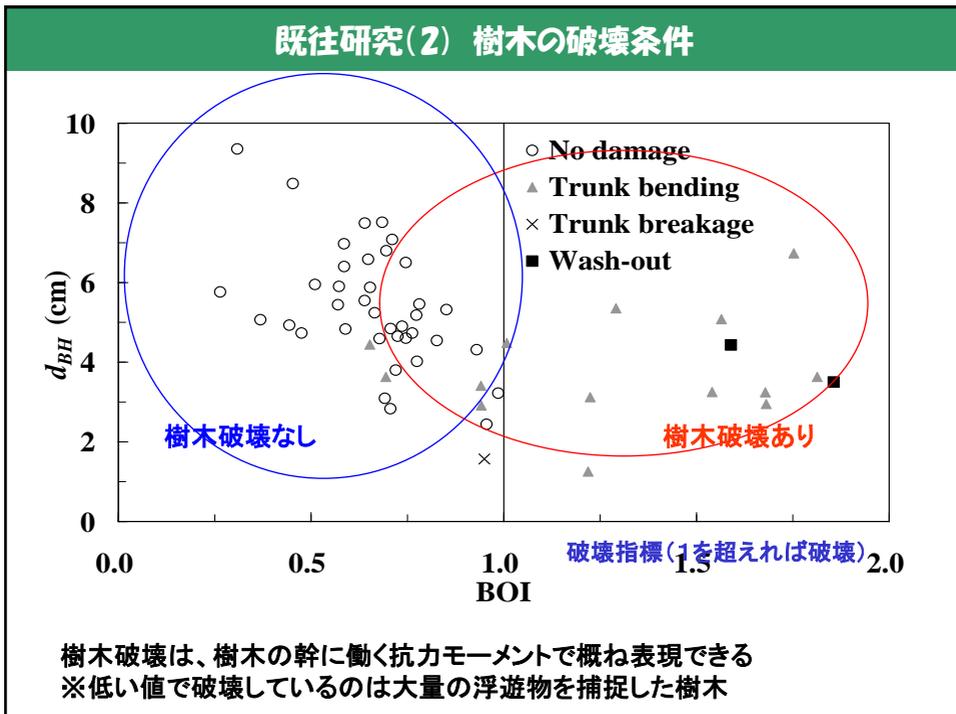
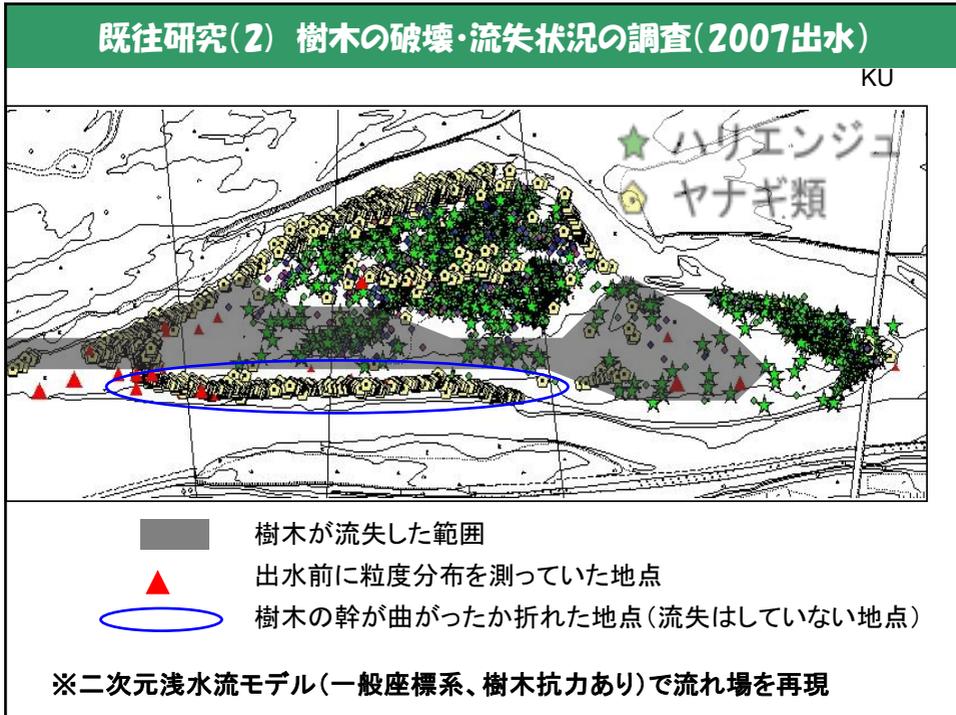
田中規夫, 八木澤順治, 福岡捷二, 樹木の洪水破壊指標と流失指標を考慮した砂礫州上樹林地の動態評価手法の提案, 土木学会論文集B, Vol. 66, No. 4, 359-370, 2010.

既往研究(2) モーメント指標BOI、せん断力樹指標WOIを用いた
樹林化評価手法

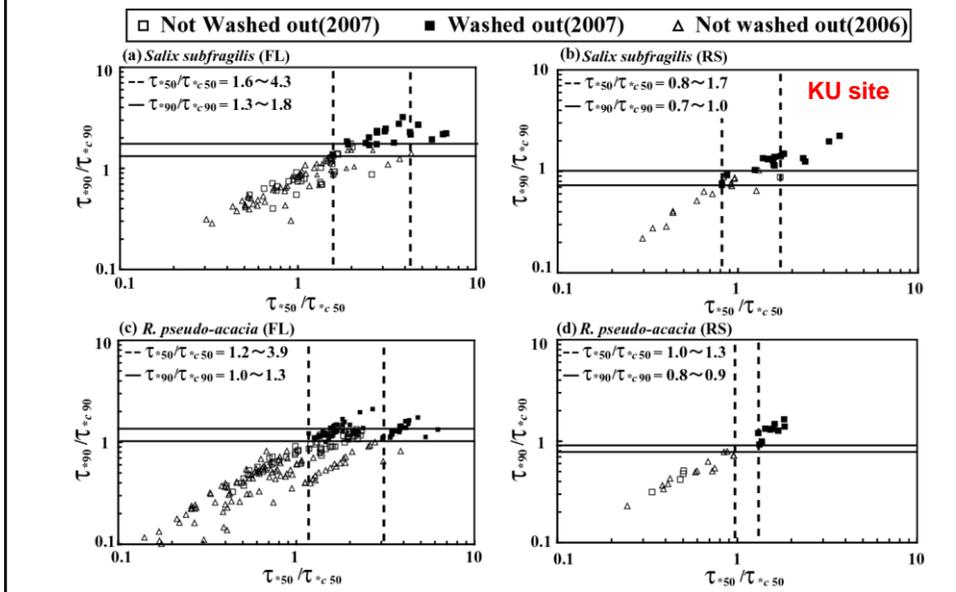


既往研究(2) モーメント指標BOI、せん断力樹指標WOIを用いた
樹林化評価手法





既往研究(2) 樹木(ハリエンジュ、ヤナギ)の流失はせん断力をもとにした指標で整理可能(河岸RSの方が河岸以外FLより、限界値が低い)



既往研究(2) 植生動態

2007年の出水直後



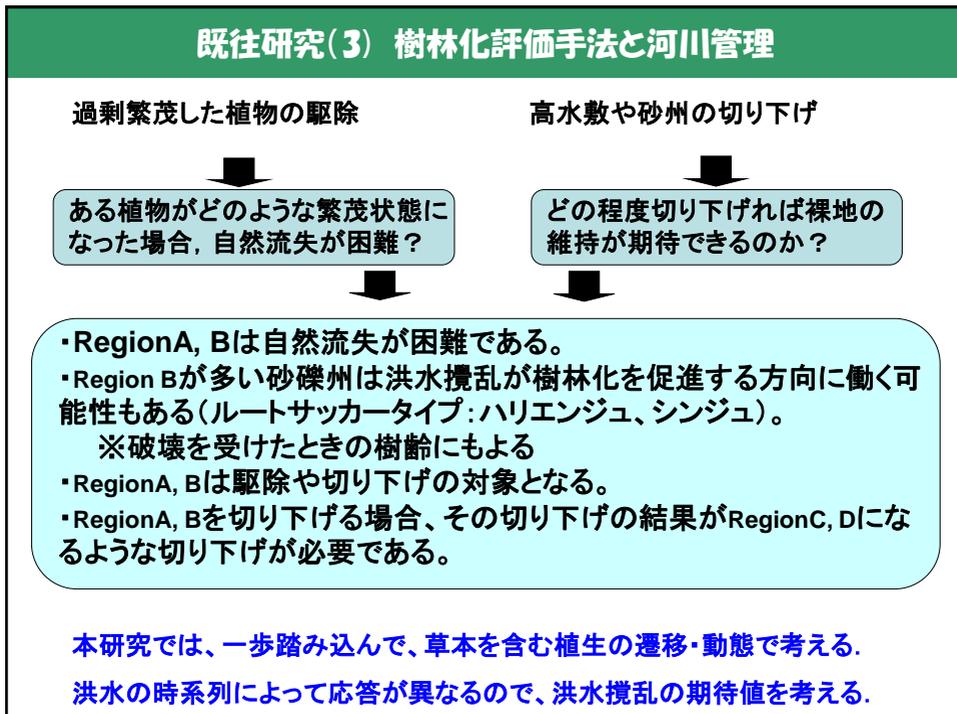
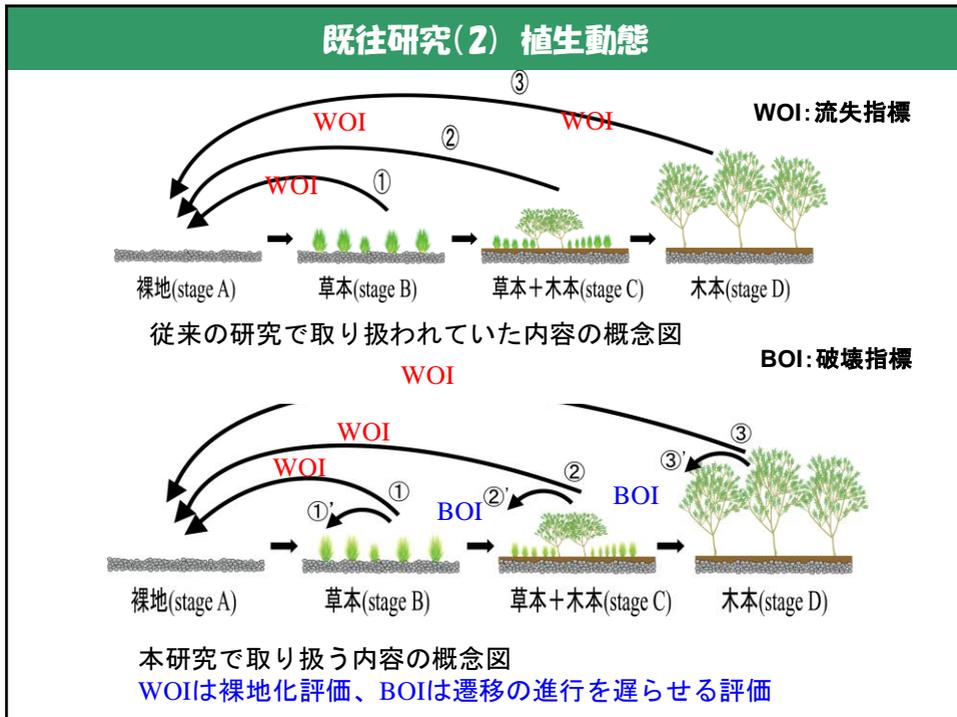
倒れた樹木は大木になっている。残されたツルヨシは拡大し、再生された礫河原には、シナダレスズメガヤなどの草本が侵入

植生動態

MOIの限界値を超え、樹木が倒伏するということは、樹木の生長をやや遅らせる程度

2012年9月時点での状況





植生の面積的多様度ADIと他の生物種の豊かさとの相関

植生面積多様度ADIは他の生物種の豊かさを表現可能?



$$ADI = - \sum_{i=1}^S \frac{A_i}{A} \log \frac{A_i}{A}$$

A_i:種 i ごとの面積

A:種の全面積

S:種数

河川水辺の国勢調査の結果を用いて, ADIと昆虫の出現種数の関係を調査

全国の一級河川から10河川を選定

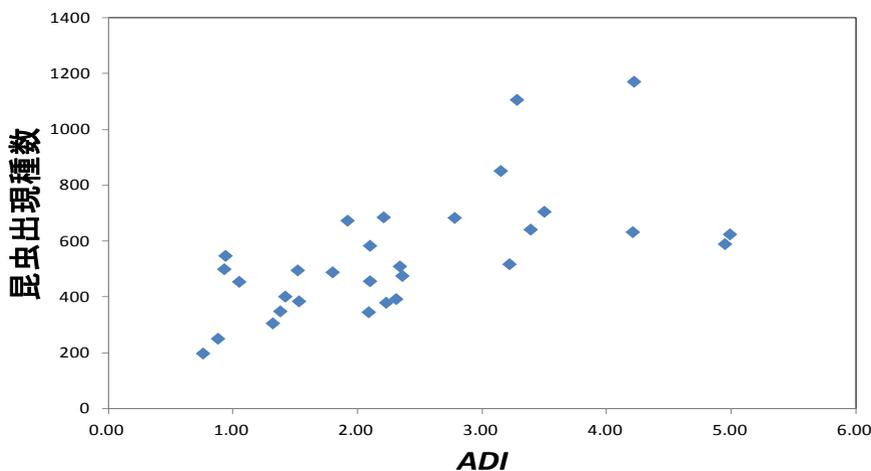
常呂川 (北海道), 阿武隈川 (福島)
 小矢部川 (富山), 多摩川 (東京)
 荒川 (埼玉), 那珂川 (茨城)
 九頭竜川 (福井), 芦田川 (広島)
 仁淀川 (愛媛), 六角川 (佐賀)



・昆虫調査→出現種数の算出
 ・植生調査→ADIの算出

関連性が大きいデータを比較するため, 昆虫調査と植生調査が実施された期間が2年以内の河川を対象にデータ整理を実施

植生面積的多様度ADIと昆虫の出現種数との関係

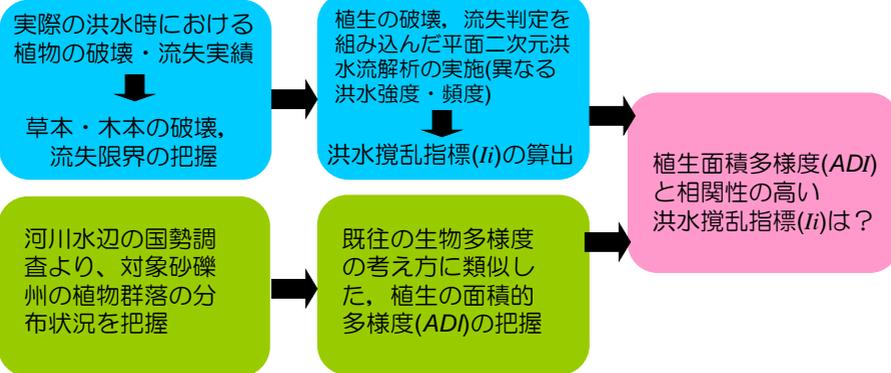


ADIの増加とともに昆虫の出現種数も増加傾向であることが確認できる



河川環境を考える際にADIを把握することは重要

研究の流れと植物の破壊・流失限界指標の定義



樹木の破断・転倒評価指標
Breakage or Overturning Index

$$BOI = \frac{d_{BH_max}}{d_{BH}}$$

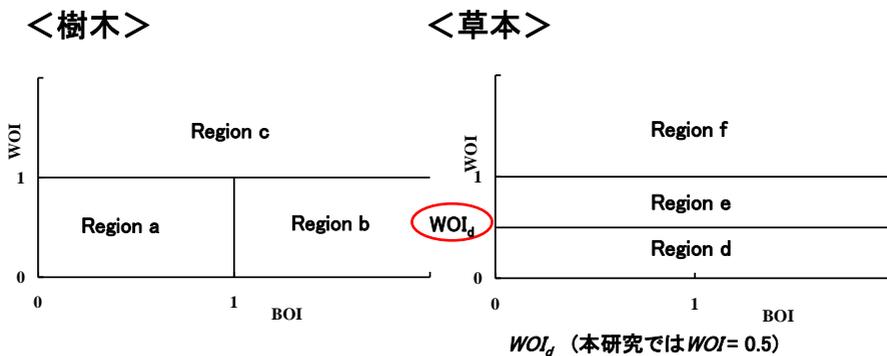
d_{BH} : 洪水時における樹木の胸高直径(cm)
 d_{BH_max} : 破断限界式 or 転倒限界式より算定されたある抗力モーメントで破壊可能な胸高直径(cm)

樹木の流失評価指標
Wash-Out Index

$$WOI = \frac{\tau_{*90}}{\tau_{*c90}}$$

τ_{*90} : d_{90} の無次元掃流力
 τ_{*c90} : d_{90} の無次元限界掃流力

樹木・草本の破壊形態の力学的評価



Region	BOI	WOI	定義
a	1より小	1より小	樹木は未破断・未倒伏、未流失
b	1より大	1より小	樹木は破断・倒伏、未流失
d	—	WOI_d より小	草本は流失しない
e	—	WOI_d より大、1より小	根の浅い草本は流失
c, f	—	1より大	樹木も草本も流失

研究方法:対象砂州, 対象洪水

《対象砂州》烏川の3砂州

岩鼻水位・流量観測所～新町水位・流量観測所間の砂礫州



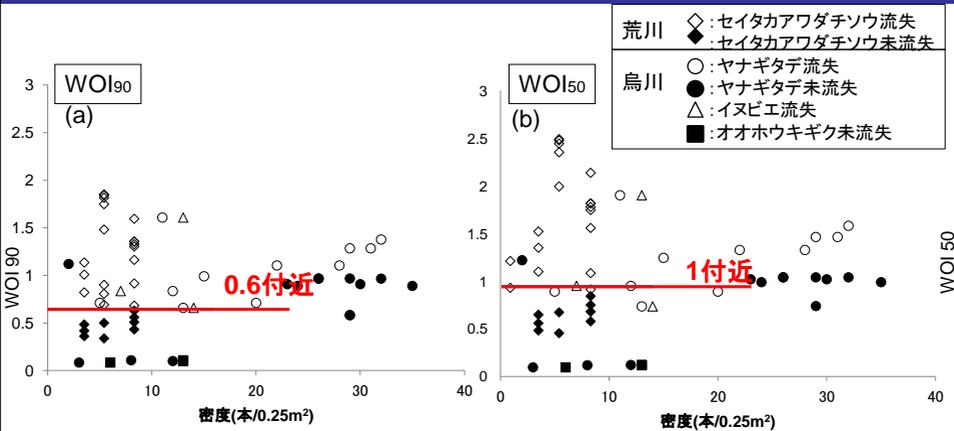
平均河床勾配: 1/475, 平均粒径: 0.068m, 平均川幅: 480m

《対象洪水》2010年台風14号、観測流量: 688m³/s(年最大規模)

《洪水前》一年生草本の繁茂密度の調査、粒径調査

《洪水後》調査した一年生草本の痕跡水位の把握、流失状況の把握

90.5%粒径の無次元掃流力/無次元限界掃流力を用いた 流失指標WOIと流失の関係



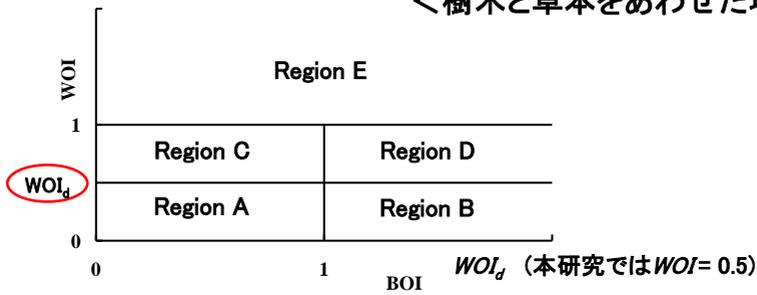
《目的(2): 一年生草本の流失限界と粒径の関係》

WOI₅₀が1付近で流失限界を迎えている

一年生草本の流失は50%粒径の移動で表現できることを示している

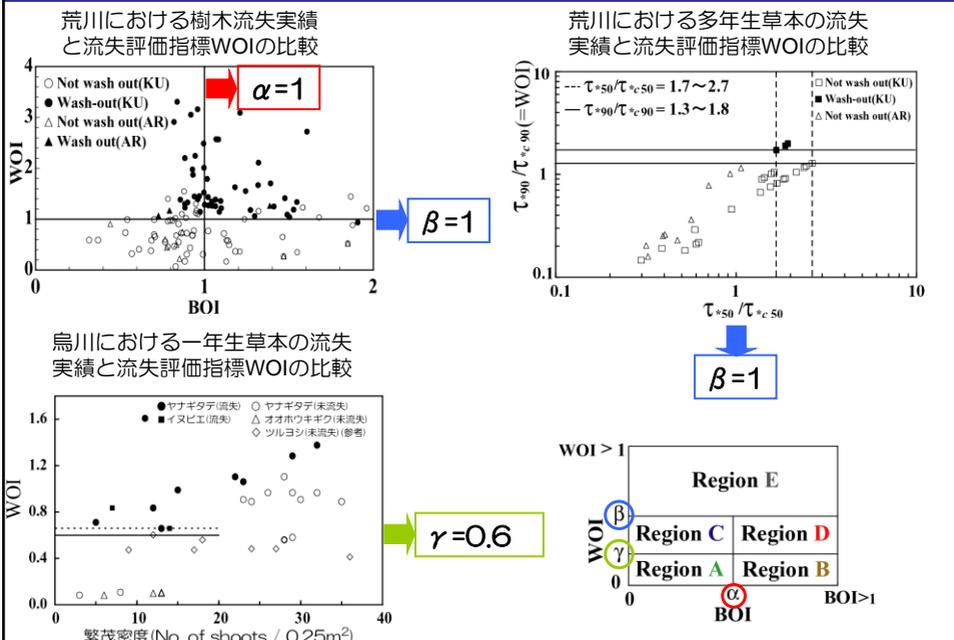
樹木・草本の破壊形態の力学的評価(組み合わせ)

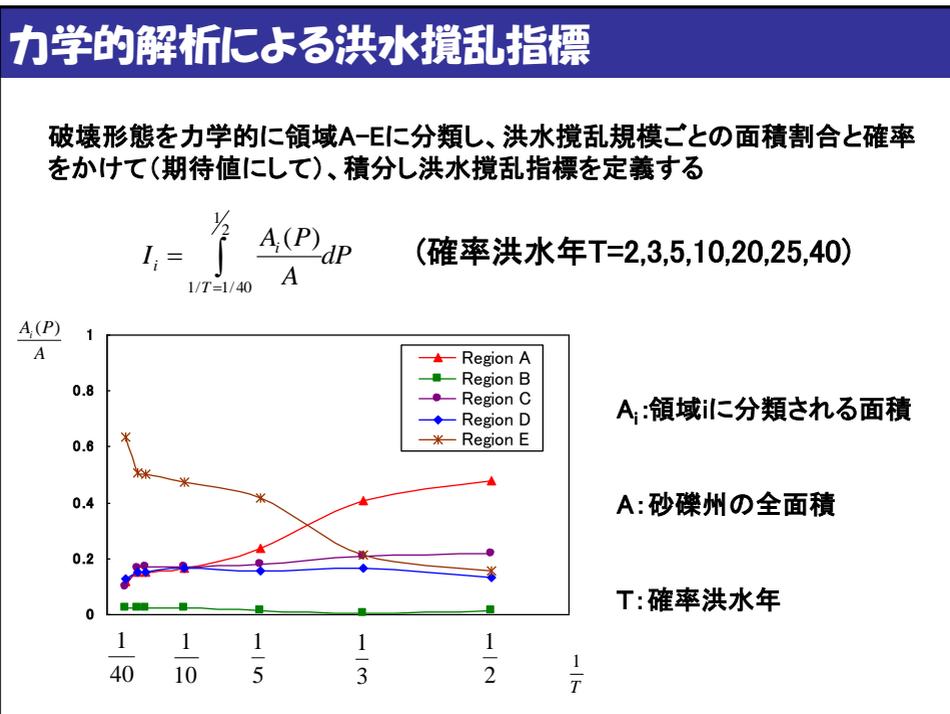
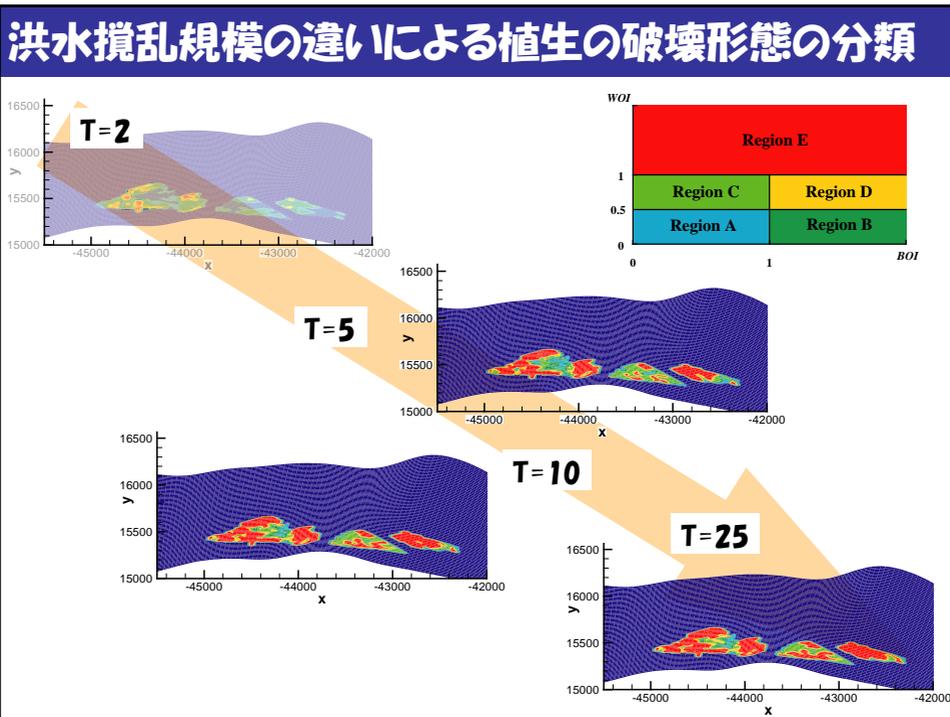
＜樹木と草本をあわせた場合＞



Region	BOI	WOI	定義
A	1より小	WOI_d より小	樹木は未破断・未倒伏、未流失、草本も未流失
B	1より大	WOI_d より小	樹木は破断・倒伏、未流失、草本は未流失
C	1より小	WOI_d より大、1より小	樹木は未破断・未倒伏、未流失、根の浅い草本は流失
D	1より大	WOI_d より大、1より小	樹木は破断・倒伏、未流失、根の浅い草本は流失
E	—	1より大	樹木も草本も流失

植物の破壊・流失評価指標の妥当性の検討





砂礫州における植生面積多様度の評価

河川環境基図を用いて種ごとに面積を測定し、砂礫州の植生面積の多様度を指数ADI (Area-diversity Index)で表した

$$ADI = - \sum_{i=1}^S \frac{A_i}{A} \log \frac{A_i}{A}$$

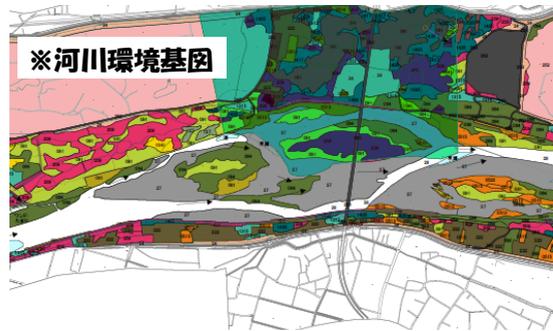
A_i : 種 i ごとの面積

A : 種の全面積

S : 種数

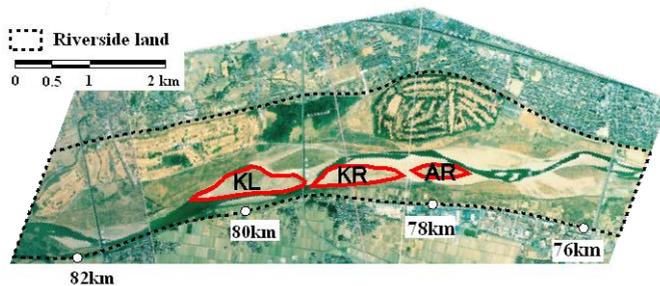
※植生群落を個体数ではなく、群落面積で評価を行った。

※植生面積の多様度が高ければ、餌資源や光環境の多様度も高くなることから、生物の多様度も高くなるとして、本研究では以後、植生面積多様度で議論を行なう。



研究対象地域1 (荒川)

中流域の熊谷 (KL, KR, AR) の3砂礫州



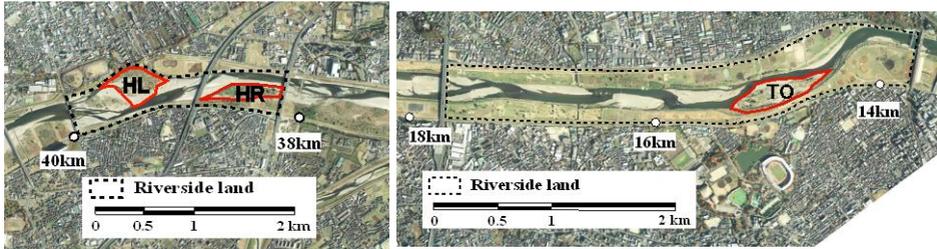
河床勾配

I_b : 1/375

それぞれの砂礫州において、植生状況の確認、粒度分布調査を (KL:30, KR:18, AR:20地点)を行った。

研究対象地域2(多摩川)

下流域の等々力(TO), 中流域の日野(HL, HR) の3砂礫州



河床勾配

$I_b : 1/329$

河床勾配

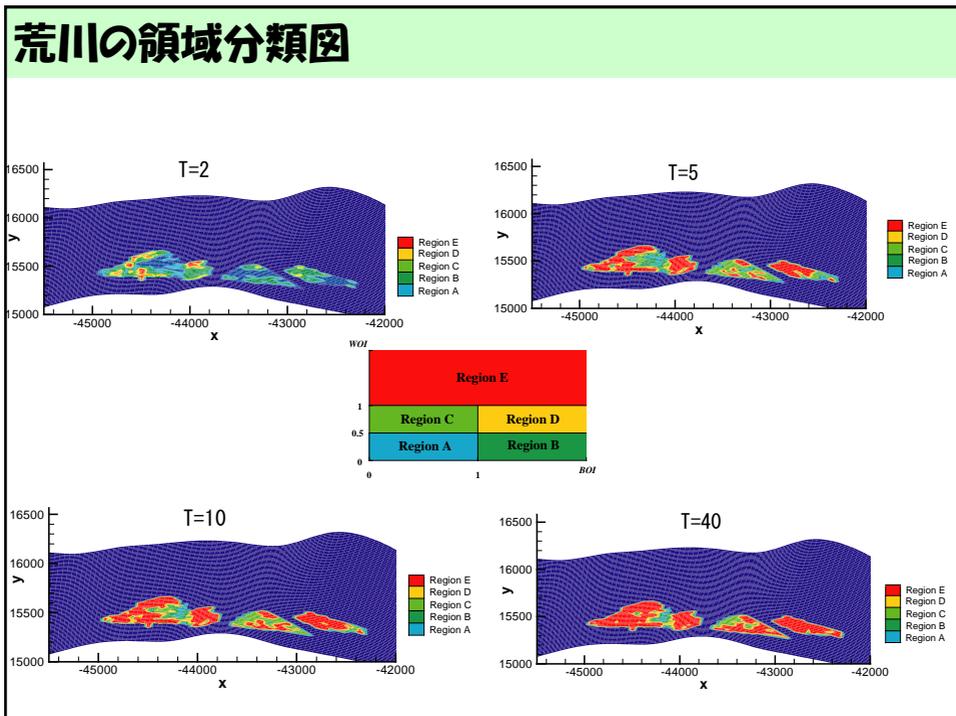
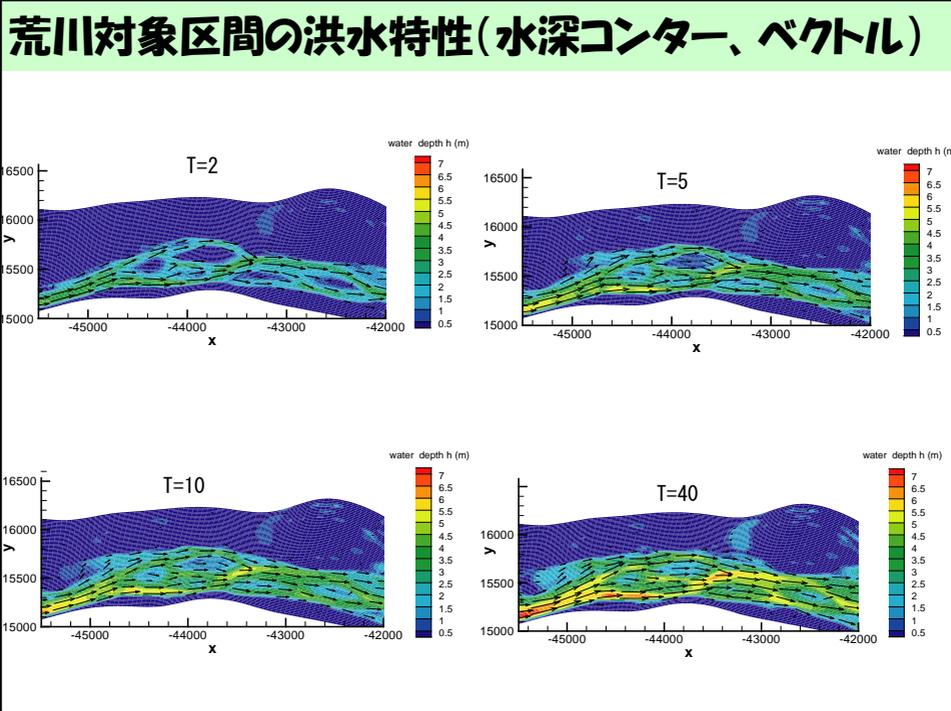
$I_b : 1/837$

それぞれの砂礫州において、植生状況の確認、粒度分布調査

(TO:14, HL:16, HR:36地点)を行った。

荒川航空写真(H. 17)

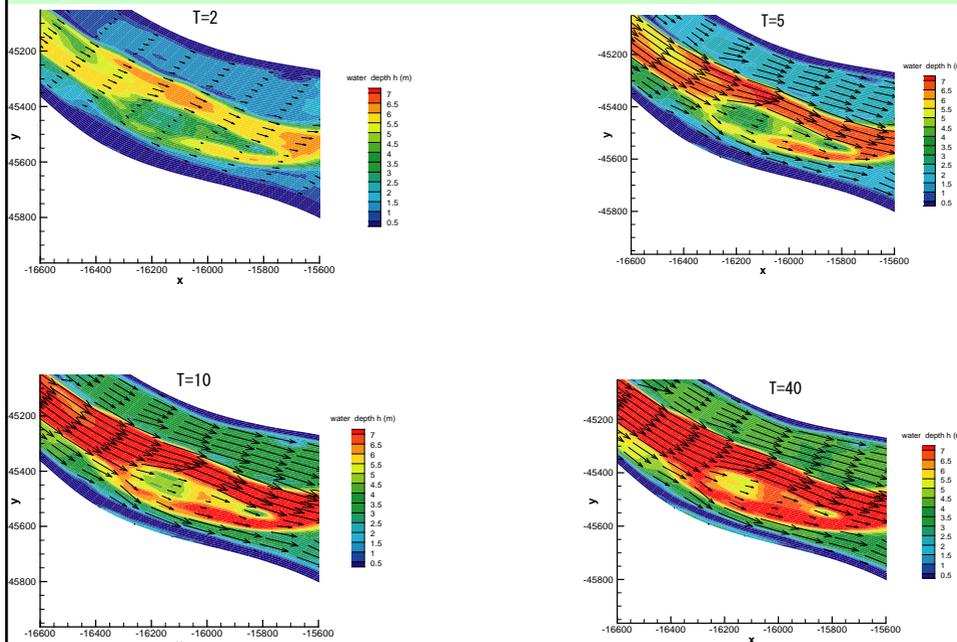


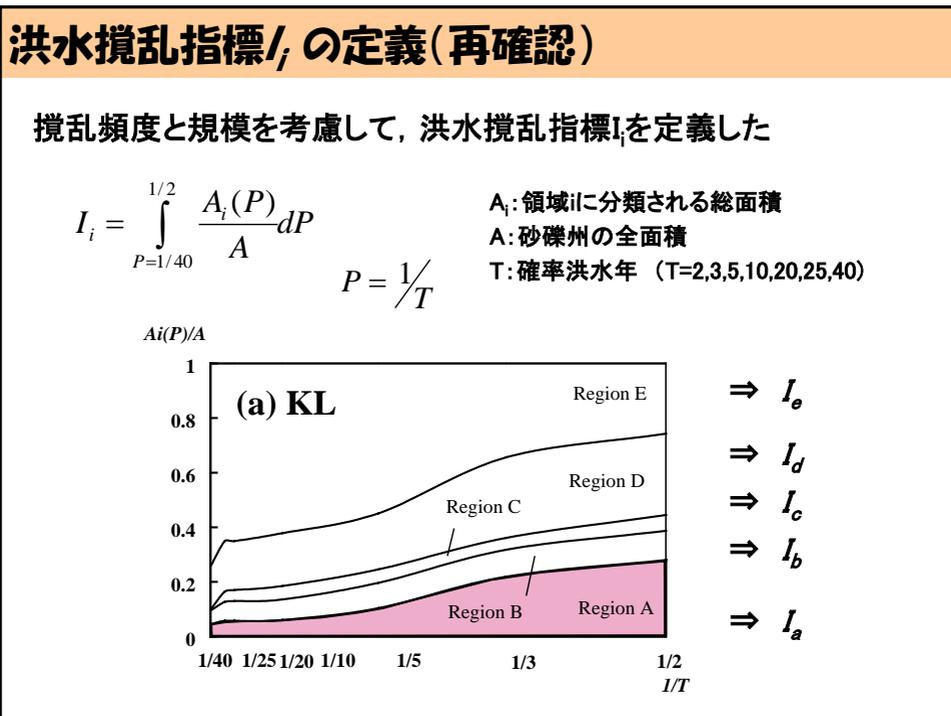
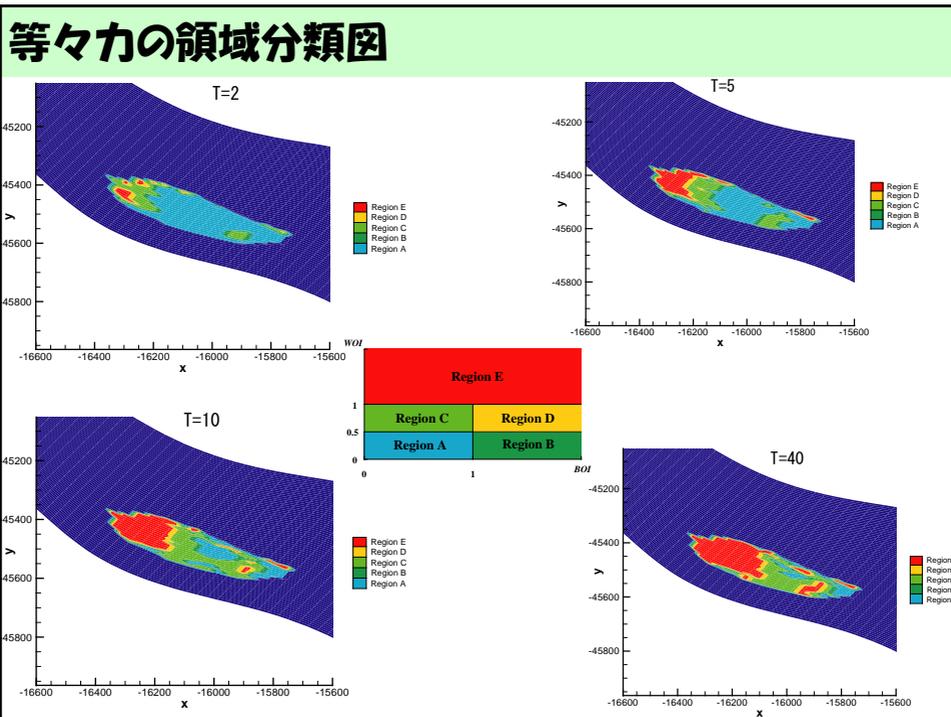


等々力航空写真(H. 19)



等々力の洪水特性(水深コンター、ベクトル)



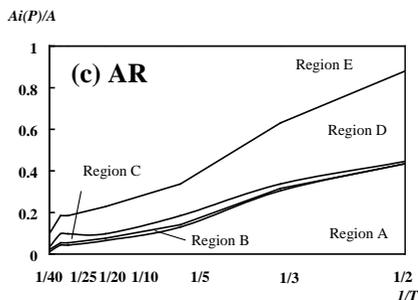
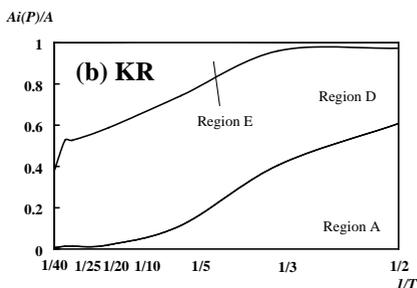
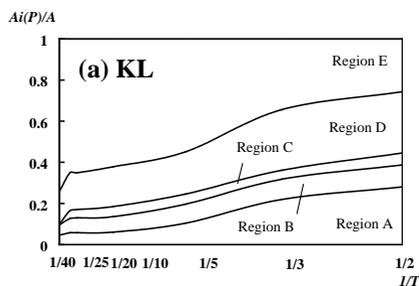


各砂礫州における洪水攪乱指標(荒川)

洪水攪乱指標 I_i

$$I_i = \int_{1/40}^{1/2} \frac{A_i(P)}{A} dP$$

$$P = 1/T$$

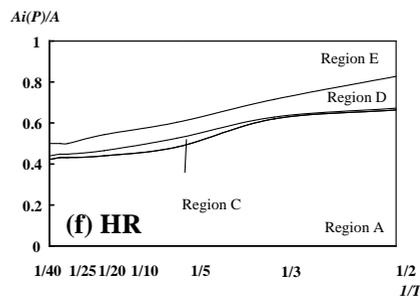
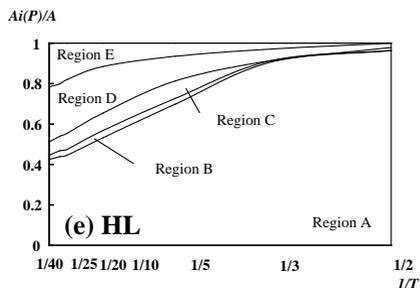
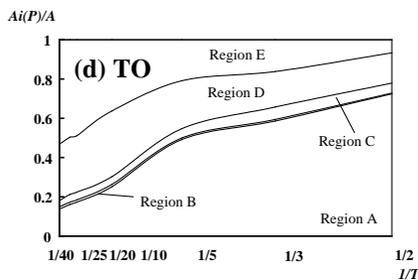


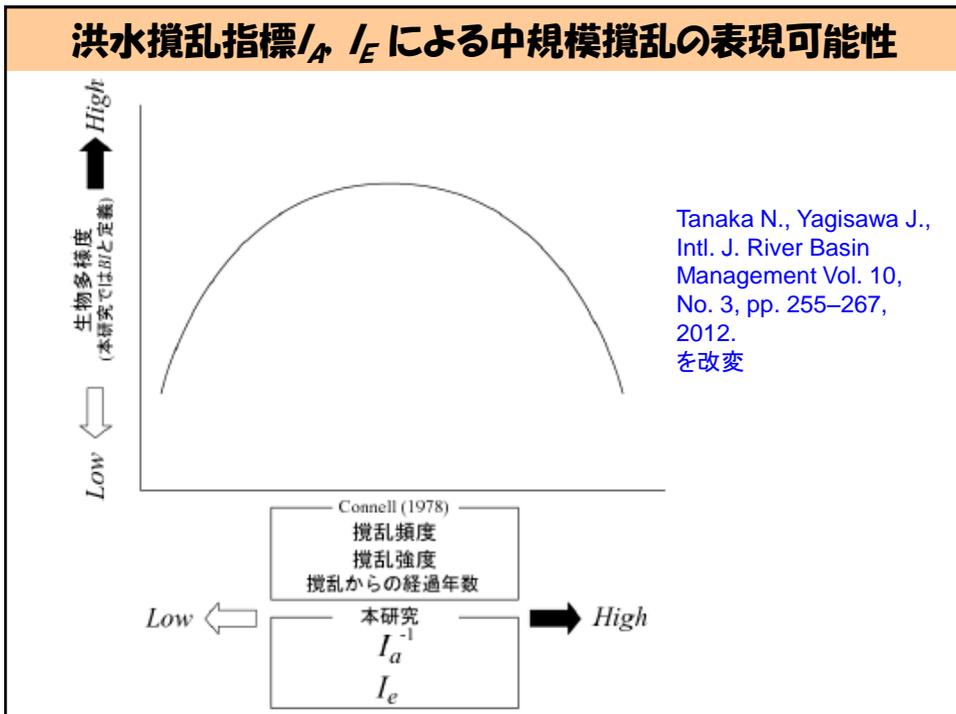
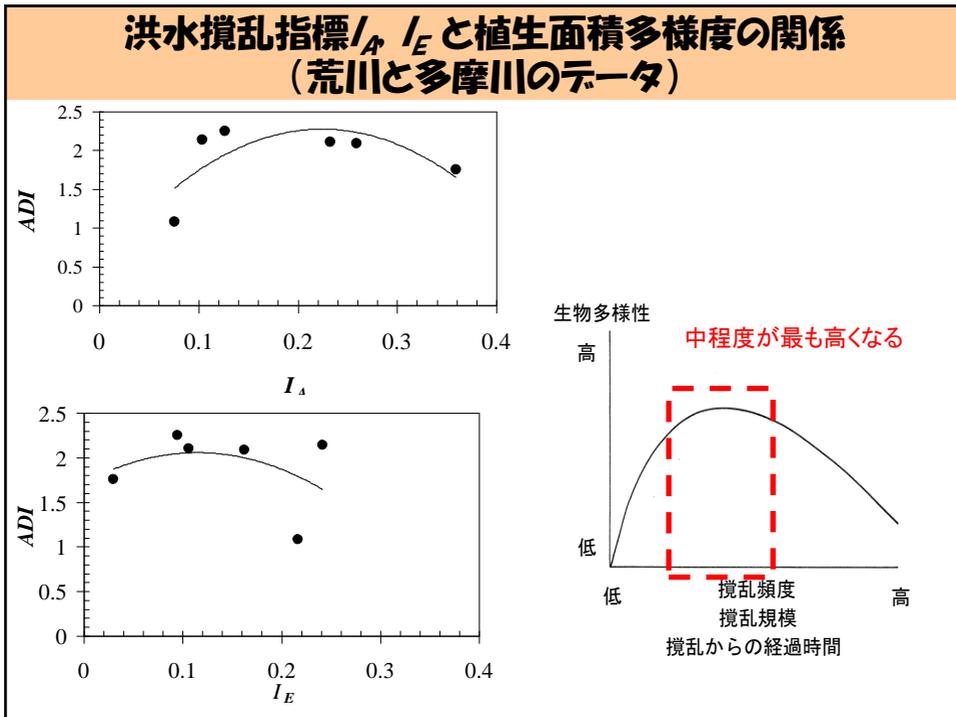
各砂礫州における洪水攪乱指標(多摩川)

洪水攪乱指標 I_i

$$I_i = \int_{1/40}^{1/2} \frac{A_i(P)}{A} dP$$

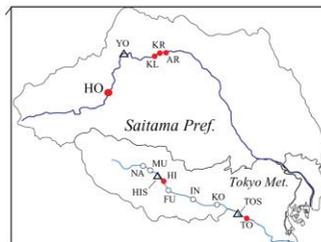
$$P = 1/T$$





洪水攪乱指標の活用の試み (1)

ここからは、右岸左岸水位の解消や洪水時の流線を考慮して、河道整正が行なわれた荒川上流本田地先を事例として、環境を考慮した断面形について考察する



Googleの航空写真 切下げ後



洪水攪乱指標の活用の試み (2) 本田地先・植生分布

Google Earth より(2010年6月撮影)



植生の特徴

・掘削断面内とその付近
→ 多年生草本の繁茂を確認
(ツルヨシ・ヨシ・オギ)

・掘削断面周辺より南
→ 樹木群がわずかにある
→ 多年生草本の群落はなし。

洪水攪乱指標の活用の試み (2) 本田地先・植生分布(続き)

掘削断面方向
草本類(ここではオギ)の繁茂

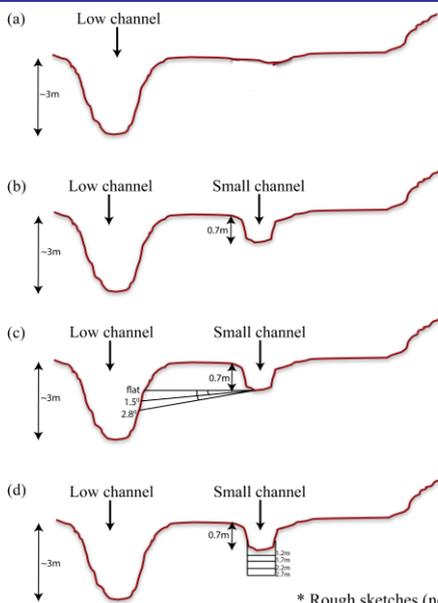


掘削断面の逆方向(主流路側)
多年生草本はほとんど見られない
わずかに樹木群が存在



本田地先まとめ
 ・掘削により比高が低くなりツルヨシ等の草本類の侵入が容易になった。
 ・比高の高い場所において、多年生草本類の繁茂はほとんど見られなかった。

洪水攪乱指標の活用の試み (3) 切り下げの仕方



Case1

切り下げ前

Case2

切り下げ後(現況)

Case3

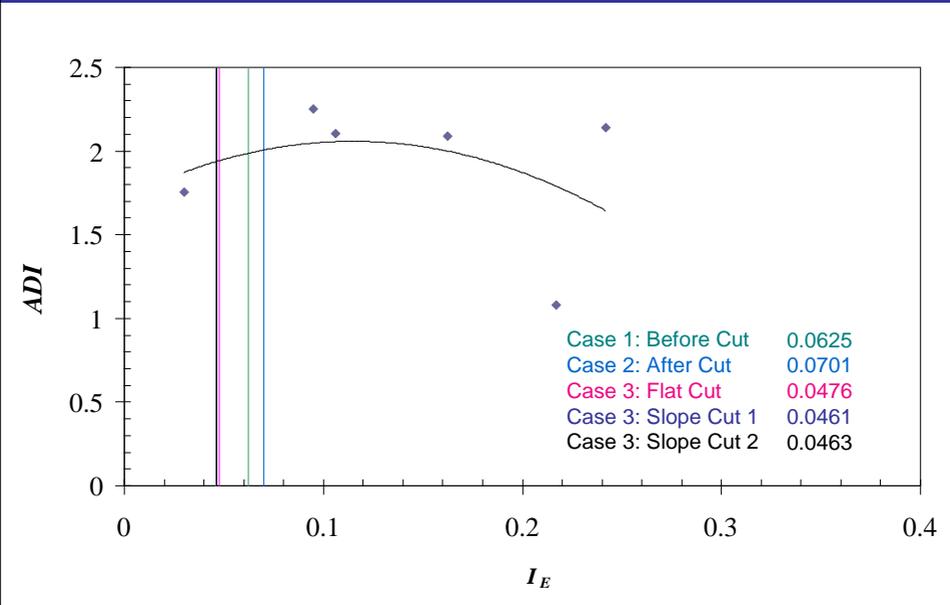
水平カット、傾斜カット(想定)

Case4

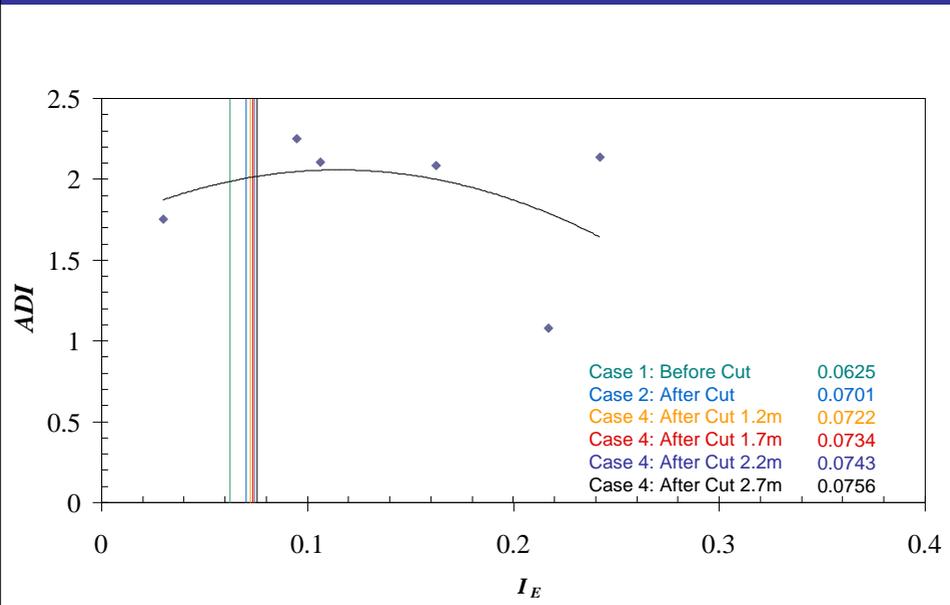
流路をさらに深くした場合(想定)

* Rough sketches (not to scale)

洪水攪乱指標の活用の試み (4) 水平・斜面タイプ切り下げ
攪乱指標 I_E



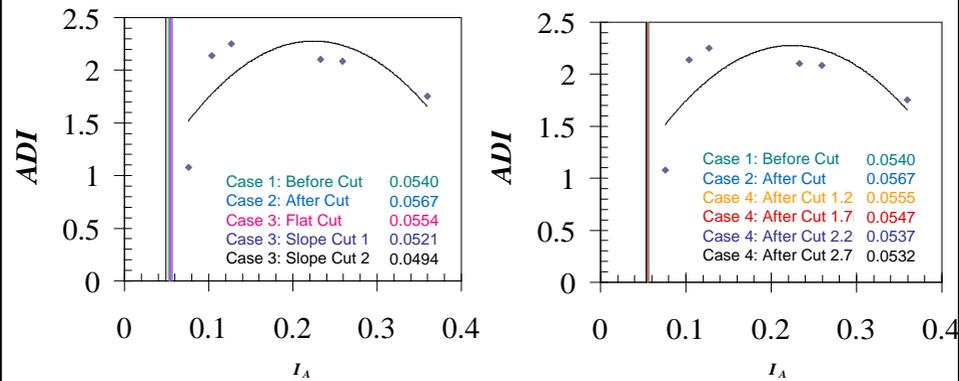
洪水攪乱指標の活用の試み (5) 流路タイプ切り下げ
攪乱指標 I_E



洪水攪乱指標の活用の試み (b)水平・斜面、流路タイプ切り下げ : 攪乱指標 I_A

樹木も草本も生えない場所を増やすという観点からは、低水路がほれすぎているので、砂礫州のみの整正では難しいことがわかる。

=>断面全体での整正、二極化しない状態ということになるが、これは環境面からであって、これと治水面での検討をあわせて評価することが必要



まとめ・結論

・洪水時における樹木・草本の破壊・流失形態分類より、洪水攪乱の質を5種類に分類し、洪水攪乱強度ごとの各攪乱面積の変化を調べ、強度と頻度を考慮した洪水攪乱指標を定義した。

その結果、

・荒川・多摩川の計6砂礫州を対象として、力学的指標として洪水攪乱期待値を採用し、植生面積多様度との関係を明らかにした。その結果、Region A(植物の破壊・流失が生じない)、Region E(植物の流失が生じる)に関連する洪水攪乱期待値において、中規模攪乱状態の時に植生面積多様度が最大となる関係が見られた。

・切り下げなどを行なう際の判断材料として、断面の切り下げが洪水攪乱の期待値に与える影響を解析し、それが植生面積多様度をどう変化させるかを知ることが重要と考える。

・荒川の本田地先の砂礫州において、流路型の切り下げや、水平切り下げ、斜め切り下げなどを実施した場合に、本手法を適用した際に植生面積の多様度がどのように変化するかを推定した事例では、二極化した断面の河道整正ではRegion Aの評価より、Region Eの評価が適していると考えられる。

謝辞

研究を行うにあたって、荒川上流河川事務所より、航空写真他の資料を貸与いただきました。研究の一部に、平成23年度河川整備基金助成事業の助成をいただきました。

記して謝意を表します。