

環境水理部会研究集会 2014 in 岐阜

開催日時：2014 年 5 月 29 日（木） 午前 10 時から

開催場所：岐阜市生涯学習センター 2F 大研修室

研究発表プログラム

10:00-10:05 開会挨拶（部会長：角 哲也）

<樹林化セッション>（司会：宮本 仁志）

10:05-10:20 河川の樹林化原因に関する諸説のレビュー

戸田 祐嗣（名古屋大学大学院工学研究科）

10:20-10:35 札内川礫河川再生事業における旧川への導水の試み

川村 里実（土木研究所寒地土木研究所）

10:35-10:50 大野川と乙津川の河道内樹木群の治水機能とその管理に関する研究

重枝 未玲（九州工業大学大学院工学研究院）

10:50-11:05 長良川における植生管理の事例紹介

日高 初淑（国土交通省木曽川上流河川事務所）

11:05-11:20 樹林化ジョイントワークショップの報告と樹林化カルテ作成の試み

宮本 仁志（芝浦工業大学）

<国土交通省との連携>（司会：宮本 仁志）

11:20-11:50 河川砂防技術基準調査編（平成 26 年 4 月改訂）について

福濱 方哉（国土交通省国土技術政策総合研究所）

11:50-13:00 昼食

<土砂と生物>（司会：角 哲也）

13:00-13:15 潜行吸引式排砂管によるダム貯水池内の排砂実験

宮川 仁（土木研究所水工研究グループ）

13:15-13:30 耳川水系ダム通砂に向けた河川環境モニタリング計画と調査の概要

川上 馨詞（九州電力耳川水力整備事務所）

13:30-13:45 天竜川におけるアユの産卵に適した副流路の役割と置き土による効果

泉 公祐（京都大学大学院工学研究科）

13:45-14:00 河口干潟域におけるダム撤去による土砂輸送・堆積影響の評価

吉森 佑介（東京理科大学理工学研究科）

14:00-14:15 ダムフラッシュ放流・置砂の河床環境改善効果の事前評価装置の開発（基礎検討結果）

井芹 寧（西日本技術開発株式会社）

休憩

＜閉鎖性水域＞（司会：横山 勝英）

- 14:25-14:40 ミャンマー・チン州南部の水環境と底生生物群集および少数民族の生活様式
藤野 毅（埼玉大学大学院理工学研究科）
- 14:40-14:55 瀬戸内海における汽水性希少ハゼ類の分布予測
乾 隆帝（山口大学大学院理工学研究科）
- 14:55-15:10 有明海における塩淡成層構造への諫早湾干拓事業の影響について
矢野 真一郎（九州大学大学院工学研究院）
- 15:10-15:25 伊豆沼における底質と湖内植生について
梅田 信（東北大学大学院工学研究科）
- 15:25-15:40 殿ダム貯水池における水温予測精度向上のための放射推定の研究
山本 茂友（鳥取大学大学院工学研究科）

休憩

＜特別講演＞（司会：角 哲也）

- 15:50-16:40 ダムのある川でもアユは増える？
高橋 勇夫（たかはし河川生物調査事務所）

＜水環境＞（司会：赤松 良久）

- 16:50-17:05 分布型流出モデルを用いた底生動物の生息環境評価
糠澤 桂（東北大学大学院工学研究科）
- 17:05-17:20 環境流体解析におけるスクリプト言語の活用
新谷 哲也（首都大学東京都市基盤環境コース）
- 17:20-17:35 生態系代謝の算定に基づく流込式水力発電による影響評価
田代 喬（名古屋大学減災連携研究センター）
- 17:35-17:50 濁水に含まれる無機物の堆積が付着藻類の一次生産に及ぼす影響
宮川 幸雄（土木研究所自然共生研究センター）
- 17:50-18:05 修正された HSI モデルを用いた河口域のナーサリー機能評価
大槻 順朗（東京理科大学理工学部土木工学科）
- 18:05-18:10 閉会挨拶（副部長：宮本 仁志）

※終了後、歩いてワシントンプラザホテルへ移動し懇親会（19:00-21:00）

※発表用のプロジェクターとパソコン（Windows7、PowerPoint2007）は会場に備えます。

講演者は当日セッション前に USB か CD-ROM でファイルを会場のパソコンにコピーください。

PowerPoint97-2003.ppt での作成をお願いします。

他のファイル形式（mac や pptx）を望む方は、各自パソコンを準備ください。

河川の樹林化原因に関する諸説のレビュー

名古屋大学 大学院工学研究科 戸田祐嗣

1. はじめに

国内の多くの河川で高水敷，あるいは砂州の樹林化現象が報告されて久しい．1990 年代後半からは，数多くの研究・調査報告がなされてきており，河川の樹林化現象の原因として，様々な説が唱えられている．本報告では，全国レベルでの河川の樹林化現象を俯瞰，あるいは比較検討を行っていくための基礎的検討として，これまで研究成果の中から樹林化現象の要因となりうる諸説を洗い出し，整理する．

2. 樹林化に至るプロセスに関する既往研究

高水敷あるいは砂州が樹林化に至るプロセスについては，対象河川やそこに存在する植物種によって違いがあるものの，最も典型的なパターンとしては図-1 のように整理される．まずは，高水敷（砂州）と主流路における比高差により微細土砂の堆積が生じ，そこへ先駆的植物（パイオニア種）が侵入する．それに引き続く比較的小規模な出水により，更なる微細土砂の堆積，草本の繁茂といったプロセスを経て，最終的に樹木の侵入へと至る¹⁻⁸⁾．このプロセスの中で，外来種のハリエンジュなどは，貧栄養の裸地への侵入力が強いので，比較的早期に草本から木本への侵入を生じさせたりする．また，パイオニア種が存在する河原や草本の侵入初期の段階などでは，比較的大きな規模の洪水が生じると裸地へ戻ることも見られるが，木本類が侵入し，いわゆる樹林化状態に至ると，洪水といった自然営力による再裸地化は難しく，伐採，伐根などといった人的作用が無いと裸地河原の復元は難しいと言われている．

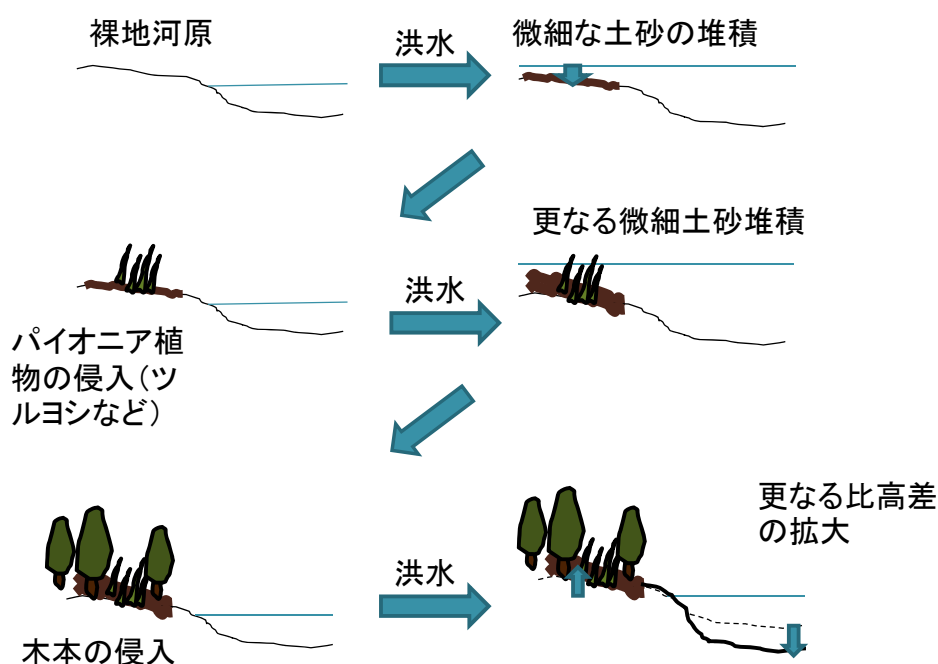


図-1 裸地から樹林化に至る典型的パターン例

3. 樹林化原因に関する諸説

河川の樹林化の要因として考えられるものについて，論文等で公表されているものから，学会の質議などで口頭にて報告されたものなども含めて，著者の判断する限り現実的な要因となりうるものを表-1に列挙する．

表-1 樹林化原因に関する諸説とそれに関連する既往の研究

樹林化原因に関する説	当該説と関連する論文
洪水攪乱頻度低下説	4),6),8),16),19),26),28)
土砂動態変化説	5),6),7)
河床低下説（砂利採取以外のものも含む）	5),17)
低水路幅減少説	24),27)
高水敷の富栄養化説	9),14),25)
外来種説	4),10),15),20),21)
中規模攪乱による倒伏後の再萌芽拡大説	4),13),15)
人的管理，人的利用の低下説	22),23)
偶然説	学会等での議論より
当然説	学会等での議論より

表中には当該説と関連する論文を，参考文献として示しているが，これは各論文がその説を支持しているという意味ではなく，各説に関連する現象を取り扱った論文という意味である．つまり，洪水流による攪乱頻度の違いと樹林化の関係について研究している論文については，「洪水攪乱頻度低下説」の行に記載しているが，その論文が，調査対象河川で樹林化が生じた原因を洪水攪乱頻度の低下であると特定しているわけではない．この表の作成により，各説を合理的に説明していくための科学的根拠の在り処を明示するためのものである．

4. おわりに

本報告では，これまでに河川の樹林化のメカニズムや発生要因に関して報告されてきた論文および諸説を整理した．報告自体は既往の情報を列挙した段階であるが，今後の樹林化現象の類型化などの一助となれば幸いである．

また樹林化に関する既往の研究としては，樹林化要因だけでなく，樹木に依る微細土砂捕捉効果の検討，樹林化と砂州地形の関係，樹木の破壊条件，再繁茂の抑制手法，など多岐にわたる．それらを含めた樹林化に関わる諸現象の整理については，別の機会に行いたい．

参考文献：

- 1) 藤田ら，土木学会論文集，551，pp.47-62，1996.
- 2) 辻本・北村，水工学論文集，40，pp.199-204，1996.
- 3) 岡部ら，水工学論文集，41，pp.373-378，1997.
- 4) 清水ら，河川技術論文集，4，pp.129-134，1998.
- 5) 藤田ら，河川技術論文集，4，pp.117-122，1998.
- 6) 李ら，水工学論文集，42，pp.433-438，1998.
- 7) 渡辺ら，水工学論文集，42，pp.439-444，1998.
- 8) 辻本ら，河川技術論文集，pp.99-104，1999.
- 9) 戸田ら，河川技術論文集，pp.71-76，1999.
- 10) 清水ら，水工学論文集，43，pp.971-976，1999.
- 11) 李ら，水工学論文集，43，pp.971-977，1999.
- 12) 鷺見ら，河川技術論文集，6，65-70，2000.
- 13) 清水ら，河川技術論文集，pp.59-64，2000.
- 14) 戸田ら，水工学論文集，44，pp.831-836，2000.
- 15) 清水ら，水工学論文集，45，pp.1099-1104，2001.
- 16) 辻本ら，水工学論文集，45，pp.1105-1110，2001.
- 17) 辻本ら，河川技術論文集，8，pp.307-312，2002.
- 18) 榎本ら，河川技術論文集，10，pp.303-308，2004.
- 19) 杉尾・渡邊，水工学論文集，49，1435-1440，2005.
- 20) 田中ら，河川技術論文集，12，455-460，2006.
- 21) 大石・天野，水工学論文集，50，1141-1146，2006.
- 22) 大石・天野，水工学論文集，52，685-690，2008.
- 23) 藤原ら，河川技術論文集，15，141-146，2009.
- 24) 戸田ら，水工学論文集，54，1249-1254，2010.
- 25) 浅枝ら，水工学論文集，55，1369-1374，2011.
- 26) 宮本ら，水工学論文集，55，1405-1410，2011.
- 27) 戸田ら，水工学論文集，56，739-744，2012.
- 28) 木村ら，水工学論文集，56，727-732，2012.

札内川礫河原再生事業における旧川への導水の試み

川村里実¹，渡邊康玄²，武田淳史³，住友慶三⁴

¹寒地土木研究所，²北見工業大学，³北海道開発局帯広開発建設部，⁴（株）ドーコン

1. はじめに

札内川は複列砂州による網状流路が見られ、礫河原が広く存在することで知られている。しかし、近年、河道内の樹林化が著しく、かつての広い礫河原が減少しつつあり（写真-1）、希少種であるケショウヤナギの更新地の減少等、礫河原を生息・生育地としている動植物の利用環境の悪化が懸念されている¹⁾。そのため札内川では礫河原再生に向けて、既設ダムを活用した計画放流を平成24年度より実施している¹⁾。平成24年度計画放流時には、河道攪乱を目的とした樹木除去や礫河原の造成を実施したが、効果的な攪乱は生じなかった。一方、札内川には過去の流路変動によって旧川となったかつての主流の跡が多く見られるが、平成23年に生じた確率規模1/20年の出水時にこれらの旧川周辺で樹木の流亡による礫河原の再生が多く見られた。そのため、礫河原の再生には旧川の維持が重要であるという観点から、平成25年度に旧川への導水を目的とした掘削を実施している²⁾。本研究では、平成23年出水時の樹木の流亡状況を詳細に調査し、河床攪乱に対する旧川維持の重要性を検証するとともに旧川維持に対する計画放流の効果を検討した。



写真-1 札内川上流部に見られる河道内樹林化

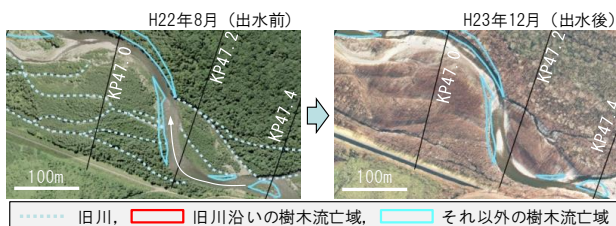


図-1 平成23年出水時の樹木流亡規模が小さかった箇所

2. 平成23年出水時の樹木流亡状況

平成23年出水時には河岸侵食に伴う樹木流亡によって礫河原の再生が確認された。このときの樹木流亡面積は、旧川沿いで27ha、それ以外の箇所では20haであり、旧川沿いで比較的大規模な樹木流亡が生じた。旧川跡があるにも関わらず同出水では樹木流亡規模が小さかった箇所の調査結果を図-1に示す。旧川に沿った縦断形によると、主流路から旧川への流入部に高まりが見られ、旧川への流入口が土砂の堆積によって塞がれていることがわかる。これに対して、樹木流亡規模が大きかった箇所の調査結果（図-2）によると、旧川流入部の高まりは見られない。旧川への流れが妨げられなかったために旧川沿いで大規模な樹木流亡が生じたことがわかる。

3. 旧川への導水を目的とした掘削の概要

平成25年度は3つの工区で旧川流入部の掘削を実施した。旧川流入部の高まりは流入部のみに土砂が堆積したものであり、掘削による除去が比較的容易である。例えばE工区（図-3）では掘削敷高が平水位程度となるように最大約0.5mの掘削を実施した。放流前は旧川への流れがない状態であったが、放流中は旧川への激しい流れが見られ、放流後の計測では本川と旧川との比高差が減少したことを確認している。旧川流入部の高まりを掘削し、計画放流を活用して旧川に導水することで、旧川を復活・維持できる可能性がある。

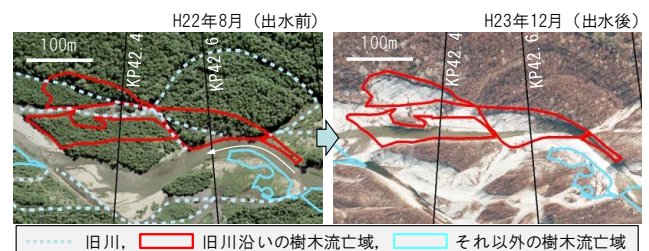
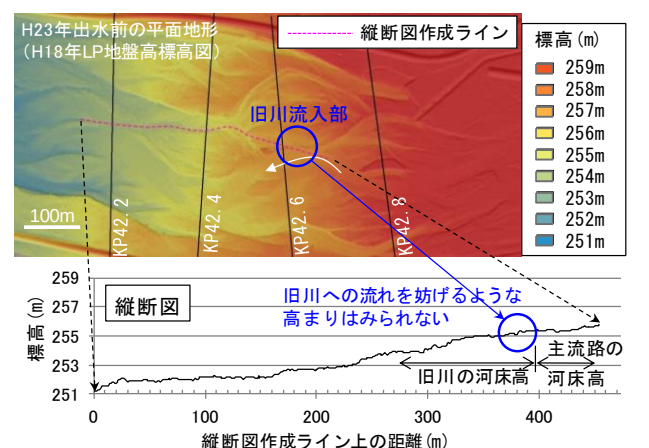
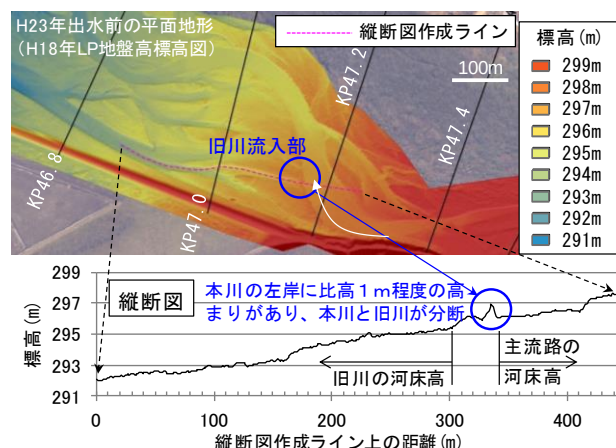


図-2 平成23年出水時の樹木流亡規模が大きかった箇所



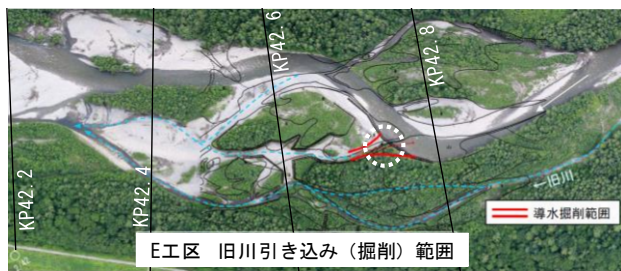


図-3 E工区の旧川引き込み（掘削）範囲

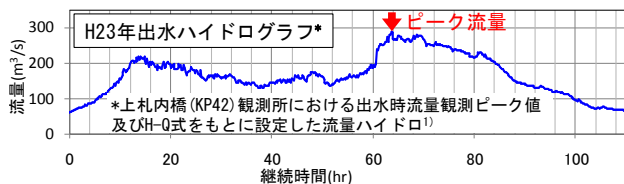


図-4 平成23年出水ハイドログラフ

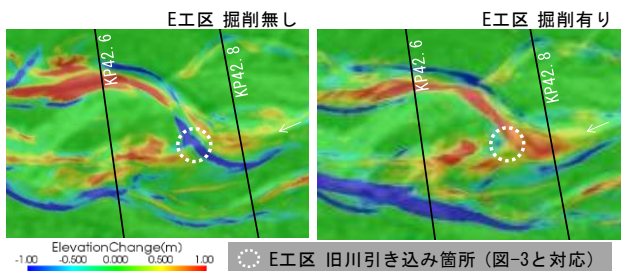


図-5 E工区掘削有無の比較。平成23年出水ハイドログラフ下での河床変動計算結果（ピーク流量時における河床変動量）。

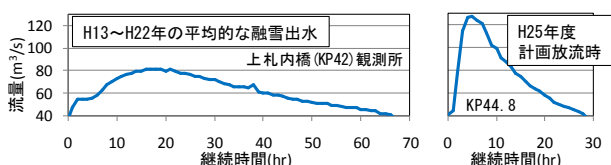


図-6 平均的な融雪期流量と計画放流時ハイドログラフ

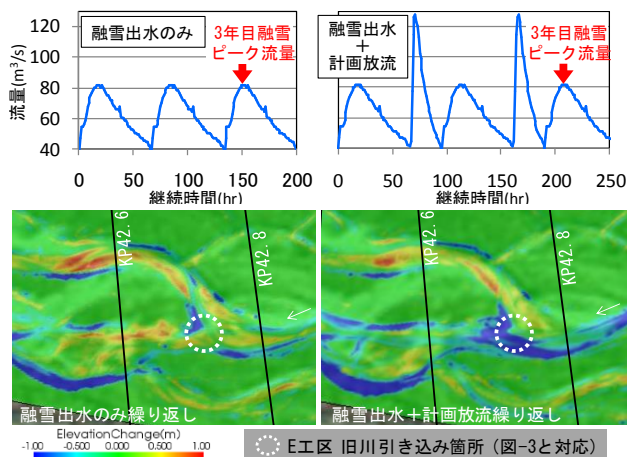


図-7 計画放流有無の比較。図中のハイドログラフ下での河床変動計算結果（3年目のピーク流量時における河床変動量）。

4. 河床変動数値実験による検討

(1) 河床変動計算の概要

初期地形に平成25年度計画放流前に実施されたLP測量データを適用し、iRIC³⁾ Nays2D_version4.2を用いて河床変動計算を実施した。

(2) 旧川への導水（掘削）の効果

E工区を対象として、平成23年出水（確率規模1/20年）の流量ハイドログラフを与えた計算を実施し、旧川が閉塞した状態（掘削無し）と旧川が維持された状態（掘削有り）の河床変動を比較した。図-4に計算に用いたハイドログラフを示し、図-5に掘削無しと掘削有りの河床変動量の比較を示す。旧川が閉塞した状態（掘削無し）では河床変動量が小さく、流路内の比高差が増加する傾向が見られるのに対して、旧川が維持された状態（掘削有り）では比高差が減少し大規模な流路変動の発生が見られる。

(3) 旧川維持に対する計画放流の効果

平成25年度放流では、掘削した旧川流入部での著しい土砂堆積はなく、本川と旧川との比高差も減少し、旧川の維持が確認された。今後の旧川維持に関して、河床変動計算による検討を行った。平均的な融雪出水（図-6）のみを繰り返した条件と融雪出水と計画放流（図-6）を繰り返した条件での計算結果を図-7に示す。図には3年目の融雪ピーク時の河床変動量を示した。融雪出水のみの条件下では、旧川は概ね維持されるものの旧川流入部で堆積傾向が見られる。これは、融雪の緩やかな減衰期に旧川流入部に土砂が堆積した結果である。これに対し、計画放流を合わせた条件下では、同箇所の堆積が解消されて旧川が維持されやすい傾向にあることがわかる。毎年融雪出水後に放流を実施することで旧川流入部の閉塞傾向が緩和され、掘削を実施した箇所では旧川が維持されるものと期待できる。

5. おわりに

札内川では礫河原再生には旧川の維持が重要であるとの観点から旧川流入部の掘削を実施している。本研究では、平成23年出水（確率規模1/20年）時の樹木流亡状況を調査するとともに河床変動計算による検討を行い、旧川への流れが妨げられなければ、同規模出水時に大規模な植生流亡が生じる可能性を示した。また、毎年融雪出水後に実施される計画放流で旧川流入部の閉塞傾向が緩和されることを示した。今後旧川が維持されれば、確率規模1/20年の出水時には大規模な植生流亡が期待できる。今後も継続してモニタリングを実施する予定である。

参考文献

- 1) 田中甫幸, 川岸秀敏, 川邊和人: 札内川における礫河原再生の取り組み, 北海道開発技術研究発表会, 2013.
- 2) 北海道開発局帯広開発建設部: 平成 25 年度札内川技術検討会資料, 2013.
- 3) <http://i-ric.org/ja/>

大野川と乙津川の河道内樹木群の治水機能とその管理に関する研究

九州工業大学大学院工学研究院 重枝未玲・秋山壽一郎

1. はじめに

河道内樹木は、治水と環境機能を考慮に入れながら保全していく必要がある。河道内樹木の管理は、「河川における樹木管理の手引き」に取りまとめられており、樹木伐採範囲は、洪水流下を阻害する樹木を特定し数値解析に基づき出水時の水位と安全水位との関係を踏まえた上で決定することが望ましいとされている。しかし、河道内樹木が有する治水機能を判断する技術は未だ不十分であり、効果的な管理方法は存在しない。本研究は、以上のような背景を踏まえ、大野川と乙津川の治水と環境が調和した樹木管理基準を明確にすることを目的としている。ここでは、数値解析に基づき樹木が有する治水機能の検討を行うとともに、樹木管理マップの作成を行った。

2. 大野・乙津川の概要

大野・乙津川は、大分県の中央部を貫流する一級河川である(図-1)。河道特性による河道区分はセグメント 2-2 に対応する。メダケやマダケ等の竹林が多く、その多くは大野川では堤防沿いに、乙津川では、低水路沿いに位置する。

3. 数値解析の概要

洪水流解析には、準2次元解析¹⁾、平面2次元解析²⁾を用いた。両モデルは痕跡水位に基づき検証されており、大野・乙津川の痕跡水位と乙津川への分流量を十分な精度で再現できることがわかっている。

平面2次元解析では、樹木を空間平均された流体力項として取り扱う。樹木群密度パラメータについては、現地で行ったコドラード調査結果を基に設定した。樹木群は大野川、乙津川の樹木群のほとんどを占有しているマダケ、メダケ群落、ムクノキ・タブノキ群落、アラカシ、およびジャヤナギを対象とした。準2次元解析では、樹木群を死水域と樹木境界で流れに働くせん断力として取り扱う。死水域は樹木繁茂面積に応じて、せん断応力を求めるための境界混合係数 f は、大野川と乙津川の平均的な樹木面積の割合に応じた f 値である0.11と0.08を与えた。

まず、樹木群が洪水流に及ぼす影響を調べる目的で、平成16年の樹木繁茂状況を反映させたRun1と樹木を全伐採した場合のRun2の2通りの解析を、次に計画高水位を維持できる樹木繁茂面積を調べる目的で、樹木繁茂面積を変化させたRun3の準2次元解析を行った。いずれのRunも境界条件として上流端に流量を、下流端に水位を与えた。上流端には計画高水流量 $9500\text{m}^3/\text{s}$ を、大野川と乙津川の下流端に1.194mと1.158mの水位をそれぞれ与えた。河床の粗度係数については河床材料に基づき設定した。

4. 結果と考察

樹木群が洪水流の挙動に及ぼす影響について検討する。図-2は、Run1、Run2の河道中心軸上の水位の解析結果を示したものである。Run1の結果から、大野川では距離標8.5km付近と13km付近で、乙津川では4.6kmから上流部で計画高水位を上回ることがわかる。また、樹木の伐採により、湾曲部の影響が強いと考えられる大野川の8.5km付近を除いたほとんどの区間で計画高水位を下回ることが確認できる。分流堰付近の水位に着目すると、樹木伐採によって大野川の距離標8.5kmより上流の水位低下が見られることから、この水位低下は分流堰での越流水深を低下させ、分流量を減少させると考えられる。

図-3は、大野川上流から乙津川への分流量の解析結果を示したものである。平面2次元解析では分流量は分流堰天端上の流量を堰幅方向に積分することで求めた。図中には、過去の出水による分流流量、計画高水流量比による配分流量も示している。Run1の結果から、平成16年の樹木繁茂状況では過剰もしくは過小な分流はなされていないことがわかる。また、いずれの結果も計画高水

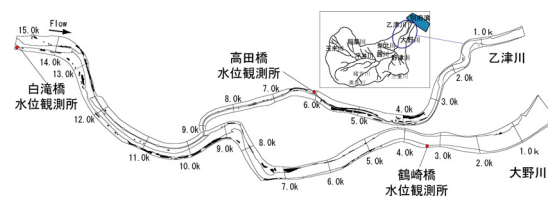
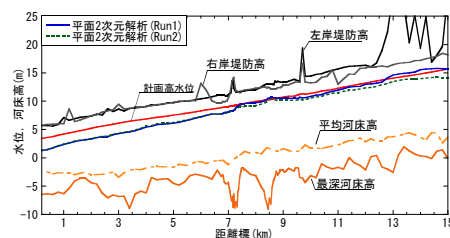
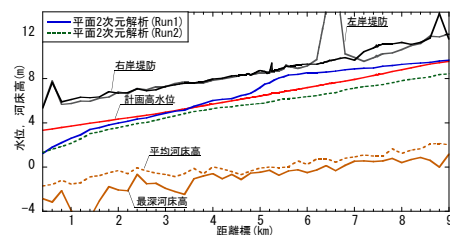


図-1 大野川・乙津川の概要



(a) 大野川



(b) 乙津川

図-2 水位の解析結果

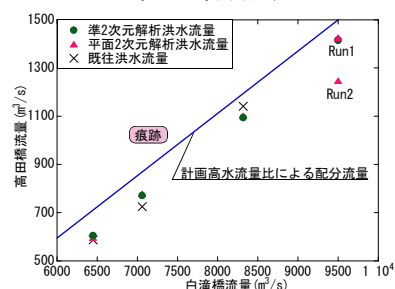


図-3 分流量の解析結果

流量比の関係は保たれている。また、乙津川への流量は Run1 では $1426\text{m}^3/\text{s}$ 、Run2 では $1,248\text{m}^3/\text{s}$ であり 17%程度流量が減少している。このように、分流堰付近の大野川距離標 8～10km の樹木は乙津川への分流量に影響を及ぼす。したがって、この区間の樹木管理は分流量に配慮しつつ行う必要がある。

図-4 は Run1 と Run2 の水位差と流速差を示したものである。水位差については、樹木により水位が上昇する場合に値は大きく、流速差については、樹木により流速が増大する場合に正、減少する場合に負となる。水位差のコンター図より、計画高水位を超える箇所と樹木により水位が上昇する箇所と一致しており、この水位上昇は樹木群により引き起こされていることが確認できる。また、流速差のコンター図より、乙津川では距離標 5km 付近の左岸、大野川では距離標 14km 付近の左岸、13km の両岸および距離標 7km 付近の右岸で流速が増大すること、距離標 9～11km の右岸や距離標 7km の左岸で流速が減少していることが確認できる。

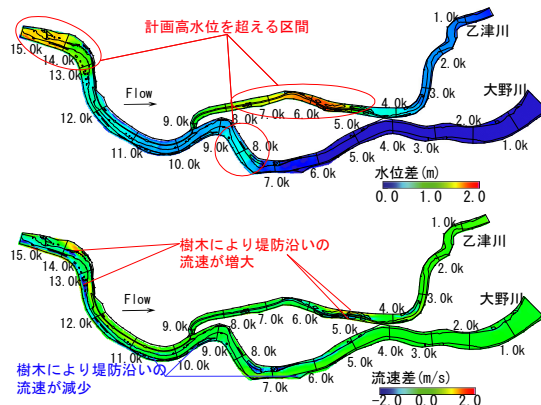


図-4 Run1 と Run2 の水位差・流速差コンター図



図-5 樹木群の有する治水機能

このような区間の河道平面形状の特性量である蛇

行度 S と相対水深 Dr との関係を調べると、水位上昇が顕著な大野川の 13km では、 $S \approx 1.1$ 、 $Dr \approx 0.55$ 、乙津川の 5km 付近では $S \approx 1.02$ 、 $Dr \approx 0.7$ であった。これらの S および Dr を複断面河道での流れの分類³⁾に適用すると、いずれの区間についても低水路線形が流れに影響を及ぼさない直進性の強い複断面蛇行流れとなる。したがって、このような流れが生じる区間に樹木が繁茂する場合には大きな水位上昇を引き起こす可能性があるため、管理上注意を要する。

流速差についても同様に、各距離標での蛇行度 S と相対水深 Dr との関係を調べると、大野川の距離標 7、9～11、15km については低水路線形の影響を受け内岸側または水路中央に最大流速が生じる複断面蛇行流れに、13km では低水路線形の影響を受けない直進性の強い複断面蛇行流れとなる。したがって、7km の内岸部にある樹木群は、内岸で発生する最大流速を減速させる役割を果たしていると考えられる。また、9～11km の右岸側の樹木群は、抵抗として高水敷の流れを河道中央へ向かわせる水制的な役割を果たしていると考えられる。このように、この区間の樹木群については、河岸を保護する機能を有していると考えられる。また 7km の右岸、13、14km の左岸では、樹木群が流れの抵抗となることで流向が変化し、そのため堤防付近の流れが加速される。したがって、この区間の樹木群については堤防沿いの高速流を引き起こす可能性があるため、樹木管理上注意が必要となる。

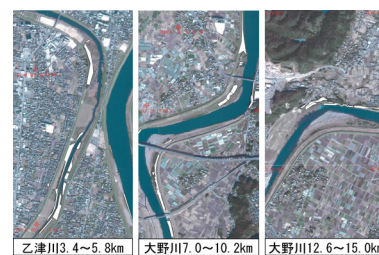


図-6 計画高水位を維持できる樹木繁茂状況

以上のような大野川と乙津川の水位上昇や堤防沿いの高速流を発生させる樹木、堤防・河岸の保護機能を有する樹木をまとめると図-5 のようになる。

最後に、Run3 の結果に基づき、大野川の距離標 8.5km を除く区間で水位が計画高水位程度になる樹木繁茂状況を示した樹木管理マップを作成した。境界混合係数 f 値には大野川と乙津川の平均的な値を用いた。その結果、大野川では距離標 12.6～15.0km の低水路沿いに繁茂する樹木群を全伐採することで、乙津川では大分河川国道事務所が計画および施工を行っている「樹木および竹林伐採計画案」に従って伐採することで、解析水位は計画高水位程度となった。以上を踏まえると、水位上昇に注意を要する区間での計画高水位を維持できる樹木繁茂状況を示す樹木管理マップは図-6 のようになる。

5. おわりに

本研究より、図-5 のような樹木群の有する治水機能、図-6 のような樹木管理マップなどの樹木管理を行う上での有用な情報を得ることができた。

謝辞： 本研究を実施するに当たり、国土交通省九州地方整備局大分河川国道事務所の関係各位には現地調査の実施やデータの提供など多大な協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献： 1) 財団法人国土技術研究センター：河道計画シミュレータ WebSite, <http://kasen-keikaku.jp/index.html>, 2004., 2) 重枝, 秋山：土木学会論文集, No.740/II-64, pp.19-30, 2003., 3) 岡田ら：水工学論文集, 第46巻, pp.761-766, 2002.

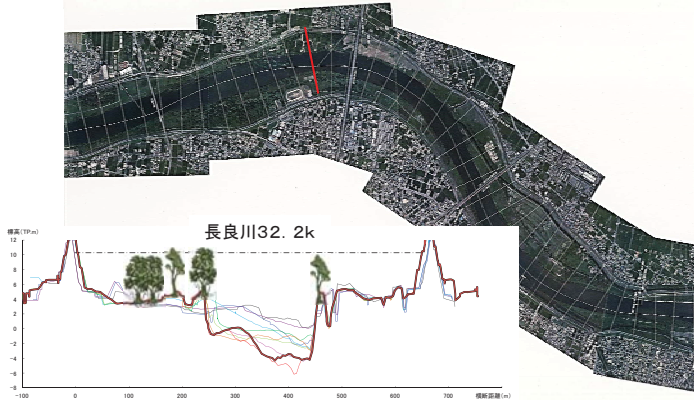
長良川における植生管理の事例紹介

土木学会環境水理部会研究集会2014in岐阜 [H. 26. 5. 9]

【国土交通省木曽川上流河川事務所】

《 長良川の概要 1 》

30. 0k~38. 0k



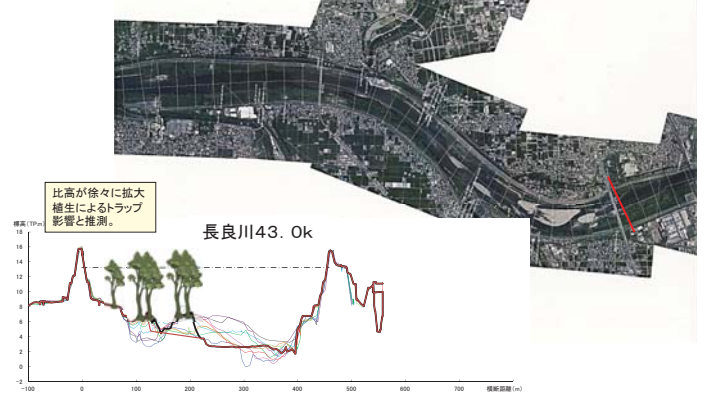
長良川における植生管理の事例紹介

土木学会環境水理部会研究集会2014in岐阜 [H. 26. 5. 9]

【国土交通省木曽川上流河川事務所】

《 長良川の現況 2 》

38. 0k~44. 0k

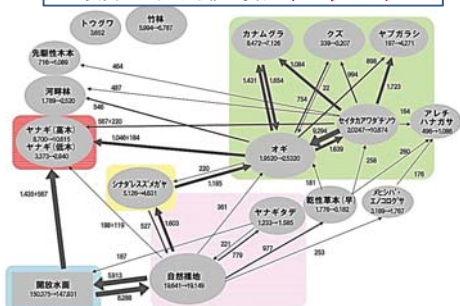


長良川における植生管理の事例紹介

土木学会環境水理部会研究集会2014in岐阜 [H. 26. 5. 9]

【国土交通省木曽川上流河川事務所】

長良川における植生変化 (H14年~H19)



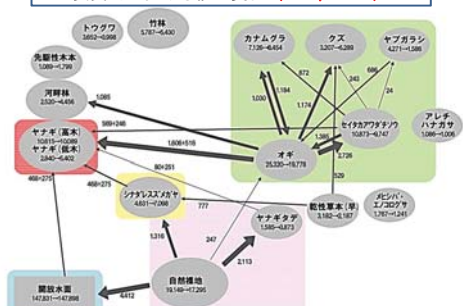
- ・平成14年から平成19年にかけては、平成16年に20年確率規模を超える出水があり、植生消長のうち、**消失のメカニズムが働いた期間**であったといえる。
- ・自然裸地には、礫河原によくみられる**1年生草本のヤナギタデ群落**が侵入した。また、一部には**シナダレスズメガヤ群落**が侵入した。
- ・ヤナギタデ群落やシナダレスズメガヤからヤナギ林への**遷移はほとんどみられなかったが、オギ群落についてはヤナギ林へ遷移した。**
- ・かなり大規模な出水であったものの、**ヤナギ林の消失はみられなかった。**

長良川における植生管理の事例紹介

土木学会環境水理部会研究集会2014in岐阜 [H. 26. 5. 9]

【国土交通省木曽川上流河川事務所】

長良川における植生変化 (H19年~H24)

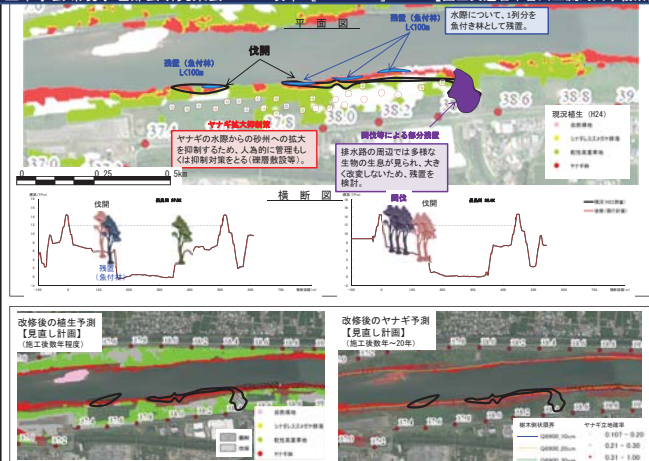


- ・平成19年から平成24年にかけては、**2年確率規模程度のかなり小さな出水**しかなく、植生消長のうち、**遷移のメカニズムが働いた期間**であったといえる。
- ・自然裸地は、少しずつ場所を変えるもののほとんど変わらなかった。
- ・自然裸地からの遷移では、消失のメカニズムが働いた平成14年から平成19年の場合と異なり、**ヤナギタデの侵入よりシナダレスズメガヤの侵入の方が大きかった。**
- ・**シナダレスズメガヤについては、多くがオギに遷移していた。**
- ・ヤナギ林は、**開放水面から直接遷移している場合と、一部オギ群落から遷移している場合があった。**

長良川における植生管理の事例紹介

土木学会環境水理部会研究集会2014in岐阜 [H. 26. 5. 9]

【国土交通省木曽川上流河川事務所】



長良川における植生管理の事例紹介

土木学会環境水理部会研究集会2014in岐阜 [H. 26. 5. 9]

【国土交通省木曽川上流河川事務所】



長良川における植生管理の事例紹介

土木学会環境水理部会研究集会2014in岐阜 [H. 26. 5. 9]

【国土交通省木曽川上流河川事務所】



長良川左岸38k 着手前
(H25. 6. 13)



長良川左岸38k 完成
(H25. 11. 2)



長良川左岸38k 現在 (6ヶ月経過)
(H26. 5. 8)



長良川における植生管理の事例紹介

土木学会環境水理部会研究集会2014in岐阜 [H. 26. 5. 9]

【国土交通省木曽川上流河川事務所】



長良川左岸30.6k 着手前
(H25. 6. 13)



長良川左岸30.6k 完成
(H26. 1. 6)



長良川左岸30.6k 現在 (4ヶ月経過)
(H26. 5. 8)

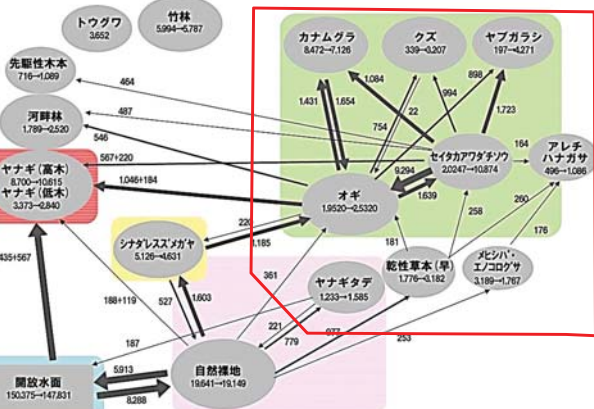


長良川における植生管理の事例紹介

土木学会環境水理部会研究集会2014in岐阜 [H. 26. 5. 9]

【国土交通省木曽川上流河川事務所】

長良川における植生変化 (H19年~H24)



長良川における植生管理の事例紹介

土木学会環境水理部会研究集会2014in岐阜 [H. 26. 5. 9]

【国土交通省木曽川上流河川事務所】

◎樹林化の原因(特徴)

- ・下流域は、低水路に州は見当たらない 州がある箇所でも樹林化していない
- ・樹林化している箇所は、高水敷がほとんどである
- ・樹種はヤナギが多い
- ・今後更に原因の追及が必要(現時点では原因の特定は不明)

◎対策(管理)

- ・将来予測で樹林化しそうな箇所は、消長モデルで推定(計算上)
- ・樹林化しているところは、伐採(間伐)→今のところ、これしか.....
- ・一度伐採した箇所は、ヤブ化の時点でヤブの除去+敷ならし(高水敷)
- 昭和の終わりくらいまでは、やっていた(コスト削減でなくなった)
- ヤブ化の時点で対処することにより、10年~20年間の予算の縮減
- 局所洗掘への対処策にもなる
- 長い目で見た河川管理

◎課題、問題点

- ・計算での予測と実態に差がある場合の対処
- ・計画外への対処(地元要望、例:花火が見えないから切ってくれ!)
- ・予算の確保(シーリングなどでは、真っ先に削減)
- ・木は10~20年 人は2~3年 時間が経てば、思いが伝わりにくなる

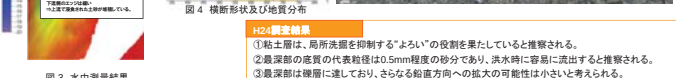
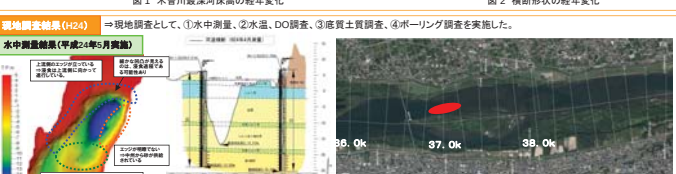
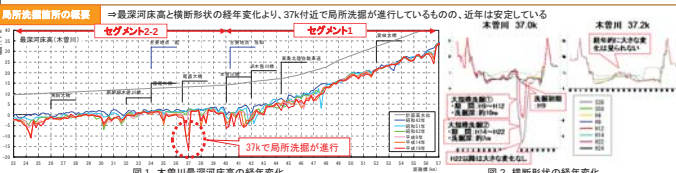
長良川における植生管理の事例紹介

土木学会環境水理部会研究集会2014in岐阜 [H. 26. 5. 9]

【国土交通省木曽川上流河川事務所】

【参考資料】

木曽川の37km付近では、近年顕著な局所洗掘が進行している。局所洗掘の進行により、治水、環境面への影響が懸念されるものの、局所洗掘のメカニズムが明らかになっていない。
H24調査検討では、37km付近を中心に局所洗掘箇所の概略調査を行い、現状の確認及び課題の抽出を行った。



H24調査結果
①粘土層は、局所洗掘を抑制する“よい”の役割を果たしていると考えられる。
②最深部の底質の代表粒径は0.5mm程度の砂分であり、洪水時に容易に流出すると推察される。
③最深部は礫層に達しており、さらなる鉛直方向への拡大の可能性は小さいと考えられる。

樹林化ジョイントワークショップの報告と樹林化カルテ作成の試み

芝浦工業大学 ○宮本 仁志¹⁾

山口大学大学院 赤松 良久¹⁾

名古屋大学大学院 戸田 祐嗣²⁾

1. はじめに

わが国の多くの河川において経年進行する河道の樹林化は、河川を管理するうえでさまざまな問題を引き起こす。この河道樹林化の課題に対して土木学会水工学委員会環境水理部会・河川部会ではこれまで、共催でジョイントワークショップ(以下、「樹林化 JWS」)を開催してきた。2012 年 11 月に神戸で行われた初めての樹林化 JWS では、河川植生・樹林化現象の研究史が整理され、6 篇の研究事例をもとにこれまでに得られた主な学術成果と現在の研究トレンドが取り纏められ、今後の研究・技術開発のあるべき方向性が議論された¹⁾。その結果、現状では研究課題が多様化しているため、まずは「樹林化現象を類型化する」ことが今後の研究・技術開発のあるべき方向性として重要であることが導かれた¹⁾。本報では、それを受けて 2013 年 11 月に東京で開催された「樹林化 JWS 2013 in 東京」の内容を報告するとともに、樹林化現象の類型化にむけての「樹林化カルテ」の素案を提示する。

2. 樹林化ジョイントワークショップ 2013 in 東京

樹林化 JWS 2013 in 東京は 2013 年 11 月 15 日の夕方から 16 日にかけて東京大学において開催された。ワークショップの目的は、樹林化事例の収集と参加者間の情報交換、それに類型化にむけてのキーファクターの抽出である。参加者総数は 24 名であった。

表-1 に樹林化 JWS のプログラム概要を、写真-1 に参加者の集合写真をそれぞれ示す。

初日の最初に、ワークショップの趣旨と運営方法が説明され、目標が設定された。その後、参加者全員の自己紹介が行われた。ここでは、あらかじめ提出された課題ファイルに従って、参加者それぞれが興味をもつ樹林化現象が発表された。Ice Break をかねて軽食をとりながら活発な情報交換が行われた。初日の最後には、各自の発表内容と興味にもとづいて 2 日目のグループディスカッションの班分けが行われた。

2 日目の最初は、清水義彦教授と前野詩朗教授による基調講演が行われた。清水教授は渡良瀬川における砂州掘削による樹林化抑制の対策事例を、前野教授は旭川を対象にした砂州切下げの洪水攪乱増加による樹林化抑制の対策事例を、それぞれ丁寧にご講演頂いた。その後、午前中には前日の班分けにしたがってグループディスカッションと議論の取りまとめ、グループ間の情報交換が行われた。午後には、グループディスカッションの議論をもとに、全体ディスカッションが行われた。樹林化現象の類型化にむけて「樹林化カルテ」の構成要素に関するキーファクターの抽出が試みられた。最後に、ワークショップ全体の取りまとめが行われるとともに、今後の活動に向けての課題が議論された。

表-1 樹林化 JWS のプログラム概要

日 時		内 容
11月15日	18:30-20:00	◎ Ice Break: 自己紹介 with 軽食, Beer ・ ワークショップ趣旨説明, 運営方法, 目標設定 ・ 参加者自己紹介(宿題発表)
	20:00-21:00	◎ 情報交換, ワークショップ2日目のグルーピング
11月16日	9:00-10:00	◎ 基調講演 ・ 清水義彦 教授(群馬大学) ・ 前野詩朗 教授(岡山大学)
	10:00-12:00	◎ Group Discussion, 意見取り纏め
	12:00-12:30	◎ Group間の情報交換, 午前中の中間取り纏め
	12:30-13:30	昼 食
	13:30-15:30	◎ 全体Discussion & 意見取り纏め
	15:30-17:00	◎ ワークショップの全体取り纏めと課題抽出

写真-1 参加者集合写真(安田浩保准教授(新潟大学)提供)



キーワード：河川管理，植生，樹林化，類型化，ワークショップ

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 宮本仁志 miyamo@shibaura-it.ac.jp

1) 土木学会水工学委員会環境水理部会, 2)同 河川部会

3. ジョイントワークショップにおける議論

図-1 は初日の自己紹介に用いた課題ファイルの例である。ファイルには自由記述と指定項目がある。前者は各参加者の樹林化現象に対する個々の興味を、後者は参加者間での問題の共通性を抽出しており、情報交換が円滑に進むように意図して設計された。

この最初の情報交換では、北海道の石狩川水系忠別川や十勝川水系札内川をはじめとする北海道の河川水系から九州の大野川水系大野川、乙津川まで、延べ41 河川の樹林化現象に関する話題が紹介された。植物種としてはヤナギ類が最も多く、ついで竹林、ハリエンジュの順であった。課題・問題点は流下能力不足が多く挙げられ、再繁茂と環境劣化はその半数程度であった。考えられる原因は多様で、河道改修に関連する低水路幅の減少・低水路の固定化・河床低下、ダムの運用、堰・水制の影響、外来種の侵入、砂州の富栄養化など様々であった。対応策は、伐採・伐根の例が一番多いが、そのほか掘削・切下げ、フラッシュ放流、萌芽抑制なども紹介された。

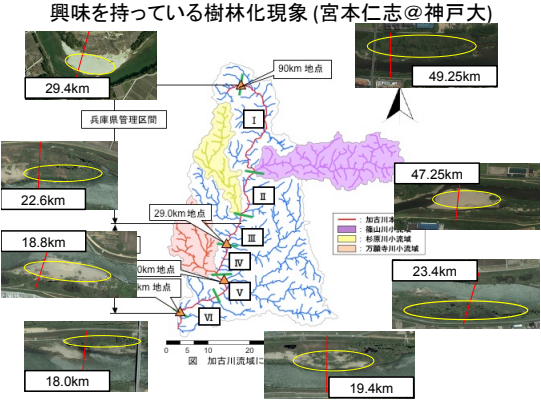
2 日目の午前は、初日の情報交換をもとに班分けされた3つのグループで議論を行った。各グループの主題は1)土砂動態、2)河川間比較および対策、3)河川の平衡状態であった。土砂動態グループでは樹林化に至らないための最適河道幅が議論された。河川間比較および対策のグループでは、各河川間での樹林化現象の共通性と特異性が議論された。セグメントごとに樹林化対策は異なり、セグメント1, 2-1 では攪乱による樹林化抑制が、セグメント2-2 では植生置換などによる抑制対策が有効との意見がだされた。さらに、河川間の共通性を浮かび上がらせるには、土砂動態や流況、植物種などに関して全国統一の視点が必要であることが指摘された。河川平衡グループでは、植物や土砂動態、さらに流域特性を含めた河道の平衡状態を明らかにする必要性が議論された。全国の多くの河川は現在樹林化の傾向にあり、樹林化された河道が平衡状態である可能性も意見として挙げられた。さらに、その平衡状態を変えている要因を河川ごとに明らかにする必要性が議論された。

4. 樹林化カルテの構成要素

2 日目の午後は、午前の議論に関してグループ間の情報交換と意見整理を行うとともに、樹林化現象の類型化にむけて「樹林化カルテ」の構成要素を全体で討議した。その結果、非常に多くの要素が抽出された。表-2 は、それらの要素に対して、類型化・現象理解に最低限必要な要素という観点から、筆者らで整理した樹林化カルテの構成要素である。いわば樹林化現象の初診に相当するカルテを目指したものである。これが完成形ということではなく、今後、樹林化現象の類型分類を行う過程で適宜、修正が加えられるものと考えている。

【謝辞】 樹林化 JWS2013 in 東京の実施にあたって両部会の関係各位には様々な面からご支援・ご協力いただきました。清水義彦教授、前野詩朗教授には貴重な研究成果をわかりやすくご講演いただきました。東京大学の知花武佳准教授、尾花まき子研究員には会場を快くご提供頂きました。以上、記して謝意を表します。

【参考文献】 1) 宮本仁志, 赤松良久, 戸田祐嗣: 河川の樹林化課題に対する研究の現状と将来展望, 河川技術論文集, 第 19 巻, pp.441-446, 2013.



(a) 自由記述

興味を持っている樹林化現象(指定項目) 宮本@神戸大	
基本情報	加古川流域、ヤナギと竹林、セグメント:2-1 定期的な現地観測地点は、河口から23-24kmの右岸砂州(勾配1/800) 砂州の下層は礫、上層は細砂
課題・問題点	流下能力不足、環境劣化、再繁茂 (現地観測地点は、切り下げの試験施行区間)
考えられる原因	・砂利採取 ・河川構造物(水制・橋?) ・支川流入
現在取られている (検討されている) 対策	伐採および切り下げ(切り下げ区間ではヤナギの再繁茂) 住民による竹林管理?
その他	樹林化現象の河川流域間の比較、上下流間、砂州間の差異がなぜ生じるのか? その要因整理とそれを踏まえた河川管理に興味があります。

ワークショップで自己紹介に用いていたパワーポイントのフォーマット(指定課題)です。
※赤字の項目は出来るだけ記載ください。※他の項目は分ける範囲で結構です。

(b) 指定項目

図-1 課題ファイルの例

表-2 樹林化カルテの構成項目

	構成要素	
基本情報	◎ 水系・河川名	◎ 対象河道の位置
	◎ 砂礫州 / 高水敷	◎ 樹林化 / 藪蚊
	◎ 支配低な植物種	◎ 課題・問題点
河道	◎ セグメント	◎ 河床勾配
	◎ 川幅(低水路・堤防)	◎ 代表粒径(M, S, T)
	◎ 堰などの有無	
流況	◎ 年最大流量の時系列	◎ 平水位・水深
流域	◎ 上流域の土地利用	◎ ダム等の有無
人為	◎ 過去の改修履歴	◎ 砂利採取
	◎ これまでの対策およびその成功 / 失敗	
その他	◎ 現状写真	
	◎ 航空写真(状況変化の履歴)	

国土交通省河川砂防技術基準とは:国土の重要な構成要素である土地・水を流域の視点を含めて適正に管理するため、河川、砂防、地すべり、急傾斜地、雪崩及び海岸に関する調査、計画、設計及び維持管理を実施するために必要な技術的事項について国土交通省水管理・国土保全局長(河川局長)が定めるもので、河川等に係わる技術の体系化を図り、水準の維持と向上に資することを目的としている。

→国土交通省所管の河川事業等は本基準によって遂行される。

調査編:23章約700ページ。平成26年4月改訂。(前は平成24年6月改訂。)対象:河川、ダム、砂防、海岸

https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/chousa/pdf/00.pdf

「計画」「設計」「維持管理」の適正な実施のための調査手法の提示

計画編:11章約60ページ(基本計画編6章、施設配置計画編5章)。平成16年3月改訂。対象:河川、ダム、砂防、海岸

http://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/gijutsukijunn.pdf

設計編:7章約460ページ。平成9年10月改訂。対象:河川、ダム、砂防、海岸

(書籍としてとりまとめ)

維持管理編:河川編9章約70ページ。平成25年5月改訂。ダム編4章約70ページ。平成26年4月策定。

https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/ijikanri/kasen/pdf/gijutsukijun.pdf

https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/ijikanri_dam/pdf/00.pdf

→本基準は、適宜見直し作業がなされ、公表されていく。

河川砂防技術基準調査編:

- ①総論、 水文・水理現象(②水文・水理観測, ③水文解析),
河道現象(④河道特性調査, ⑤河川における洪水流の水理解析, ⑥河床変動、河床材料変化及び土砂流送の解析),
流域(⑦浸水解析, ⑧河川経済調査, ⑨水害リスク評価), ⑩災害調査,
水質・環境(⑪河川環境調査, ⑫水質・底質調査, ⑬湖沼・ダム貯水池の環境調査, ⑭汽水域の環境調査)
⑮土質地質調査, ⑯総合的な土砂管理のための調査, 砂防(⑰砂防調査, ⑱地すべり調査, ⑲急傾斜地調査, ⑳雪崩調査),
㉑海岸調査, ㉒測量・計測, ㉓調査結果の保存・活用

基準の前提:現状の技術水準に照らし合わせて基準となる調査手法等。

河川そのものだけでなく流域全体の理解。空間的・時間的に広い視野で取り組む。

河川管理施設等の老朽化。既存施設の長寿命化、効果的・効率的な運用。

気候変化、大規模広域災害への対応→災害復旧事業への対応

国際的な技術基準との整合、国際的な活用

流域の地質図・地形図・治水地形分類図・空中写真・迅速測図等基本資料を収集

調査結果の電子化・データベース化。GIS活用。

物質循環解析ソフト共通プラットフォーム(CommonMP,CommonMP-GIS)の活用

「考え方」「必須」「標準」「推奨」「例示」の分類

11章(河川環境調査):生物調査が基本

【目的】<考え方>

- ①河川整備計画等の策定。②改修事業等の河川環境への影響あるいは効果の把握。③自然再生事業の評価。
④河川維持管理。⑤河川環境評価のための系統立ったデータの蓄積。⑥大規模出水による影響把握を目的とする場合。

【計画立案の留意点】<推奨>

- ①環境要素間の連携 ②GISを念頭に置いた空間的関連づけ(調査地点の選定・調査地点の記録)
③変動の履歴を考慮した時間的関連づけ(出水時・平水時) ④管理を念頭に置いた調査(調査→分析→管理)
⑤調査計画の適宜見直し ⑥調査結果の電子データ化・データベース化
⑦目的に応じた調査(計画段階では広く収集。事業の重要性に応じて十分な調査)

【河川環境の要素】<考え方>

- ①河川流量:高水,低水,変動特性。
②川のかたち:空間構造の階層性(流域スケール→セグメント→リーチ→瀬淵)
③時間的变化:出水による変化,動的平衡。
④河床材料・土砂流送:粒径分布,間隙等。
⑤河川水質:水温,溶存酸素濃度,アンモニア態窒素。
⑥連続性:魚道(縦断方向連続性),護岸形状・樋門構造(横断的連続性),河床環境。
⑦生物:植物・付着藻類・魚類・底生動物・鳥類・両生類・爬虫類・哺乳類・陸上昆虫。
⑧生態系:生物群集と非生物的要素。典型性,上位性
⑨景観:見た目,ひとかたまりの生態系を要素とした全体システム,人間の利用

【生物調査の基本】<考え方>

動・植物を調べる生物相調査,生物群集の構成を調べる群集・群落調査,物質やエネルギーの流れを対象とする生態系調査。

【河川の環境調査の手法】<考え方>

個別計画立案にあたっての環境調査は工夫が必要であり、目的に応じた調査計画の立案。

「河川環境の評価のための系統立ったデータの蓄積」「改修事業等により人為インパクトを与える場合の影響の最小化」・・

【調査項目と河川環境把握のための工夫】<考え方>

種々の河川環境の要素の組み合わせが必要

<例示>

高水敷の切り下げに当たっては攪乱の程度の分布と植生分布との関連を理解する必要がある。河道形状と流況を整理することで、比高と冠水頻度の分布が把握できる。

【河川流量調査】【河道形状調査】【河道構成材料調査】【河川水質】【植物調査】【付着藻類調査】【魚類調査】【底生動物調査】
【鳥類調査】【両生類・爬虫類・哺乳類調査】【陸上昆虫類等調査】【河川空間利用実態調査】【河川景観調査】【河川環境の総合的な分析】
【新しい技術の利用】【環境影響評価】【戦略的環境アセスメント】

潜行吸引式排砂管によるダム貯水池内の排砂実験

(独) 土木研究所 ○宮川 仁、(独) 土木研究所 宮脇千晴
国土技術政策総合研究所 櫻井寿之、(独) 土木研究所 箱石憲昭

1. はじめに

ダム貯水池の堆砂対策およびダム下流の流砂環境の保全・改善のために、既存の堆砂対策手法に加えて、より広範囲な貯水池条件に適用可能で、経済的な土砂供給手法が求められている。

そこで、筆者らは貯水池の上下流水位差によるエネルギーを活用したフレキシブル管を用いた排砂手法(通称：潜行吸引式排砂管)の開発を試みている。「潜行吸引式排砂管」とは、フレキシブル管を U 字形状として一方を取水口とし、折返し部(以下、吸引部)の管底面にシートを貼り、吸引部と上流部の管底面等に穴を設けて土砂の吸引口としたものである。これまでに排砂管径 60mm、100mm、200mm による模型実験や堰堤での実験を行い、粘着性のない砂礫については吸引・排砂が十分可能であることを確認している¹⁻³⁾。

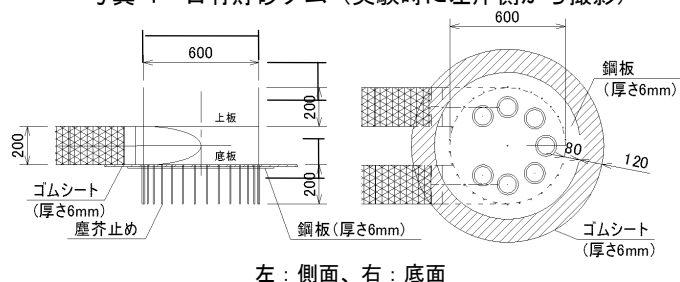
本稿では、千葉県高滝ダム貯水池内の日竹貯砂ダムにおいて、自然堆砂に対する排砂管の適用性に関する知見を得るために実施した現地実験の結果を報告する。

2. 実験方法

実験時の全景を写真-1 に示す。貯砂ダムのダム高は 3.2m、ダム頂長は 82.1m であり、準備も含めた実験期間中(2013 年 11 月 18 日～11 月 23 日)には周辺で降雨は無く、流入量が安定し、水位差は約 1.7m に維持された。既往の堰堤での実験において吸引部の浮き上がりの課題が確認されたため⁴⁾、図-1 に示すように底面にゴムシートを貼ることで、堆砂に吸着しやすい形状に改良した管径 200mm の排砂管を用いて実験を行った。また、高滝ダム管理事務所へのヒヤリングから貯砂ダムの堆砂は、礫分はなく、砂分が約 8 割を占め、これまでの実験結果から十分排砂可能と考えた。実験装置の概要図を図-2 に示す。ダム上流は潜行吸引式排砂管(主に吸引部は鋼製、その他は繊維補強ポリ塩化ビニール樹脂管で構成)を設置、ダム下流は土砂輸送部(硬質塩化ビニール管、電磁流量計、止水バルブ、アクリル管で構成)を設けた。実験の手順は、土砂輸送部を貯砂ダムに固定した後、排砂管を土砂輸送部に連結し、25t ラフタークレーンで吊り徐々に管内を満水にしながら堆砂面上に設置、土砂輸送部も充水した後、下流端のバルブを一気に全開にして、サイフォンを形成させて吸引・排砂を実施した。排砂管の設置時間は 2 時



写真-1 日竹貯砂ダム（実験時に左岸側から撮影）



左：側面、右：底面

図-1 潜行吸引式排砂管吸引部（ケース 1）

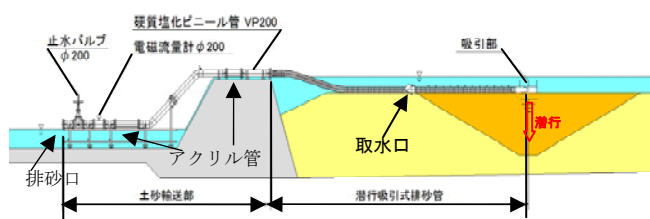


図-2 実験装置概要図

表-1 実験ケース

ケース	実施日	時刻	塵芥止め	排砂管長	初期条件(吸引部設置時)	吸引部重量
1	11月20日	12:30～13:10	あり	25m	下流バルブ全開	263kg
2(予備試験)	11月20日	13:30～15:20	あり	25m	下流バルブ全開	263kg
3	11月22日	9:27～11:05	なし	15m	下流バルブ全開	209kg
4(予備試験)	11月22日	11:15～12:50	なし	15m	下流バルブ全開	209kg

間程度で、比較的簡便に設置することができた。この上で、管内圧力、流砂量、流況等の調査を行った。

実験は表-1 に示す 4 ケースを実施した。うち 2 ケースは実用機能上の知見を得るための予備実験として実施した。ここでは、ケース 1 とケース 3 の結果の一部を紹介する。ケース 1 は、水位差約 1.6m、貯砂ダムの上流約 20m 付近に吸引部を設置、吸引部は図-1 の形状とし、吸引部の堆砂面設置時は下流バルブを全開としたケースであり、ケース 3 は、水位差約 1.6m、貯砂ダムの上流約 10m 付近に吸引部を設置、吸引部は図-1 から塵芥止めを除去した形状とし、吸引部の堆砂面への設置時は下流バルブを全開としたケースである。

3. 実験結果

ケース1の実験開始時(12:30)と実験終了時(13:10)の状況を写真-2に、ケース3の実験開始6分後(9:33)と実験開始15分後(9:42)の状況を写真-3に示す。2ケースとも、吸引部から土砂の吸引が進み、排砂に伴い、すり鉢が形成されている様子が判る。

また、図-3にケース1の吸引部に設置した水位計で計測した鉛直位置とクレーンでの吸引部の吊り荷重の関係を示す。12:30に鉛直位置は初期河床の0を示し、荷重計の値は吸引部が吊られ約300kgを示している。12:33頃に、吊り荷重を下げると、鉛直位置も大きく下がり、12:42頃までに-0.5m程度まで下がった。一方、荷重計の値は土砂吸引が進んだことで、再び吸引部が吊られた状態となり、約300kgに近い値に回復した。その後、吊り荷重を下げたが、鉛直位置は一端下がったものの、12:42頃の-0.6m付近から降下傾向は鈍化、吸引部が堆砂面にほぼ支えられた状態となり、-0.7m付近で停止した。図-4にケース1の排砂口付近の濁度計の計測結果と排砂口での人力でのサンプル採水から得た土砂濃度の関係を示す。12:38頃、12:50頃、13:08頃に土砂濃度を計測し、1.0%未満となった。一方、濁度計の数値は、12:35頃に最大濁度約45NTUを検出し、土砂濃度の最大値の計測ができなかったと考えられた。

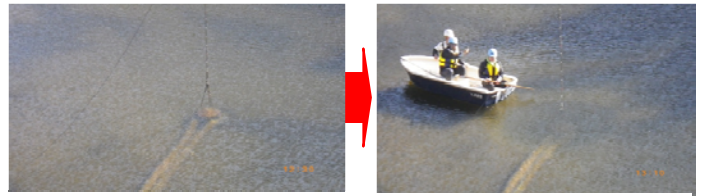
一方、図-5にケース3の鉛直位置と吊り荷重の関係を示す。ここでは、実験初期(9:27:堆砂面に吸引部を設置)から吸引部を全く吊らなかつたため、荷重計の値は開始と同時にほぼ0となり、鉛直位置は急激に下がったが、9:41頃の約-1.1mから下がらなくなった。図-6にケース3の排砂口付近濁度と土砂濃度の関係を示す。ケース1の経験も踏まえ、開始直後からできるだけ土砂濃度を計測することとし、9:30頃、9:40頃、9:50頃の3回計測した。その結果、濁度が高い場合に土砂濃度も高くなる相関関係が見て取れた。また、9:40頃の土砂濃度は約4%を計測でき、この時の濁度が最大値の約40NTUを示したことから、土砂濃度の最大値が計測できたものと考えられた。

4. 報告

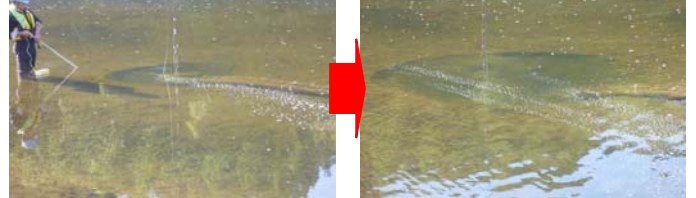
- 1) 潜行吸引式排砂管がダム貯水池内の自然堆砂に対して有効な排砂技術であることが確認された。
- 2) 潜行吸引式排砂管の設置・撤去等において大きな問題はなく、比較的簡便に行うことができた。
- 3) 実用化に向け土砂濃度計測の機械化が必要である。

謝辞

実験に協力いただいた千葉県河川整備課、千葉県市原土木事務所、千葉県高滝ダム管理事務所、加茂土地改良区、養老川漁業協同組合の皆様へ謝意を表します。



実験開始時(11/20 12:30) 実験終了時(11/20 13:10)
写真-2 ケース1における吸引状況



実験開始6分後(11/22 9:33) 実験開始15分後(11/22 9:42)
写真-3 ケース3における吸引状況

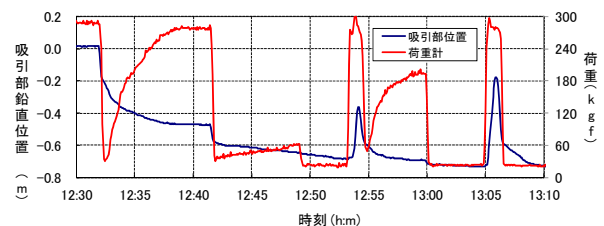


図-3 吸引部鉛直位置と吊り荷重の関係(ケース1)

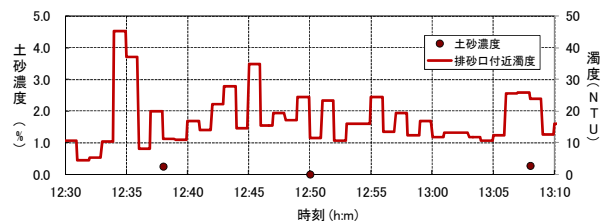


図-4 排砂口付近濁度と土砂濃度の関係(ケース1)

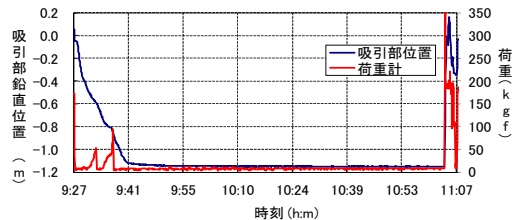


図-5 吸引部鉛直位置と吊り荷重の関係(ケース3)

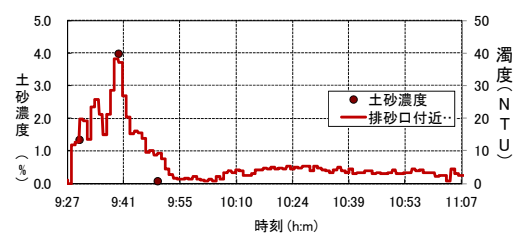


図-6 排砂口付近濁度と土砂濃度の関係(ケース3)

参考文献

- 1) 櫻井寿之、箱石憲昭：貯水池排砂のための潜行式吸引排砂管の開発、河川技術論文集、Vol. 15、pp. 441～446、2009。
- 2) 櫻井寿之、箱石憲昭：大規模実験による潜行吸引式排砂管の開発、河川技術論文集、Vol. 17、pp. 311～316、2011。
- 3) 櫻井寿之、箱石憲昭：潜行吸引式排砂管の現地排砂実験、土木学会論文集B1(水工学) Vol. 69、No. 4、I_1075-I_1080、2013。
- 4) 宮川仁、櫻井寿之、箱石憲昭：貯水池のエネルギーを活用した排砂技術の開発、土木技術資料56-2、2014。

耳川水系ダム通砂に向けた河川環境モニタリング計画と調査の概要

九州電力株式会社 耳川水力整備事務所 流域総合技術グループ 川上馨詞, 鈴木準平, 吉村健

1. はじめに

耳川水系(図-1)では山地から海までを視野に入れた河川の再生を基本方針に掲げた「耳川水系総合土砂管理計画」(宮崎県策定・平成23年)のもと、産官学民の連携による様々な取り組みが進められており、九州電力では同計画の一部に位置付けられる「ダム通砂」の平成28年度からの実施を計画している。ダム通砂とは台風出水時にダム水位を低下させ、貯水池内の水の流れを本来の自然の川の状態に近づけることにより、上流から流れ込む土砂をダム下流に流下させるものである(図-2)。耳川では山須原、西郷及び大内原ダムの連携によるダム通砂¹⁾を計画している。

現在、平成28年度からのダム通砂実施に向け、既存のダムに通砂機能を付加させるための改造工事を山須原・西郷ダムで進めている^{2), 3)}。また、最適な運用ルール策定に向け、国、宮崎県及び学識者らと議論を重ねているところである。

自然相手のダム通砂は、治水・利水・環境面で未解明分野が数多く存在する一方で、環境影響評価法の適用範囲外であり具体的な評価方法は規定されていない。このため、ダム通砂が河川の物理環境と生物生息環境へ与える影響を実際にモニタリングしながら適宜計画を見直す「順応的管理」を基本にした上で、河川の生物生息環境に関する様々な研究情報等も参考にしながら、耳川のダム通砂の特性に応じた適切な評価方法を新たに立案する必要がある。

以上の考えのもと、平成19年度より河川環境モニタリング計画を立案するとともに、当計画に基づく調査を実施しているところである。

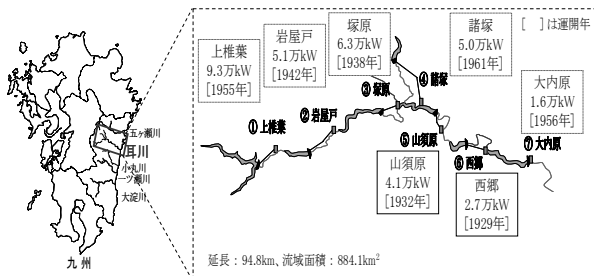


図-1 耳川水系位置図

【現在のダム操作におけるダム堆砂のプロセス(イメージ)】

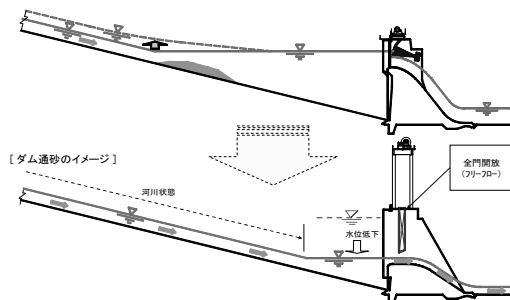


図-2 ダム通砂のイメージ

2. 河川環境モニタリング計画

(1) 基本的な考え方

河川における「ダムを通過する砂や礫が増加するインパクト」に伴い、それぞれ現時点で想定される物理環境及び生物生息環境のレ

スポンスを表-1に示す。

インパクトは一次元河床変動計算により算出したダム通砂による土砂動態の変化¹⁾をもとに設定した。レスポンスは平成19年～23年(4か年)の調査結果や、現在実施している調査の結果並びに漁業関係者の意見などを踏まえ設定した。なお、河口周辺海域においても「河口を通過する砂が増加するインパクト」に伴うレスポンスを河川と同様の考え方で設定した。

環境影響評価は、ダム通砂前後の視点とダム通砂による影響の有無の視点との組み合わせにより行う。ダム通砂の影響を受ける地点(インパクト区)の通砂前後のデータの差には、ダム通砂に伴う変化と自然状態の変化が混在しているため、自然状態の変化を把握しなければダム通砂に伴う影響を把握することができない。そこで、ダム通砂による影響を受けない地点(コントロール区)の自然状態の変化を把握し、その差分を評価することでダム通砂による影響を把握することとした⁴⁾。

表-1 ダム通砂により想定されるインパクト・レスポンス(河川)

インパクト : ダム通砂 (ダムを通過する砂や礫の増加)			
物理環境	水質	平常時	・現況からの変化はない
		出水時	・現況に比べ、SS濃度に含まれる砂分の量は増加 ・シルト以下の細粒土砂については、変化はない
	河床材料		・現況に比べ、ダム下流地点の河床構成材料に占める砂や礫の割合が増加 ・化学的な性状については、現況の良好な状態を維持
	河道形状		・現況に比べ、ダム下流河道の砂洲が発達し、瀬・淵の分布が変化
生物生息環境	動物	魚類	・砂礫環境を選好する種の増加(カマツカなど)
		アユ産卵床	・アユが選好する瀬の増加(細中礫主体の軟らかい瀬)
	底生動物		・砂礫を選好する種の増加(ヤマトビケラなど) ・安定環境を選好する種の減少(造網型など)
		植物	・付着藻類の剥離効果が促進し、より新鮮な藻が繁茂する環境が形成 ・河道形状の変化に伴い、ツルヨシ群落等の分布が変化

(2) 調査地点の設定

調査地点は、「ダム通砂を実施するダムの上下流」、「代表支川の合流前後」を基本として設定した(図-3)。

ダム通砂の影響を受けないコントロール区には、山須原ダム貯水池末端部より上流の河道区間である恵後の崎①に設定した。また、耳川の支川である山須原ダム流域内の七ツ山川④及び大内原ダム下流の坪谷川⑤において、流域・河道特性が本川と類似する地点もコントロール区に設定した。

ただし、ダム通砂はインパクト区が山須原ダムから河口までの広範囲に及ぶのに対し、コントロール区は本川上は恵後の崎①1地点であり、加えて支川の七ツ山川④、坪谷川⑤は本川と流域面積が大きく異なるなど、インパクト区との単純な比較による評価は難しい面もあるため、ダム通砂の影響を評価する際には、コントロール区のデータの位置付けに留意する必要がある。

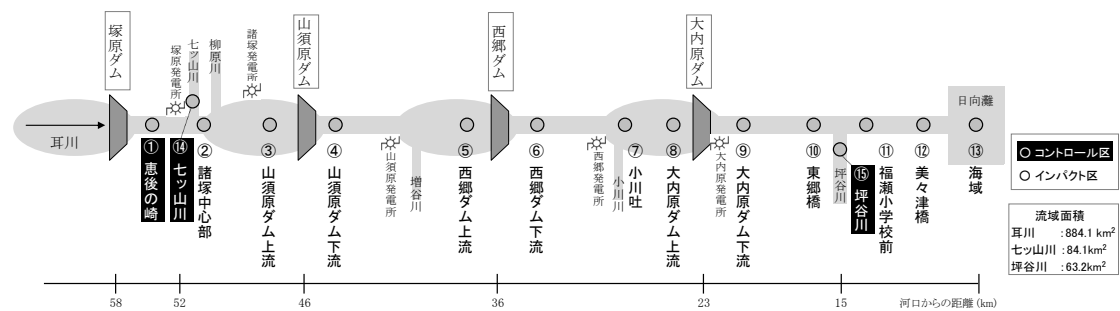


図-3 調査地点の概要

(3) 調査内容の設定

河川における調査の項目と内容を表-2 に示す。表-1 で規定したインパクトレスポンスを把握するための項目としており、それぞれの項目で頻度、調査地点及び調査事項を設定した。なお、河口周辺海域においても河川と同様の考え方で調査内容を設定した。

平成 19 年から平成 23 年までの調査を通じて、平常時の耳川における物理環境と生物環境の関係性が徐々に明らかとなってきた。一方、現況における出水時の環境を把握するためのデータは不足していたことから平成 24 年より出水時の調査内容を追加・充実させるなど、現況環境の把握に向けた調査内容の適宜見直しを行っている。

表-2 調査の項目と内容 (河川)

項 目	時 期		調査内容 (H24~H28)		
	定期	出水	頻 度	地 点	調 査 事 項
物理環境	水 質	○	1回/2か月	全域	現地測定、分析
		—	1回/出水時	全域	現地測定、分析
	河床材料	○	1回/年 (2月)	全域	粒度分布、河床材料調査
		—	1回/出水後	全域	粒度分布、河床材料調査、化学分析
	河道形状	○	1回/年 (11月)	河川区間	セグメント分類、瀬淵の分布
生物生息環境	魚 類	○	2回/2年 (7,10月) H25,27	全域	種構成、現存量、分布
		○	1回/年 (11月)	坪谷川合流点下流	産卵床の分布、産卵の有無、瀬の物理環境
		○	2回/2年 H25,27 1回/2年 H24,26	全域	種構成、現存量、分布
	付着藻類	○	(H21~23年度調査)		
		—	2回/出水後	全域	種構成、現存量、クロフシア
		○	1回/5年 H25	大内原ダム下流	分布

3. これまでの調査結果 (一例)

(1) 河床材料

河床材料調査は、線格子法及び容積サンプリング法により実施している。河床材料調査のうち線格子法により調査した平均粒径について図-4 に示す。大内原ダム下流⑨より下流域では、平均粒径が概ね 100mm 以上であり、上流域よりも粗い傾向が見られた。コントロール区(⑭, ⑮)については、大内原ダム下流域と同等の河川勾配となる地点に設定し、平成 24 年から調査を実施している。セツ山川⑭は平均粒径が 50mm 以下と細かく、坪谷川⑮は平均粒径が 50~150mm 程度とばらつきが大きな結果であった。今後も支川の調査を継続し、データを蓄積していく。

(2) 魚類

図-5 に魚類のうちカマツカの調査結果を示す。カマツカは、一般的に砂の多い淵 (中下流域) に多く生息する種である。西郷ダム下流⑥では、砂が堆積している地点が点在しており、カマツカが比較的多く確認された。一方で、大内原ダム下流域(⑨~⑫)は河床が粗粒化している地点が多く、カマツカがほとんど確認されなかった。

したがってカマツカの生息状況は、ダム通砂による大内原ダム下流域(⑨~⑫)への砂や礫の供給量の増加に伴う生物生息環境の変化を推し量る指標の 1 つとして考えられる。

(3) 底生動物

魚類と同様に、ダム通砂に伴う生物生息環境への影響を評価する

指標種の 1 つとして挙げられるヤマトビケラは、砂や礫で巣を造る携帯型に分類され、砂礫分の含有率に影響を受けやすい生物である。そのため、ヤマトビケラはカマツカと同様に河床が粗粒化している大内原ダム下流域(⑨~⑫)ではほとんど確認されず、一方で、砂や礫が存在する西郷ダム下流域⑥では比較的多く確認された (図-6)。底生動物においては、ヤマトビケラの生息状況が、ダム通砂による大内原ダム下流域(⑨~⑫)への砂や礫の供給量の増加に伴う生物生息環境の変化を推し量る指標の 1 つとして考えられる。

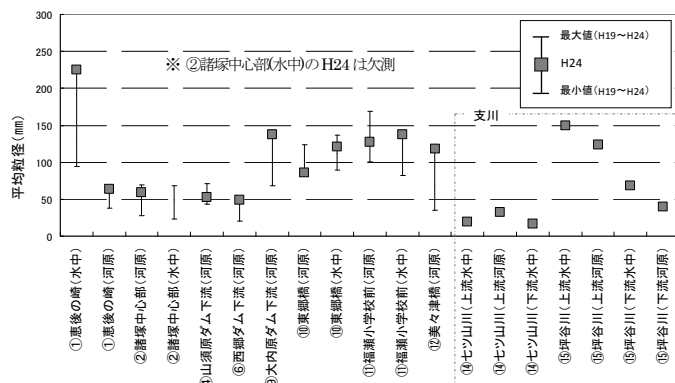


図-4 河床材料調査結果 (線格子法)

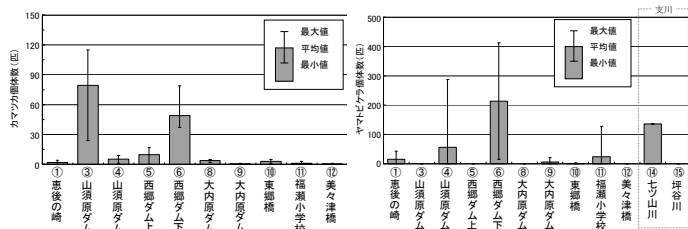


図-5 魚類調査結果

図-6 底生動物調査結果

4. おわりに

ダム通砂に向けて現在実施している環境モニタリングの結果は、「耳川水系総合土砂管理に関する評価・改善委員会(宮崎県)」におけるモニタリング項目の 1 つとして位置付けられている。

産官学民の協働の取組である本委員会における調査結果の共有化は、将来のダム通砂の継続した評価改善に繋がるものと期待している。また、モニタリングは、地元漁協の協力のもと、継続的に実施しており、調査結果に関する意見交換も定期的に行っている。

最後に、環境モニタリングの実施にあたり、ご指導・ご協力を頂いた宮崎県、宮崎大学、流域関係漁協、電力中央研究所及び西日本技術開発㈱の関係各位に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 朝崎勝之, 加来達宏, 山上裕也. 電力土木. No. 360. 2012. pp115-118. 2) 前島龍三, 山口健太郎, 柴田徹. 電力土木. No. 361. 2012. pp19-22. 3) 前島龍三, 向原秀樹, 山木勝彦, 電力土木. No. 367. 2013. pp82-86. 4) 国土技術政策総合研究所, 土木研究所. ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方. 2009.

京都大学大学院工学研究科

京都大学防災研究所

京都大学防災研究所

京都大学防災研究所

○泉 公祐

角 哲也

竹門 康弘

兵藤 誠

1. はじめに

天竜川水系のダム群では、脆弱な地質により上流から多量の土砂供給があるため、堆砂が進行している。堆砂は、ダムの貯水容量を低下させ、下流の河床低下など下流河川環境にも様々な影響を及ぼす。天竜川はアユの名産地であるが、近年漁獲量は減少傾向にあり、河川環境の改善が望まれている。また、ダム貯水池内に堆積した土砂を下流に還元する手法として、近年各地で様々な規模で置き土が実施されつつある。ただし置き土量が限られるため、その効果は明らかになっていない点が多い。そこで本研究では、アユを河川環境の指標とし、天竜川の河川環境の現状を分析し、さらに置き土による河川環境の改善の検討を行った。

2. アユの産卵床と置き土に関する既往知見

好適なアユの産卵床条件には、流速・水深・水温・水質条件に加えて、浅瀬で2~5cmの粒径の礫が浮き石状に軟らかく堆積した状態が必要であるとされている。天竜川においては、このような産卵適地が、砂州下流部に形成されやすいことや、溶存酸素濃度が高い瀬頭で有利となることが知られている（角ほか, 2011）。さらに、河床軟度の高い瀬は、4000 m³/s 程度の中規模以上の洪水で形成され、2000 m³/s 程度の小規模洪水では固化すると予測されている（兵藤ほか, 2014）。

置き土による河床環境の改善事業は、既に一部の河川で試験的に実施されているが、広域の河床地形に影響するほどの土砂量を置いた事例はまだ少ないため、下流河川環境改善のための適切な置き土量や置き土位置についての知見は不足しているのが現状である。一方、各地の河川で漁業協同組合等がアユ産卵床の造成事業として、河床耕耘や置き土の対策を実施しているが、産卵期の直前に産卵場となる場所に直接置き土する方法に限られており、一度増水すると流されて効果が持続しない課題がある（兵藤ほか, 2014）。

3. 研究方法

本研究は、天竜川 15~17km 地点を調査地に設定し、現地調査と2次元河床変動計算による河床地形と河床環境条件の分析を行った。現地調査では、シノと長谷川式貫入試験機による河床軟度の測定、表層水と間隙水の水質調査、河床材料の粒度分析を行った。また、天竜川河道内の鉄塔に河床から約 60m の高さに設置したインターバルカメラで1時間毎に撮影した写真を用いて、洪水前後の地形変化の履歴を分析した。

CCHE2D による2次元河床変動計算によって、2013年2~12月の間に発生した、860 m³/s、500 m³/s、4,900 m³/s、2,100 m³/s の4度の500 m³/s を超える洪水それぞれによる地形変化を比較した。また、瀬を好適化するための置き土条件を検討した。アユの産卵に好適な横断形の瀬を対象として、その上流側砂州上の上・中・下流部に置き土をし、2,100 m³/s、4,900 m³/s、6,000 m³/s の流量を与えて計算を行った。また、置き土部分は移動床、その他は固定床として計算を行った。

4. 現地調査結果

現地調査において、2ヶ所でアユの産卵床を発見した。これらの地点は共に、湧水の湧出するたまりから流路に接続される流水環境で、洪水時に副流路となる地点であった（図-2）。

さらに、産卵床発見地点の直上流には、高さ約 1.5

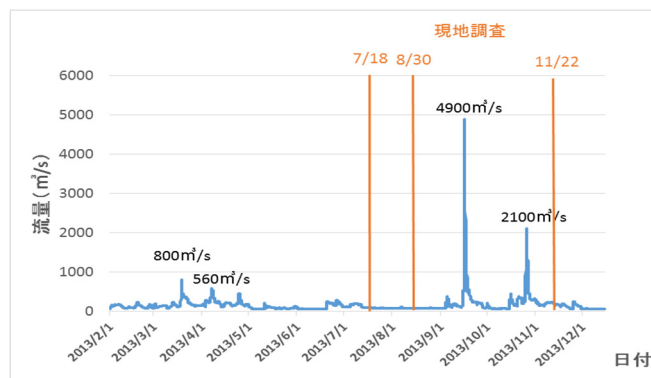


図-1 調査地の流況(鹿島地点)



図-2 アユの産卵床の発見地点



図-3 砂礫帯のフロント

mの砂礫堆のフロントが形成されていた(図-3)。この砂礫堆のフロントにより、流路の水が堰きあげられ動水勾配を生じ、伏流水が湧出する環境が作られたと推察される。また、このような環境は、インターバル写真から、4,900 m^3/s の洪水により形成されたことがわかった。

主流路の瀬と副流路の瀬とでは河床環境条件が大きく異なっていた。主流路の瀬では、D0は10mg/L以上あったが、河床軟度は10cm未満と小さく、アユの産卵床には不適であった。一方、副流路の瀬では、D0は8mg/L以上、河床軟度10cm以上、河床材料5cm以下が多く、いずれもアユの産卵に適した環境であった。

5. 河床変動計算結果

2013年に発生した4つの洪水による地形変化を数値計算で再現した結果、6,000 m^3/s では主流路や砂州地形自体が更新されるのに対して、4,900 m^3/s の洪水のときに、現地調査でアユの産卵床が発見されたような砂州下流部への土砂堆積を生じることがわかった。

置き土の河床変動計算の結果、2,100 m^3/s では、置き土はほとんど流出しなかった。また、6,000 m^3/s では、置き土は流出するものの、上流河道からの土砂供給により地形変化が起こるため、置き土自体の効果は小さいと考えられた。また、4,900 m^3/s の洪水では、置き土の位置が砂州下流部の場合は掃流力が低いため置き土の流出率は小さく、砂州上流部の場合は瀬への土砂堆積量が小さかった(図-4)。さらに、アユの

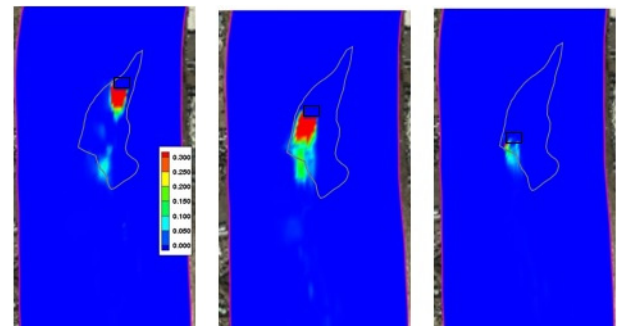


図-4 置き土の流出の様子 (4900 m^3/s)

産卵に適した2~5cm粒径の土砂割合は、中流部に置き土をした際に最も高かった。以上の結果から、置き土を行う場合は年1回生起確率の3,000~5,000 m^3/s 規模の洪水を対象に場所や量を選択して実施することが有効であると考えられる。また、置き土の流出率と瀬での土砂の堆積量の面から、対象とする瀬の上流にある砂州の中流部に置き土をするのが望ましいことがわかった。

なお、置き土の流出率と置き土に発生する無次元掃流力の関係では、無次元掃流力が0.04を超えると流出量が大きくなることが確認され、面的な掃流力分布を数値計算によって予め求めておくことにより、洪水規模ごとの置き土の流出状況を予測し、効果的な置き土計画を立案することができると考えられる。

6. 結論

現状の天竜川では、年1回確率の洪水で瀬に土砂が供給されても、2,000 m^3/s 程度の増水によって河床が硬化し、アユの産卵床として不適になることがわかった。一方、実際に産卵が確認された砂州下流部にある副流路の瀬は、河床軟度、D0、河床材粒度のいずれについても、アユの産卵に適していた。洪水時の置き土の移動量を2次元河床変動計算により検討した結果、横断型の瀬の環境改善策として、瀬の上流側の砂州の中流部に置き土をすれば、瀬への土砂供給が最大化することがわかった。今後、無次元掃流力を面的に評価することにより、効果的な置き土地点の選定ができると考えられる。

参考文献

鈴木崇正・角 哲也・竹門康弘・中島佳奈(2011) 土砂供給に伴うアユ産卵環境の変化予測. 京都大学防災研究所年報, 54B: 711-718.

兵藤誠・竹門康弘・角哲也・栗津陽介・鄧朝暉(2014). 洪水による地形の浸食堆積・硬化軟化プロセスが河川生息場の変動履歴に及ぼす影響, 土木学会水工学論文集, 第58巻2月.

河口干潟域におけるダム撤去による土砂輸送・堆積影響の評価

東京理科大学 学生員 ○吉森 佑介
東京理科大学 正会員 大槻 順朗
東京理科大学 正会員 二瓶 泰雄

1. 目的

熊本県・球磨川にある荒瀬ダム（1955 年竣工）では、現在、国内初のハイダム撤去事業が進行中である。2010 年度より準備段階としてダムゲートの常時解放、2012 年 9 月より撤去工事が着工され、2014 年 4 月現在は水位低下装置（横孔）の敷設やピラーの撤去がなされた段階にある。ダム撤去に伴い、堆積土砂が下流に流下することにより、一時的に土砂供給量が増加することが予測される。特に荒瀬ダムは海域に近い（河口より 19.9km）、影響が沿岸干潟域まで達する可能性がある。著者らはダム撤去に伴う土砂供給特性の変化による環境インパクトを評価するため、2011 年から環境モニタリングを行っている。その結果、干潟域において表層の砂質化が認められ¹⁾、それに伴い生物相の変化も表面化しつつある²⁾。一方で、当地における干潟域での土砂堆積履歴は十分に明らかにされておらず、砂質化がいつから生じ、どの程度の速度で続くのか、というダム撤去の効果や継続性の検討に関わる情報が不足している。本研究では、球磨川河口干潟における土砂堆積履歴特性を明らかにするため、1) 干潟及び周辺沿岸海域における土砂粒度の鉛直分布分析と、2) 河口干潟への浮遊砂・掃流砂の供給量推定、を行った。これらより、球磨川干潟域における堆積速度を推定すると共に、ダム堆積土砂量と比較しながら事業効果の評価を検討する。

2. 研究内容

(1) 現地調査

図-1 に示す調査地点において、堆積物のコア試料および、エクマンバジ型採泥器を用いた表層試料を採取した（採取日：2014/5/22,10/30-31）。堆積物サンプルについては実験室にて、ふるい分けとレーザー回折型粒径分析装置（SALD-3100,（株）島津製作所）によって粒径分析を行った。

(2) 掃流砂および掃流砂供給量の推定

河口域に供給される流砂量履歴を推定するため、金剛橋地点（図-1）にて浮遊砂・掃流砂の供給量推定を行った。浮遊砂には、大槻ら³⁾による観測結果に基づく粒径別 $L-Q$ 式を、横石観測所における水位・流量データを用いて適用し、球磨川への派川分派比を 50%として求めた。掃流砂には、水位（金剛）、流量（横石）、および現地土砂粒度分布を用い、粒径階ごとに適用された芦田・道上式⁴⁾により求めた。対象期間は 1970 年から 2013 年の 43 年間とした。

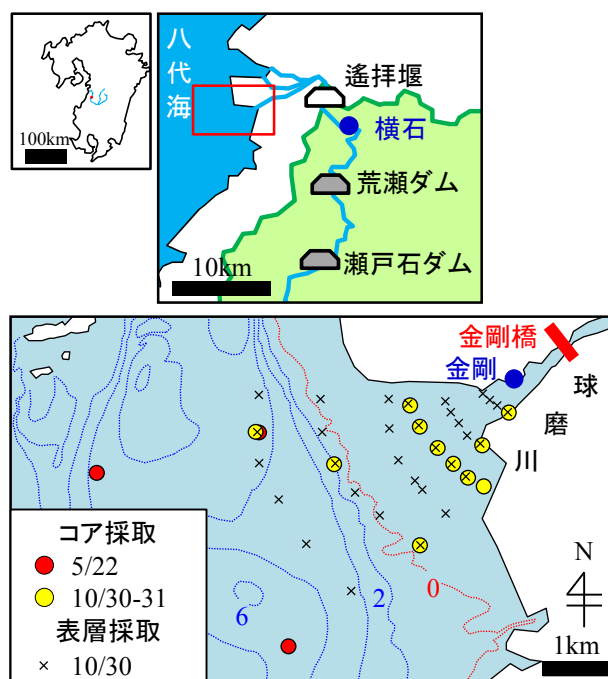


図-1 調査地点位置図

3. 結果と考察

(1) 浮遊砂・掃流砂供給量

粒径階別に適用された $L-Q$ 式及び掃流砂量算定法により得られた累積浮遊砂・掃流砂量の経時変化を図-2に示す。この結果から、過去 43 年間では年平均でそれぞれ、41, 14 万トンの浮遊砂、掃流砂の供給があったと推定され、掃流砂成分は浮遊砂成分に比べ小さい。また、浮遊砂分の 97.5%はシルト ($75\mu\text{m}$) 以下であった。掃流砂分については、ほとんどが細砂であったが (85%), 礫・粗砂成分も大出水時に輸送される。掃流砂分については、干潟全域 (約 5.5km^2) に均等に堆積する場合、堆砂速度が 1.93cm/year に相当する。

(2) 干潟・沿岸海域における底質粒径

干潟域における表層堆積土砂の中央粒径 D_{50} の空間分布を図-3に示す。これより、中央粒径は、河口からの距離と共に単調減少するわけではなく、干潟前縁部の粒径は周囲よりやや大きく、滞筋沿いにも粗い粒径分が見られ、相対的に粒径の大きな成分は干潟内でも滞筋沿いに輸送されていることが分かる。

採取された 14 箇所におけるコアサンプルの傾向を見た結果、概ね水深に応じて、海域型と干潟型とに分類できた。各々、層別に平均化した結果を図-4に示す。これより、海域型ではシルトが卓越し、浮遊砂供給による影響が示唆される。一方、干潟型では掃流砂に対応する中砂が卓越する。また、深度 3cm に着目すると、それより深い位置と比較して礫・粗砂の含有率が高いことが分かる。この粗粒分をベンチマークとし、堆積速度を推定すると 0.82cm/year (2006/7~2013/11) となり、供給量から算出される堆積速度と大差ない。

(3) ダム撤去影響の継続性

ダムゲート開放後に生じた 2011 年 6 月出水が過去 10 年で最大規模であり、それ以降は目立った出水は無く、顕著な掃流砂輸送も生じていないことが分かる (図-2)。それに関わらず、2011 年 8 月以降におけるダム下流部 (図面省略) や干潟表層部の粗粒化の進行 (図-4) が生じたのは、上流条件の変化、すなわちダムゲート開放の影響が現れたためである可能性が高い。2010 年のダムゲート開放時点では、荒瀬ダムの堆積土砂量はおよそ 87万 m^3 であり、球磨川の年間供給掃流砂量を推定値より 21万 m^3 とすると、今後 4, 5.年程度のスパンで影響が継続すると予測される。

参考文献

- 1) 大槻ら：荒瀬ダム撤去影響評価に向けた球磨川及び河口干潟の土砂輸送・堆積特性の把握，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol.68, No.2, pp.1_1071-I_1075, 2012.
- 2) 小山ら：球磨川河口域における生態系広域モニタリング-カニ類・ハゼ類に基づく荒瀬ダム撤去事前評価-，日本水環境学会九州支部研究発表会講演概要集，p.55, 2012.
- 3) 大槻ら：出水時球磨川における粒径別浮遊土砂輸送特性，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol.69, No.4, pp.1_10631-I_1068, 2013.
- 4) 芦田・道上：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究，土木学会論文報告集，Vol.206, pp.59-69, 1972

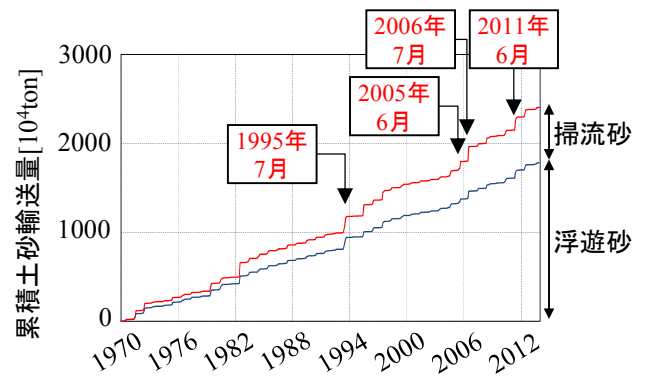


図-2 過去 43 年間における球磨川河口干潟への浮遊砂・掃流砂供給量の推移

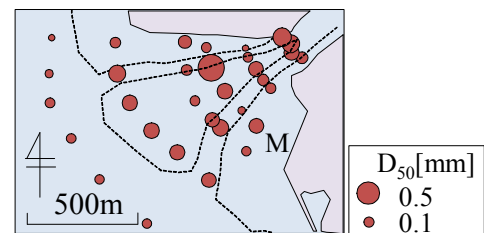


図-3 干潟域における表層土砂の中央粒径 D_{50} の空間分布 (2013 年 10 月)

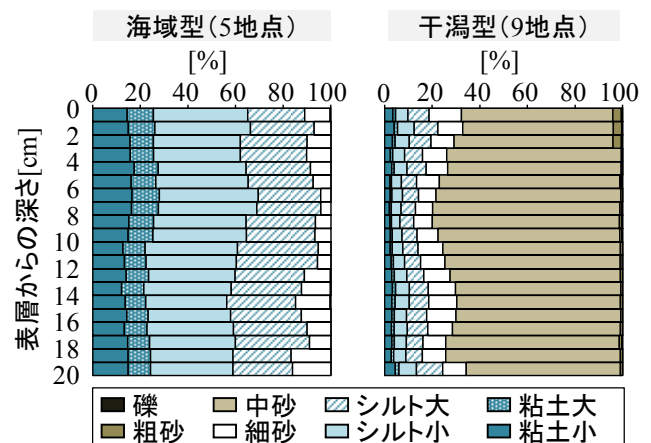


図-4 球磨川河口域における堆積土砂の鉛直粒径分布

ダムフラッシュ放流・置砂の河床環境改善効果の事前評価装置の開発 (基礎検討結果)

井芹 寧(西日本技術開発)・郝愛民・藤田和夫(九州大学)
三小田徹(ネイチャー)・矢野真一郎(九州大学)

1. はじめに

ダム下流域の河川環境改善のため置砂(土)やフラッシュ放流が各地で実施されている。その効果を事前に評価するためには、詳細な調査・予測シミュレーションや大規模な現地試験を行う必要性があり、時間的・経済的な課題となっている。本研究は置砂・フラッシュ放流の付着藻類更新効果を評価する汎用システムを開発することを目的としている。今回は試作機による現地試験の評価結果を報告するものである。

2. 河川流速低下長期影響評価模擬試験

(1) 方法

筑後川上流の大山川において、2002年12月に、水深0.15~0.20m、流速0.2m/s程度(強流速域)の水域から直径約20cmの河床石礫を6個選定し、その内、3個を同水深流速約0.1m/sの水域の河床に移動した(緩流速化)。翌年1月に各石礫から5×5cmの付着藻類の試料を採取し、それぞれの水域の3試料をひとつの混合試料として、藻類組成の比較を行った。

(2) 結果及び考察

付着藻類組成分析結果を表-1に示す。緩流速域に移動させた石礫の付着藻類は、アユの食藻として適した付着性珪藻類が全般的に減少した。それに対し、上流のダム湖で優占する *Aulacoseira granulata* 等の浮遊珪藻類が増加する状況が示された。付着珪藻類の減少量は非常に大きく、緩流速化により河床のアユ食餌環境は悪化したと評価される。なお、緩流速移行で大型糸状藻類の *Chaetophora* sp.が減少していることが着目点としてあげられる。

3. フラッシュ放流、置砂効果簡易予測試験

(1) 方法

従来の水中付着膜採取装置を元に、電動モータの軸に羽を取付け、羽の回転により装置内に一定の水流を発生することが可能なシステムを作成した(写真-1)。本装置を用い、2011年秋季に大山川 写真-1 予測評価装置の減水区間で付着藻類剥離試験を次の4条件で実施し、それぞれの剥離藻類組成の差よりフラッシュ放流(①、②で模擬)・置砂(③で模擬)による藻類相改善効果の予測評価を行った。

- ① 水流弱(石面流速数 cm/s)剥離試料採取
- ② 水流強(石面流速数 10cm/s)剥離試料採取
- ③ 水流強+φ3-5mm 河床砂数 100 粒剥離試料採取
- ④ 水中付着膜採取装置による全量試料採取

(2) 結果及び考察

試験結果を、現況の付着藻類組成と併せて表-2に示し、アユの食餌環境としての改善効果を図-1にま

表-1 緩流速化による付着藻類相の長期的変化

		単位: cells/cm ²		増減
付 着 藻 類		高流速域	低流速移行	
藍藻	<i>Oscillatoria</i> sp.	870	r	↘
緑藻	<i>Staurastrum</i> sp.	r	40	↗
	<i>Chaetophora</i> sp.	2300	r	↘
珪藻	<i>Achnanthes minutissimum</i>	414000	72000	↘
	A. spp.	320	120	↘
	<i>Amphora</i> spp.	40	40	↔
	<i>Aulacoseira distans</i>	80	r	↘
	A. <i>granulata</i>	1120	2080	↗
	A. <i>italica</i>	r	120	↗
	<i>Cocconeis pediculus</i>	1320	840	↘
	C. <i>placentula</i>	520	120	↘
	C. <i>placentula</i> var. <i>intermedia</i>	9160	1600	↘
	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	80	40	↘
	C. <i>stelligera</i>	r	80	↗
	<i>Cymbella amoyensis</i>	42400	19240	↘
	C. <i>tumida</i>	960	480	↘
	C. <i>turgidula</i>	9080	1800	↘
	<i>Diatoma vulgare</i>	28400	15200	↘
	<i>Encyonema silesiacum</i>	120	160	↗
	<i>Epithemia adnata</i>	400	160	↘
	<i>Fragilaria crotonensis</i>	r	360	↗
	F. <i>vaucheriae</i>	r	40	↗
	F. sp.	160	5040	↗
	<i>Gomphonema</i> spp.	360	680	↗
	<i>Melosira varians</i>	17000	3960	↘
	<i>Navicula cryptocephala</i>	160	r	↘
	N. <i>cryptotenella</i>	1600	800	↘
	N. <i>nipponica</i>	4800	2400	↘
	N. <i>suprinii</i>	1600	2000	↗
	N. <i>yuraensis</i>	800	r	↘
	N. spp.	1200	1200	↔
	<i>Nitzschia dissipata</i>	3024000	324000	↘
	N. <i>fonticola</i>	252000	108000	↘
	N. <i>hantzschiana</i>	162000	45000	↘
	N. <i>linearis</i>	r	40	↗
	N. spp.	1493120	162000	↘
	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	26000	31600	↗
	<i>Surirella</i> sp.	40	40	↔
	<i>Synedra acus</i>	r	120	↗
	S. <i>linaealis</i>	6880	4800	↘
	S. <i>ulna</i>	600	640	↗

注) 塗りつぶしは主に止水域(ダム)起源と考えられる種
rは40cells/cm²未満を示す

とめた。その概要は次のとおりである。

① 泥土は水流のみでその多くが剥離した。流+砂で完全に剥離した。② 糸状の珪藻、大型珪藻類は、水流により容易に剥離した。③ アユにとって良好な食藻である *Homoeothrix janthina* は比較的強い流れにも耐え、その糸状体間、基部に、微細な珪藻類等を保持した。流+砂でそれらの多くが剥離した。④ 大型糸状緑藻は水流で分離剥離したが、付着基部は残存した。流+砂で基部も完全に除去された。⑤ 小型の珪藻類は *H. janthina* 群体(叢状)中にあり、水流のみでの剥離量は比較的少なかった。流+砂で、*H. janthina* の剥離と併せて、小型珪藻も流出した。⑥付着柄を有する珪藻が繁茂する時期には、水流(フラッシュ放流)のみでは柄のみ残存し、食餌環境としては悪化した。

総合的な解析により、今回の結果から付着藻類の剥離性を3段階に分類することができた。

今後、装置内と実河川の条件の整合性を明かにし、各河川の実対策モニタリング結果と比較することにより、汎用性のあるシステムとして構築していきたい。

表-2 ハンディー型フラッシュ放流，置砂効果評価試験装置を用いた付着藻類剥離特性の整理

付着藻類等		単位: inds/mm ²			易剥離←剥離特性→強付着		5) 剥離特性分類 (提案)
		ダム上流	減水区間上流	減水区間中流	アユ食藻適性 2)	ダム起源 3)	
藍藻	Anabaena spp.	r 1)	r	r	△	△	A
	Chamaesiphon spp.	300	r	600	○		C
	Croococcus spp.	1280	r	800	△		B
	Homoeothrix janthina	36480	6560	6720	○		C
	Oscillatoria spp.(f) 1)	24	12	8	○		B
	Phormidium spp.(f)	r	r	8	○		B
緑藻	Ankistrodesmus spp.	r	1	r	△	△	B
	Pandrina spp.	0	r	r	○	○	A
	Ulothrix zonata 4)	r	r	r	×		C
	Scenedesmus spp.	r	r	12	△	△	A
	Cladophora spp.	r	r	r	×		C
	Stigeoclonium spp.	12	r	40	×		C
大型糸状藻類 芽		r	1.6	r	×		C
珪藻	Achnanthes spp.	1760	860	880	○		B
	A. crenulata	8	r	r	○		B
	Amphora spp.	r	r	r	△		B
	Asterionella formosa	r	r	16	△	○	A
	Aulacoseira granulata	0	12	6	△	○	A
	A. distans	r	r	r	△		B
	A. japonica	0	r	r	△	○	A
	A. sp.	r	r	r	△		B
	Cocconeis spp.	240	r	16	○		B
	Cyclotella spp.	r	4	16	○	△	B
	Cymbella+Encyonema spp.	40	176	107	○		B
	Cymbella amoyensis	r	1.8	0.4	○		B
	Cymbella amoyensis の付着柄	+ 1)	+++	+++	×		C
	Diatoma spp.	r	0.4	8	○		B
	Epithemia spp.	r	r	r	○		B
	Fragilaria crotonensis	0	16	14	△	○	A
	F. sp.	20	r	16	△		B
	Frustulia spp.	r	r	4	○		B
	Gomphonema spp.	r	180	43.6	○		B
	Gomphonema spp. の付着柄	r	+	+	×		C
	Hydrosera whampoensis	r	r	r	○		B
	Melosira varians	4	22	20	○		B
	Nitzschia spp.	480	720	320	○		B
	Navicula spp.	320	20	107	○		B
	Rhoicosphenia abbreviata	80	12	r	○		B
	Surirella spp.	r	0.2	r	○		B
	Synedra acus	r	r	r	△		B
	S. ulna 大型	r	1.6	0.8	△		B
	S. ulna var. oxyrhynchus	r	0.4	0	△		B
	Synedra or Navicula 小型	100	240	40	○		B
渦鞭(Ceratium 破片)		0	r	r		○	A
有機物残渣		+	+++	+++	×		B
無機泥		+	+++	+++	×		B

注1): (f)は糸状体数を示す。

: rは1 ind/mm²未満を示す。

注2): 検鏡時において、藻類の量(投影面積)と比較して、+: 藻類よりも狭い、+++: 藻類よりも広いを示す。

注3): ○: 胃内容物情報等よりアユの食藻として適、△: 問題はない、×: 不適と推察される。

注4): ○: ほとんど止水域(ダム)プランクトンが起源、△: 止水域(ダム)起源プランクトンが混入していると考えられる。

注5): 太文字は、他の種と比較して細胞が大きいもしくは群体を形成し容量が極めて大きいものを示す。

注6): A: 現状から比較的小さな流速増加で剥離傾向、B: フラッシュ放流により剥離傾向、C: 置砂+フラッシュ放流で剥離傾向にあると推察されるもの。

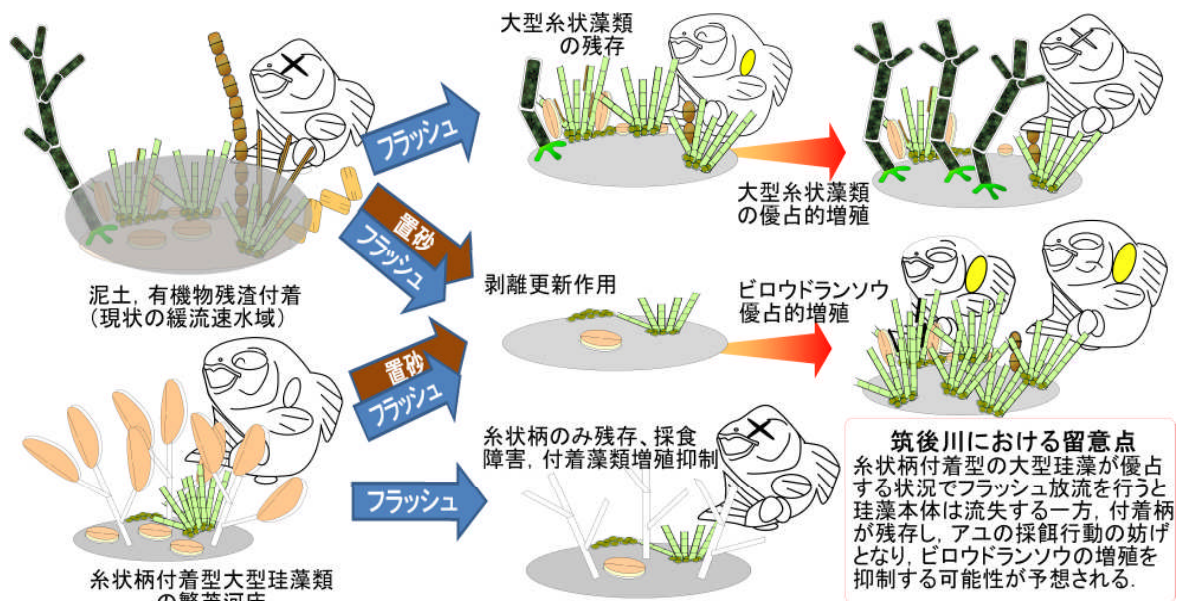


図-1 筑後川における，フラッシュ放流，置砂によるアユの食餌環境への影響予測

ミャンマー・チン州南部の水環境と底生生物群集および少数民族の生活様式

藤野 毅 埼玉大学大学院理工学研究科・環境科学領域

緒言

ミャンマー・チン州はアラカン山脈の南端に位置しアジア・モンスーン気候下で生物多様性の極めて高い地域の一つとされている（図 1）。2012 年 9 月より現地へ赴き、山岳域の水環境と底生生物群集および少数民族の生活様式について紹介する。

雨季と乾季で大きく異なる河川水質

標高 1000m 以上の居住域ミンダットから山を下りて辿り着く主要河川 Chee 川（写真 1）において水を採取し、後に栄養塩濃度を測定した。この地域は地質学上貧栄養とされているが、雨季にあたる 2012 年 9 月 20 日に採取した水の硝酸性窒素は 1.65 mg/l, アンモニア態窒素も 1.44 mg/l, リン酸態リンは 0.27 mg/l であった。なぜこのような高濃度になっているのかを調べたところ、大規模な焼畑による栄養塩の流出が考えられる。同じ場所で乾季にあたる同年 11 月 28 日の採取結果は、それぞれ 0.007 mg/l, 0.024 mg/l, 0.001 mg/l であった¹⁾。

チン州の少数民族の生活

チン州はビルマ族と異なる言語を有する少数民族（チン族）が暮らしている。彼らはマラリアから逃れるために山の尾根に沿って住居を構え、電力供給もなく、主要な生活手段は森林伐採と焼畑である（写真 2）。独自の文化・生活様式を有するが、貨幣経済が浸透し、徐々に近代化が進むにつれて焼畑の休耕期間はより短く、またその範囲は広がっている。人口は増加し、環境の変化に対する危機意識を持つようになった。特に水不足が懸念されている（写真 3）²⁾。

底生生物においても種の多様性が高い

ミャンマーにおける過去の底生生物種の調査はかつてイギリス植民地時代に行われたが、多くが北部カチン州での記録に留まり、当該地域の記録はない。種同定のために夜間のライトトラップを試みる。河川へのアクセスは限られ滞在時期が限られたものの、トビケラ目については過去の文献を照らし合わせても 10 科、15 属、21 種のミャンマー初記録となった。特記すべきは日本の普通種であるヒゲナガカワトビケラ属は、同じ河川で少なくとも 5 種が共存している³⁾。

ミャンマーの河川水量は大きく減っている

山岳地域のみならず、内陸部全体にわたってミャンマーの河川水量は減少傾向にある。GIS を用いて標高分布から水脈分布を描かせると国土全域に渡って豊富な水資源量があるように見えるが、現実には雨季でも干上がっている河川がほとんどである（写真 4）。また、雨季は河床の砂がぬかるみ車での横断が困難になる。それ故、道路整備を行わないと物資を運べず、地元民の日常の一つが道路整備であり、重要な仕事となる。

これからのミャンマーと河川環境における課題

政府は全国的な電力不足の解消のために、多くの主要河川において水力発電用ダムの建設を計画している（写真 5）。イラワジ川本流部においても 16 か所もの Low-head-Dam を建設する方針であり、ノルウェーの技術を取り入れるようである。一方、ミャンマーは水質に関する法律が整備されておらず、排水基準や環境基準がない。さらに水質を厳密に測定できる組織も国内にはほとんどないため、様々な技術供与とともに人材育成が急務である。

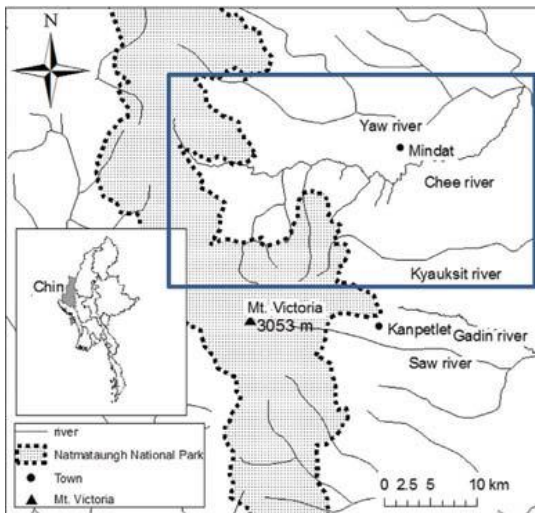


図1 調査地点：南チン州・ミンダット¹⁾



写真1 Chee 川 (2012 年 11 月 28 日)¹⁾



写真2 斜面上の焼畑 (2014 年 3 月 2 日)



写真3 ミンダットの子供 (2012 年 11 月 29 日)



写真4 干上がったままの河川 (2013 年 12 月 19 日)



写真5 イラワジ川本流 16 カ所に小水力発電用ダム建設を計画 (2013 年 10 月 14 日地元プレス発表)

参考文献

- 1) T.Fujino, H.Wityi, A.Nanda (2013) Aquatic invertebrate monitoring in least developed areas in Myanmar - effect of shifting cultivation on water quality, *Advances in River Sediment Research*- Fukuoka et al. (eds), 1611-1617.
- 2) S.N.Senavirathna, H.Wityi, and T.Fujino (2014) Community knowledge and attitude towards regional developmental requirements in remote townships of Chin state, Myanmar, *Int J Hum Cult Stud*. No.24, 25-38.
- 3) H.Wityi, T.Nozaiki, and T.Fujino (2014) A list of Myanmar caddisflies (Trichoptera) including newly collected data, *The 2nd Symp of Benthological Society of Asia (BSA)*, Busan.

瀬戸内海における汽水性希少ハゼ類の分布予測

山口大学大学院 理工学研究科 乾隆帝

1. はじめに

河川汽水域は、地球上の水圏システムのうち最も生産力が高く、また特有の生物が生息する場でもあり、貴重種も多い。なかでもハゼ類は、汽水域の様々な環境に適応しているため、汽水域は多様なハゼ類の生息場所になっている。しかしながら、人為的環境改変による負のインパクトにより、現在では多くの種のハゼ類が、環境省版のレッドリスト（2013）に絶滅危惧種として掲載されている。今後、河川汽水域においてハゼ科魚類の保全策を提言する必要があるが、そのためには各種の潜在的生息適地を明らかにすることが有効であると考えられる。本研究では、流域単位でのハゼ類の分布に着目し、キセルハゼ、クボハゼ、チワラスボ（絶滅危惧 IB 類）、タビラクチ、エドハゼ、チクゼンハゼ、マサゴハゼ、（II 類）、トビハゼ、ヒモハゼ、イドミズハゼ（準絶滅危惧）の 10 種の生息適地を明らかにすることを試みた。

2. 方法

2.1 分布調査

採集調査は、2006 年から 2011 年にかけて、瀬戸内海に流入する 180 水系の河口および河口に隣接する前浜干潟において、タモ網とスコップを用いて行った。また、採集調査をおこなった河川に関して、各種の文献記録の集積もあわせて行った。

2.2 解析方法

流域界は、ArcGIS10 の水文解析により作成した。流域の特性を表す環境要因として、①流域面積、②流域の平均傾斜、③低地（標高 10 m 未満）面積、④低地の平均傾斜、⑤河口流出点から一定距離内（1, 3, 6 km）の平均海底傾斜、⑥河口流出点から一定距離内の平均水深、⑦河口流出点から一定距離内の海面

積を ArcGIS 9.3.1, 10 を用いて算出した。

集水域ごとの各種の分布データと環境データを用い、Maximum entropy modelling (Maxent) を行うことにより、各種の潜在的生息地の推定をおこなった。

3. 結果と考察

調査の結果、キセルハゼが 44 水系、クボハゼが 60 水系、チワラスボが 25 水系、タビラクチが 30 水系、エドハゼが 24 水系、チクゼンハゼが 48 水系、マサゴハゼが 79 水系、トビハゼが 60 水系、ヒモハゼが 90 水系、イドミズハゼが 40 水系に分布することが明らかになった。Maxent の結果、10 種すべてについて AUC が 0.9 以上、感度が 90%以上のモデルが構築された。これらの結果から、GIS で抽出した流域の環境特性により、RL 掲載ハゼ類の分布は十分に予測できることが示された。さらに、10 種の生息適地を重ね合わせることで、瀬戸内海流入河川河口域の潜在的な希少ハゼ相を算出することが出来た。

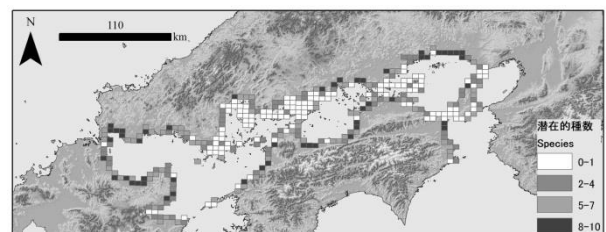


図 瀬戸内海流入河川河口域における RL 掲載ハゼ類の潜在的種数(5 km メッシュで再集計)

有明海における塩淡水成層構造への 諫早湾干拓事業の影響について

九州大学大学院 矢野真一郎・西村 圭右

1. はじめに

2000 年の養殖ノリの色落ち問題から社会問題となった、いわゆる有明海異変について、現在まで様々な研究機関により研究が行われてきた。しかし、現在でもその原因は確定するに至っていない。その原因として、これまでは、諫早湾の湾奥に建設された締切堤により有明海の容積が減少し、さらに有明海の湾軸が短くなることで共振潮汐が弱まり、有明海内での潮流(バロトロピックな流れ)が弱まったという仮説が有力視されていた。しかし、ここ数年の研究の結果、締切堤の建設は諫早湾内部を除いては大きな影響を与えておらず、有明海本体部においては潮流の減少への寄与は少ないということが示されている[田井・矢野(2008)]。

このようにバロトロピックな流れについては、ある程度の結論が得られている。これに比べて密度成層に起因するバロクリニックな流れの構造は未だ不明な点が多く、特に淡水流入条件や潮汐条件により変化する成層や密度流等のダイナミックな構造の近年の変化傾向を明確に示した研究は存在していない。

そこで本研究では、諫早湾の締切堤がある場合とない場合について数値解析を行い、堤防が与えたバロクリニックな流れへの影響の考察を行った。

2. 数値シミュレーションの概要

本研究では、汎用的な沿岸域 3 次元流動モデルである Delft3D を用いた数値モデルを用いた。[矢野ら(2010)]。計算領域は有明海と八代海を結合した範囲とし、計算格子として水平方向には解像度が 10" 間隔 ($\Delta x = 250\text{m}$ 程度)の直線直交座標系、鉛直方向には σ 座標系を適用した。開境界は鹿児島県の阿久根と長崎県の樺島水道を結んだ線上とし、両端の調和定数をもとに 40 分潮成分(主要 4 分潮のみチューニングした)を境界条件として与えた。

淡水流入条件として、8 つの一級河川(筑後川, 矢部川, 嘉瀬川, 六角川, 菊池川, 白川, 緑川, 球磨川)と 9 つの主要な二級河川(塩田川, 鹿島川, 関川, 坪井川, 氷川, 大坪川, 佐敷川, 湯ノ浦川, 水俣川)からの流量を与え、一級河川については用いた流量観測点より下流の流域(残流域)の影響を流域面積比で補正している。

本解析では、諫早湾の締切堤がバロクリニック構造に与えた影響のみについて考察するため、締切堤の有無により流入位置や流入条件が大きく異なる締切堤の南北排水門、ならびに本明川からの淡水流入は考慮していない。風速・風向はアメダス島原の毎正時データ

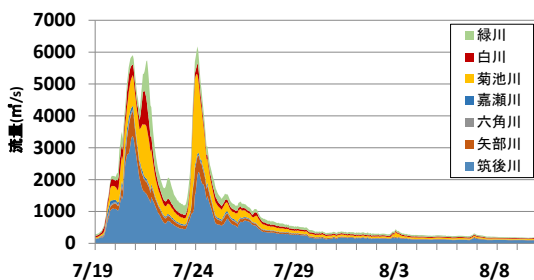


図1 有明海流入河川のハイドログラフ(1級河川)

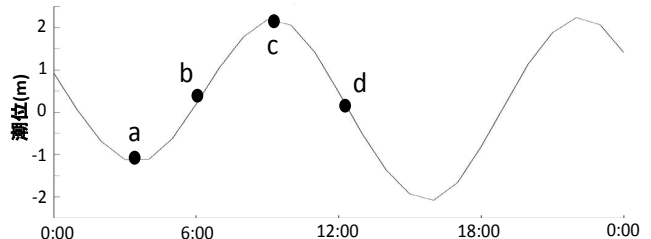


図2 2006年7月26日の潮位変動(図4点A)

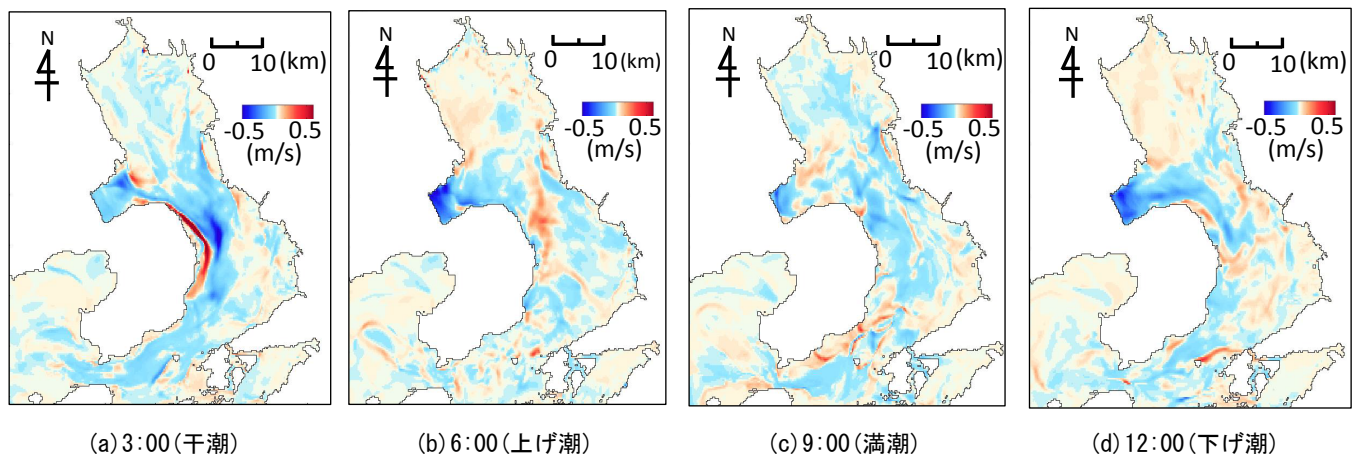


図3 表層での流速の変化量([締切堤がある場合(現状)]-[締切堤がない場合], 7月26日)

を全域一様に与えた。また、水温成層についてはここでは考慮していない。

3. 計算結果及び考察

2006 年について、締切堤がある場合とない場合の 2 パターンについてそれぞれ計算を行い、比較的大規模な出水のあった 7 月 19 日から 7 月 29 日までの期間に関して考察を行った。期間中の一級河川について積算したハイドログラフを図 1 に示す。

まず、締切堤の有無による流速変化について考察する。図 3(a)～(d)に、表層の流速の変化量(締切堤がある場合から締切堤がない場合を差し引いた値)のコンター図を示す。それぞれ、大潮期にあたる 7 月 26 日の (a)3 時(干潮時), (b)6 時(上げ潮最強時), (c)9 時(満潮時), (d)12 時(下げ潮最強時)における図である。当日の潮位は図 2 に示した。

これらより、バロトロピックな場合でも指摘されている通り、諫早湾内の流速はどの時刻においても締切堤により減少していることが分かる。また、下げ潮から干潮にかけて、島原半島沿いに帯状の流速差が正(堤防により増速)と負(堤防により減速)になる領域があることが読み取れる。これは、締切堤の有無による流速の違いにより、島原半島沿いに流下する下げ潮流の慣性力が変化し流軸がずれるために起こったと考えられる。

次に図 4 に示した諫早湾内の点 A において塩淡成層の違いを考察する。図 5 に締切堤がある場合、図 6 に締切堤がない場合の塩分のイソプレット、ならびに図 7 に締切堤がある場合から締切堤がない場合を差し引いて求めた塩分差のイソプレットを示す。図 5 と図 6 の比較より、締切堤のない場合が塩淡成層の度合いが小さくなっていることが読み取れる。また、図 7 から、表層側で負値、底層側で正値が生じていることが示されている。よって、締切堤のない場合ではそれがある場合と比べて流速が増加して鉛直混合が促進されたために成層が解消される傾向が強いことが伺える。

4. まとめ

締切堤の有無が有明海のパロクリニック構造にどのような影響を与えるのかについて数値解析により検討した。その結果、島原半島沿いの海域で顕著な変化が見られた。また、諫早湾内の成層強度にも変化があったことが示された。今後は、淡水影響域やダイナミックな成層構造の変化についてより詳細に検討し、その影響範囲の評価などを行いたい。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金基盤研究(B)「諫早湾と北部有明海におけるパロクリニック構造の動的変化」(研究

代表者：矢野真一郎、24360200)により実施された。ここに記し感謝の意を表する。

〔参考文献〕 1)田井・矢野(2008)：海の研究,17(3), 205-211.
2) 矢野ら(2010)：土論 B2, 66(1), 341-345.

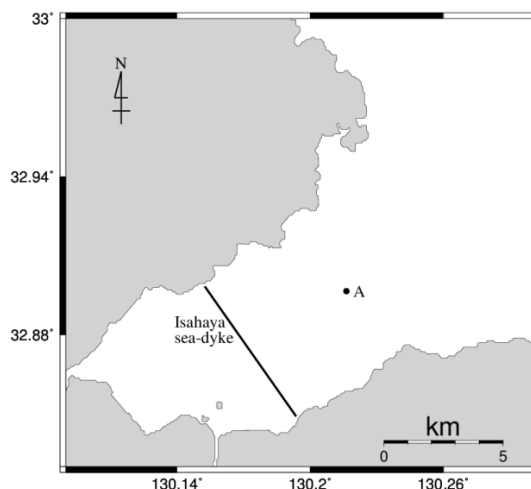


図 4 塩分分布の評価地点

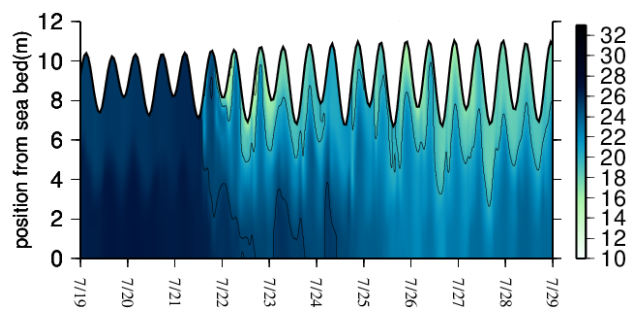


図 5 締切堤がある場合の塩分のイソプレット

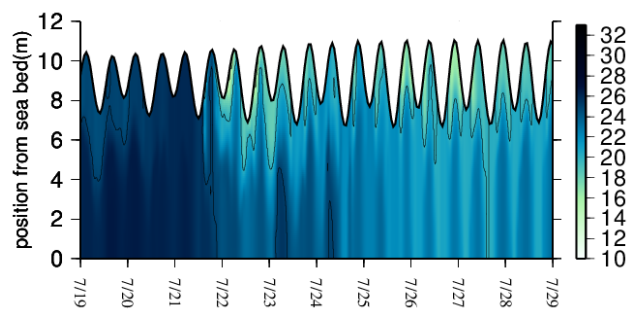


図 6 締切堤がない場合の塩分のイソプレット

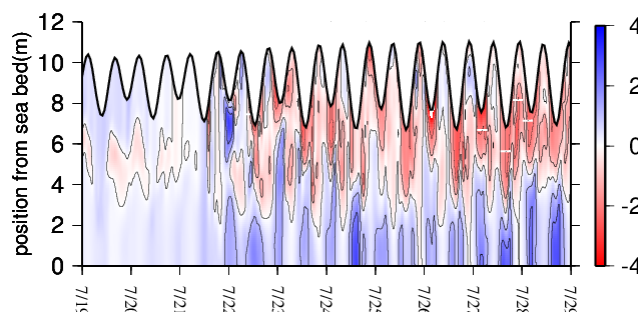


図 7 塩分差のイソプレット

(〔締切堤がある場合〕－〔締切堤がない場合〕)

伊豆沼における底質と湖内植生について

東北大学大学院工学研究科 梅田 信

東北大学大学院工学研究科 仲田信也

1. はじめに

宮城県北部に位置する伊豆沼は、湖面積 2.89km^2 、最大水深 1.6m、平均水深 0.76m の浅い湖である。図-1 に伊豆沼の平面図を示す。伊豆沼および周辺の湿地環境は、多様な動植物の生息地になっており、国内有数の渡り鳥の飛来地としてラムサール条約に登録されている。しかし、家庭排水の流入、水鳥の糞や餌などの影響により水質が悪化し、富栄養化が問題となっている¹⁾。

1978 年の調査によると、伊豆沼の沈水植物群落の面積は約 0.8km^2 であったが、湖内環境の変化に伴い激減した²⁾。現在の伊豆沼では、抽水植物であるハス (*Nelumbo nucifera*) が優占する湖内植生となっている。近年では、ハス群落が増加傾向であり、湖面の面積に対するハス群落の面積は 2006 年の 23% から 2008 年の 44% へと拡大している³⁾。ハスの枯死体が底質中に堆積することで、富栄養化を促進する可能性がある。本研究では、ハス群落が伊豆沼の水環境へ及ぼす影響を評価することを目的とした現地観測を実施している。

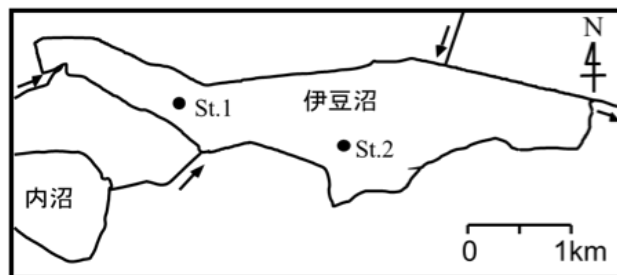


図-1 伊豆沼の平面図と観測地点

2. 研究方法

現地観測はハスの調査に加え、ハスの生長に影響する因子であると考えられる底質の調査も同時に行った。ハスの調査は、まずコドラート ($1\text{m} \times 1\text{m}$) を設定し、コドラート内の地上部のハス（花、葉、茎）および地下茎、枯死体の部分を採取した。底質の調査は、エクマン・バーズ採泥器を用いて、底質を採泥した。観測地点は図-1 に示した 2 地点 (St.1, St.2) を設定した。観測期間は、2013 年 6 月から 12 月（これ以降も継続中）で、観測頻度は、およそ月 1 回程度とした。

3. ハスの現存量および栄養塩の含有率

葉と茎の重量は 6 月から 7 月にかけて急激に増加した。しかし、7 月末の比較的大きな出水による湖水位上昇のため、大部分のハスが枯れた。その後、新しいハスが生えてきたものの、例年は最も繁茂する 8 月において現存量は減少した。また、8 月は開花が顕著な時期であるが、この年は、ほとんど咲かず、調査地点では全く見られなかった。8 月から 9 月にかけてハスは生長したが、葉と茎の現存量は、出水前に測定をした 7 月で最大となった (St.1 で 303.0 g m^{-2} , St.2 で 310.3 g m^{-2})。ハスが枯れ始める 10 月以降は、現存量が減

少した。また、12月には葉は完全に消失した。ハスの枯死体の堆積量は、7月末の大雨の際、ハスの大部分が枯れたため、8月に増加した。10月には、大雨によって枯れたハスに加え、新しく生えてきたハスが枯れ始めたことで現存量が最大となった(St.1で 746.6 g m^{-2} , St.2で 559.8 g m^{-2})。

4. 底質中の栄養塩含有率および炭素含有率

底質中の栄養塩含有率は、St.2よりSt.1が高い値を示した。また、6月から10月にかけて、わずかであるが減少している。根付いた抽水植物は、主に底質から栄養塩を得て、補助的な栄養塩を水中から吸収することが知られている⁵⁾。そのため、ハスが底質から栄養塩を吸収したため、底質中の栄養塩が減少したと考えられる。一方、炭素含有率は、6月から10月にかけて、わずかに増加している。これは枯死したハスが分解されたことで、底質中の有機物量が増加したと考えられる。これらの結果より、ハス群落が底質組成に影響を与えていることが示唆された。

5. おわりに

伊豆沼を対象として、ハスの現存量および栄養塩に関する観測を行った。葉や茎の現存量は、出水による冠水の影響で7月に最大となり、枯死堆積量は10月に最大となった。葉、茎および地下茎の栄養塩含有率は、6月から10月にかけて減少傾向であるのに対し、枯死堆積物の栄養塩含有率は、大きな季節変化は見られなかった。観測結果より、栄養塩貯蓄量を算出したところ、生きたハス(葉、茎)の栄養塩貯蓄量は、7月に最大となり、枯死堆積物の栄養塩貯蓄量は、10月に最大となった。底質に関しては、6月から10月にかけて、栄養塩含有率が減少した。一方、炭素含有率は増加した。これらの結果より、ハス群落が底質組成に影響を与えていることが示唆された。

謝辞

本研究は、宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団の協力により現地観測を実施した。また河川整備基金(25-1212-003, 26-1211-001)およびJSPS科研費(22404008, 24404015)の援助を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 梅田信, 別当雄亮, 進東健太郎: 伊豆沼における底質の巻き上げと湖面風の関連, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.67, No.2, pp. I_615-I_623, 2011.
- 2) 宮城県: 伊豆沼・内沼自然再生事業実施計画書, 2010
- 3) 鹿野秀一, 菊地永祐, 嶋田哲郎, 進東健太郎: 伊豆沼・内沼のハス群集の生育拡大状況, 日本陸水学会講演要旨集, 73: 208, 2008.
- 4) 鈴木康, 三宅保土, 三塚ひろみ, 嶋田哲郎, 溝田智俊: 伊豆沼・内沼のハス *Nelumbo nucifera* の窒素含有率の季節変動, 伊豆沼・内沼研究報告, 4号, pp. 9-18, 2010
- 5) Kuan-Yi, Zheng-Wen, Bao-Hua Guan: Effects of nutrient levels in surface water and sediment on the growth of the floating-leaved macrophyte *Trapa maximowiczii*: implication for management of macrophytes in East Bay of Lake Taihu, China, *Limnology*, 11:95-101, 2010

殿ダム貯水池における水温予測精度向上のための放射推定の研究

鳥取大学大学院工学研究科 山本 茂友・矢島 啓

1.はじめに ダム貯水池における水温予測計算等において、短波のアルベドは一定値や季節による変動を考慮しただけの推定式が用いられることが多い。また、長波放射については国外の観測データから構築された推定式がよく用いられる。したがって、ダム貯水池において精度の高い水温計算を行うためには、短波のアルベドの変動を考慮し、国内の観測データを用いた長波放射の推定式を構築するべきである。そこで、殿ダム貯水池(鳥取市東部に位置)を対象に、実測データを用いて短波のアルベドと長波放射のそれぞれについて推定式を構築する。さらに構築した推定式を用いて、実際のダム貯水池における水温予測精度を3次元数値計算モデル(ELCOM)で評価する。

2.使用データ 殿ダム貯水池に設置された気象観測装置(図-1)で4成分の放射量(短波と長波のそれぞれ上向きと下向き)、風向風速、湿度、気温、気圧を10分間隔で観測している。また、気象観測位置から約200m下流の選択取水塔の前面において、水面からEL160mの範囲において、水温、濁度、電気伝導度、Chl.a、溶存酸素、pHの6水質項目を最小1時間間隔で計測している。使用データは2012年4月1日0時00分～2013年3月31日23時50分の観測値であり、気象データから風速、気温、湿度、気圧、4成分の放射量、水質データから水面における水温、濁度、Chl.aである。



図-1 殿ダム貯水池の気象観測装置

3.検討方法 短波アルベドの推定式は、式(1-1)、式(1-2)、式(1-3)に示す形の重回帰式を用いて構築する。式(1-1)は線形型の回帰モデル、式(1-2)は指数型の回帰モデル、式(1-3)は全ての項に天頂角の余弦の変数を含むモデルである。これは、天頂角の大きさによって各変数がアルベドに与える影響が異なることが従来の研究¹⁾で明らかにされているためである。また、短波アルベドの説明変数は、多変量解析ソフト SPSS Statistics ver.21 を用いて最終的に選択された、湿度(%), 天頂角の余弦, 風速(m/s), 散乱光の割合(%)とし、推定式の構築を行った。

次に、下向きの長波放射の推定に用いる放射式を式(2-1)、式(2-2)に示し、放射式の変数である大気の射出率4個を式(3-1)～式(3-4)に示す。これらの放射の推定式2ケースと射出率の推定式4ケースを組み合わせ、合計8ケースの重回帰分析を行い推定式の構築を行う。また、構築された推定式のうち精度の最も高い推定式を短波アルベド

(1) 短波アルベドの推定式

$$\alpha_1 = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_ix_i \dots\dots\dots(1-1)$$

$$\alpha_2 = \exp(a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_ix_i) \dots\dots\dots(1-2)$$

$$\alpha_3 = a_1x_1(1-y)^{b_1} + a_2x_2(1-y)^{b_2} + \dots + a_ix_i(1-y)^{b_i} \dots\dots\dots(1-3)$$

ここで、 α はアルベド、 $x_1, x_2, \dots, x_i$ はアルベドの変数、 y は天頂角の余弦、 $a_1, a_2, \dots, a_i$ と $b_1, b_2, \dots, b_i$ は係数である。

(2) 長波放射の推定式²⁾

$$L_{D1} = L(1 + aC^b) \dots\dots\dots(2-1)$$

$$L_{D2} = L(1 - C^r) + \delta C^r \sigma T_a^4 \dots\dots\dots(2-2)$$

$$L = \varepsilon \sigma T_a^4 \dots\dots\dots(2-3)$$

$$L_U = \varepsilon_w \sigma T_a^4 \dots\dots\dots(2-4)$$

ここで、 L_D は下向き長波放射(W/m²)、 L_U は上向き長波放射(W/m²)、 ε は大気の射出率、 ε_w は水面の射出率、 σ はステファン・ボルツマン定数=5.67×10⁻⁸(W/m²K⁴)、 T_a は気温(K)、 C は雲量に関するパラメータ、 a, b, r, δ は係数である。

(3) 大気の射出率の推定式^{3), 4)}

$$\varepsilon_1 = 1 - 0.261 \exp(-0.000777(273 - T_a)^2) \dots\dots\dots(3-1)$$

$$\varepsilon_2 = 1.24(e_a/T_a)^{0.14} \dots\dots\dots(3-2)$$

$$\varepsilon_3 = 0.83 - 0.18 \times 10^{-0.067e_a/10} \dots\dots\dots(3-3)$$

$$\varepsilon_4 = 0.79 - 0.17 \exp(-0.96e_a/10) \dots\dots\dots(3-4)$$

(9個の推定式を検討したが、ここでは変数の組合せから上記の4式を代表とする。)

ここで、 e_a は水蒸気圧(hPa)、 T_a は気温(K)を示す。

(4) ELCOMで採用されている推定式

$$\alpha = 0.08 + 0.02 \sin\left(\frac{2\pi j}{D} + \frac{\pi}{2}\right) \dots\dots\dots(4-1)$$

$$L_{DE} = L(1 + 0.17C^2) \dots\dots\dots(4-2)$$

$$\varepsilon_E = 9.37 \times 10^{-6} T_a^2 \dots\dots\dots(4-3)$$

ここで D は365、 j は1年 j 番目の日を表すパラメータ、 L_{DE} はELCOMでの下向き長波放射(W/m²)、 ε_E はELCOMでの大気の射出率である。

ドと下向き長波放射, それぞれ 1 つずつ選択した上で, 水温の再現計算を行う.

再現計算には西オーストラリア大学 Centre for Water Research で開発された 3 次元数値計算モデル ELCOM を用いる. 計算のための貯水池形状のモデルグリッドは, 全領域一様の水平方向に 20m, 鉛直方向に 0.5m とする. また, 水温計算において重要なパラメータである光の減衰係数の設定は, PAR の減衰係数を 0.7m^{-1} , NIR の減衰係数を 1.0m^{-1} , UVA の減衰係数を 1.0m^{-1} , UVB の減衰係数を 2.5m^{-1} に設定した.

4. 短波アルベドと長波放射の検討 ①短波アルベドの推

定: 作成した重回帰式の精度の検討のため, 推定したアルベドから求めた短波の正味放射量と観測から得られた値を比較した. 最も高い推定精度が得られたのは, 式 (1-3) による回帰式(図-2 中の上式参照) であり, RMSE は 8.4W/m^2 , AE は 4.9W/m^2 , R^2 は 0.99 であった. また, ELCOM の推定式である式 (4-1) による結果は, RMSE は 17.4W/m^2 , AE は 11.8W/m^2 であり, 式 (1-3) よりも推定精度が劣ることが確認された.

②下向き長波放射の推定: 重回帰分析によって推定した下向き長波放射の値と観測値を比較した. 下向き長波放射の推定式である式 (2-2) と射出率の推定式である式 (3-2) を用いた推定値が最も精度が高かった(図-2 中の下式およ

び表-1 参照). また, ELCOM で採用されている長波放射の推定式である式 (4-2) と射出率の推定式である式 (4-3) から推定した値と観測値の比較から得られた結果は, RMSE は 35.9W/m^2 , AE は 28.9W/m^2 , R^2 は 0.58 であり, 式 (2-2) と式 (3-2) を用いた場合の精度が高いことが確認された(表-1).

③構築した推定式の妥当性: 2013 年 4 月~2014 年 3 月のデータを用いて構築した推定式(図-2 中の式参照) の妥当性を確認した. 短波アルベドおよび下向き長波放射の観測値と推定値をそれぞれ比較した結果, 精度は 4. で示したのと同程度であり, 殿ダム貯水池において高い精度を有した式であることが確認された.

5. 水温の再現結果 ELCOM を用いた水温の再現計算を 2012 年 5 月 15 日~2013 年 7 月 31 日まで行った. 構築した推定式(図-2 中の式参照) で計算した水温と観測値を比較した結果, 水温の再現性は良好であった. また, 短波アルベドと長波放射のどちらか一方の構築した推定式を適用し, 水温を計算した結果のうち表層水温について, 観測値と共に図-2 に示す. 短波アルベドの推定値のみを適用した場合, 再現性の改善はあまり見られない. 一方, 長波放射の推定値のみを適用した場合は大きく再現性の向上がみられた.

6. おわりに 本研究から, 放射推定の再現性を高めることで精度の高い水温計算を行うことができた. さらに, 表層における水温計算においては, 短波アルベドよりも長波放射の推定精度が重要であることが明らかとなった.

参考文献 (1) Jin, Z.et al., 2004. A parameterization of ocean surface albedo, *Geophysical research letters*, 31, pp.1-4. (2) Duarte, H. F., et all, 2006. Assessing daytime downward longwave radiation estimates for clear and cloudy skies in Southern Brazil, *Agricultural and forest meteorology*, 139, pp. 171-181. (3) Brunt, D., 1932. Notes on radiation in the atmosphere. I, *Q J ROY METEOR SOC*, 58, pp. 389-420. (4) Idso, S. B., 1981. A set of equations for full spectrum and 8 - to 14 - μm and 10.5 - to 12.5 - μm thermal radiation from cloudless skies, *Water resources research*, 17, pp. 295-304.

表-1 観測値と比較した下向き長波放射の推定値の精度結果 (赤字は最も精度が高い値)

式(2-1)	RMSE(W/m ²)	AE(W/m ²)	R ²
式(3-1)	30.9	24.7	0.69
式(3-2)	33.0	25.9	0.65
式(3-3)	27.4	23.0	0.76
式(3-4)	28.9	23.9	0.73

式(2-2)	RMSE(W/m ²)	AE(W/m ²)	R ²
式(3-1)	25.2	20.1	0.79
式(3-2)	24.5	19.4	0.80
式(3-3)	27.3	22.5	0.76
式(3-4)	26.1	21.3	0.78

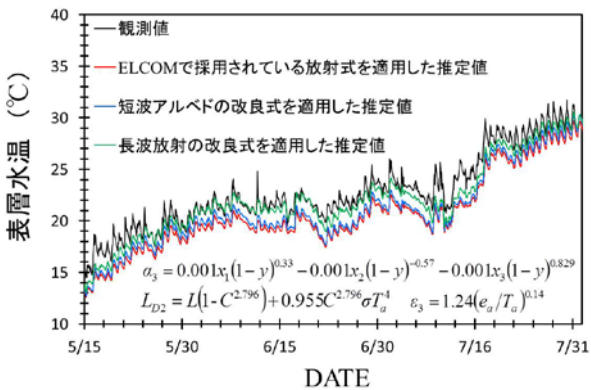


図-2 短波アルベドと長波の一方の推定式を改良した時の表層水温の再現計算結果と観測値の比較結果 (参考のため改善前の結果も示す) また図中に示す式は水温計算に適用した推定式である

分布型流出モデルを用いた底生動物の生息環境評価

○糠澤桂（東北大学），高瀬陽彦（東京都），風間聡（東北大学），渡辺幸三（愛媛大学）

責任著者連絡先：nukazawa@kaigan.civil.tohoku.ac.jp

1. はじめに

平成 19 年に国土交通省が多自然川づくり基本指針を策定し，水生生物の定量的な評価手法の確立が必要となった．そのため，小出水ら¹⁾など多くの研究者が Habitat Suitability Index(HSI)モデルや Physical Habitat Simulation Model(PHABSIM)を用いて河川における水生生物の定量的な生息環境の評価を実施している．

生態系の健全性を評価する際の重要な概念である生物多様性は，「遺伝的多様性」，「種多様性」，「生態系の多様性」というスケールの異なる 3 つの多様性が互いに相関を持つ複層的な概念である．著者らの研究グループは名取川流域内において底生動物を対象とした HSI モデルを構築し，流域内における底生動物の種多様性を推定した²⁾．しかし，使用した生物データには欠落個所が生じていたため，欠落個所を適切に補完した HSI モデルを構築する必要性がある．

以上の背景を踏まえ，本研究では名取川流域における底生動物の生息環境を評価するために，分布型流出モデルを用いて HSI モデルを構築した．さらには，得られた HSI から種多様性を推定する枠組みを構築した．

2. 研究対象地域

研究対象は宮城県中央部に位置する名取川流域（流域面積 939km²）内の河道部とした(図-1)．名取川流域では，上流域は標高 1,000m を越える山岳地帯のために冬季は多くの積雪があり，中流域は仙台市を中心とした市街地を有し，下流域には水田地帯が広がっており，様々な土地利用と自然環境が形成されている．

3. 環境データ

環境指標として水理データ，土地被覆データ，数値的地理データを用いて HSI モデルを構築した．水理データは，分布型水文モデル³⁾を用いて，2006 年 1 月から 12 月までの 1 年間における水深，流速，水温に関する年平均値，年最大値，年最小値の分布データを用い

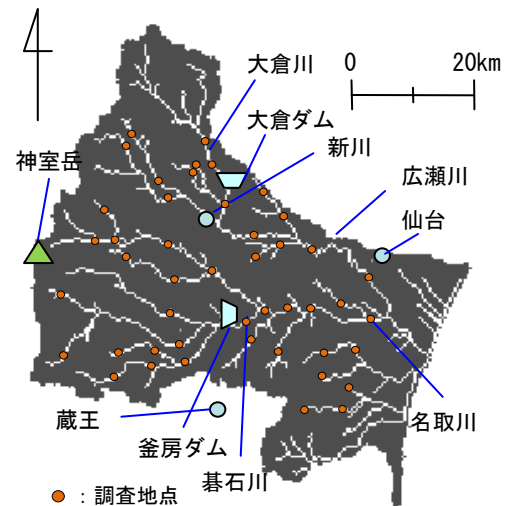


図-1 名取川流域図

た．土地被覆データは，国土数値情報の宮城県土地利用格子データを用いた．数値的地理データは，勾配，市街化率，市街地・森林までの距離のデータを用いた．

4. 生物データ

浜本ら⁴⁾が 2006 年 9 月 5 日～10 月 20 日の間に名取川流域の 45 地点で実施した底生動物サンプリング結果を用いた．調査はコドラード付きサーバーネット (30cm × 30cm, メッシュサイズ：250μm) を用いた定量サンプリングが，各地点で選んだ 3 つの瀬で行われた（採取面積：0.27m²/地点）．全調査地点から底生動物 121 分類群，4,877 個体が確認され，そのうち合計 10 個体以上確認された 43 分類群を対象種とした．

5. HSI モデル

HSI モデルは，対象地域をセルに分割し，セル内の環境指標を用いて生息適性を物理的に評価するモデルである．HSI モデルの構築には，まず，各環境指標に関する Suitability Index(SI)モデルを構築する．本研究では，生息地点における環境データと個体数から作成して基準化した頻度分布図を作成し，これを SI とした．全環

環境指標に関する SI を構築し、これらの幾何平均を求めたものが HSI となり、以下式により表わされる。

$$HSI = \sqrt[p]{\prod_{j=1}^p SI_j} \quad (1)$$

ここに、 SI_j : 環境指標 j の生息適性指数、 p : 環境指標数である。

本研究では、算出した個々の分類群における HSI の再現性を確認するために、説明変数に HSI、目的変数に浜本ら³⁾が観測した個体群密度とする回帰分析を行い、決定係数 (R^2) および統計的有意性 (p 値 <0.05) に基づいて算出した HSI を検証した。検証の結果 25 分類群 (FR) に関して HSI が対象種の生息適性を再現していることが確認できた。

重回帰分析を用いる方法では、底生生物サンプリング結果における対象生物の個体数を目的変数、頻度分布図を用いる手法において用いた全環境指標を説明変数として、SPSS Statistics 17.0 (SPSS Inc.) を用いたステップワイズ重回帰分析により HSI を構築した。ステップワイズ法とは、1 項目ずつ説明変数を取捨選択し、その際に説明変数間の多重共線性を判定し、互いに独立な説明変数のみを重回帰モデルに取り入れる手法である。本研究では、説明変数を取捨選択するステップワイズ法に用いる F 値有意確率は、モデルに組み込む場合に $F=0.05$ 以下、モデルから除外する場合に $F=0.1$ 以上 (MR0.05) として 18 分類群の HSI モデルを構築した。

6. 種多様性推定結果

Shannon-Weiner 多様度指数 (H') を用いて、対象領域内の種多様性について検討した。多様度指数は、「種の豊富さ」と「種組成の均等さ」の 2 つの要素により群集の多様性を表す指数である。多様度指数は以下の式を用いて計算した。

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2(p_i) \quad (2)$$

$$p_i = \frac{HSI_i}{\sum_{i=1}^S HSI_i} \quad (3)$$

ここに、 S : 分類群数 (=25)、 p_i : 全個体数の中で i 種が占める割合である。

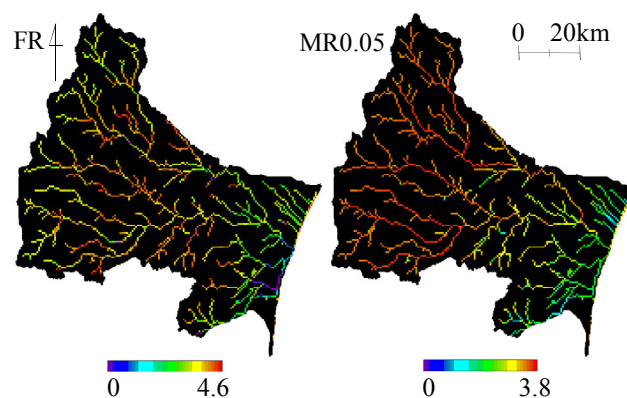


図-2 多様度指数分布図

計算結果を図-2 に示す。FR、MR0.05 とともに山地である上流域から、丘陵地帯である中流域にかけて高い多様度指数を示した。しかし、FR と MR0.05 における多様度指数の空間分布図では、相関係数 $R=0.29$ と低い値を示した。FR と MR0.05 の計算に用いた分類群を確認すると、11 分類群 (FR の 44%, MR0.05 の 61%) が一致していた。HSI モデル構築手法および計算に用いた分類群が半数近く異なる 2 つの手法において同様の結果が得られたため、名取川流域では上流域～中流域にかけて高い底生動物の種多様性を有していることが示唆された。浜本ら⁴⁾は、本研究で用いた調査結果を用いて、調査地点における種多様性の検討を行い、名取川の上中流域、および広瀬川の中流域にて多様度指数が高まると報告しており、この知見は本研究で得られた結果と一致する。このため、本研究において 2 つの手法を用いて実施した結果の妥当性が示された。

参考文献

- 1) 小出水規行, 竹村武士, 奥島修二, 相賀啓尚, 山本勝利, 蛭原周: HEP 法による農業用水路におけるタモロコの適性生息場の評価: 千葉県谷津田域を事例として, 河川技術論文集, Vol.11, pp.489-494, 2005.
- 2) 高瀬陽彦, 糠澤桂, 風間聡, 渡辺幸三: HSI モデルを用いた水生昆虫の種多様性評価手法の開発, 土木学会東北支部技術研究発表会講演要旨集, 2013(CD-ROM).
- 3) Nukazawa K., Shiraiwa J., Kazama S. Habitat evaluation of seasonal habitat variations of freshwater fishes, fireflies, and frogs using a habitat suitability index model that includes river water temperature. Ecological modelling, vol.222, pp.3718-3726, 2011.
- 4) 浜本洋, 風間聡, 渡辺幸三, 沢本正樹, 大村達夫: 宮城県中南部に生息する河川底生動物群集の種多様性の空間階層構造, 水工学論文集, Vol.52, pp.1171-1178, 2008.

環境流体解析におけるスクリプト言語の活用

新谷哲也（首都大学東京）・中山恵介（北見工業大学）

環境流体解析には、計算速度が速い静的な型付けを行うコンパイル型言語が広く用いられている。現存する多くの海洋・海岸・陸水を対象とした数値流体モデル(ELCOM, ROMS, FVCOM, UnTRIM, SUNTANS等)は、その代表格であるFORTRANやC言語によって構築されており、研究・実務に幅広く用いられている。これらのモデルは、様々なアプリケーションを想定して豊富なオプションが用意されているが、近年の多様な適用先とその目的を事前にすべて想定することは不可能である。そのため、ソースコードを取得して自ら修正・コンパイルするか、開発者へ依頼して修正がモデルに組み込まれるのを待つことになる。しかしながら、特に研究の場合、改良・修正は変数やパラメータの追加、式の変形を伴うことが多く合理的な結果を出すまで試行錯誤の過程が必要になる。そのため、結局、モデルのソースコードを修正することに現実的な手段なるが、開発者が自分自身ではない場合は独自に修正した内容はモデルの次期バージョンで採用されるかわからないこと、また部分的に異なる類似のソースコードが氾濫して管理できなくなることなど問題が山積みとなる（実現可能であるが、複雑さが増大する）。本論文では解決策のひとつとして、スクリプト言語を利用した手法を紹介する。

スクリプト言語は、古くはUnixのシェルスクリプト、最近ではPythonやRuby, JavaScriptなど数多く開発されてきている。スクリプト言語は、比較的単純なプログラムを構築する際に利用される他、既存のプログラムを複数組み合わせるためのグルー（糊）言語として用いられることが多い。利用のメリットとしては、コンパイルを伴わないためにプログラム修正と実行が迅速に行えること、動的な型付けに加えて最近では関数型言語やオブジェクト指向言語で重宝される多くの機能が取り込まれ、プログラムデザインが容易になっていることなどが挙げられる。一方、よく知られたデメリットとして実行速度がコンパイル言語に比べて非常に遅いことが上げられる。近年のコンピュータの進歩によって、多くの問題がスクリプト言語で実用的に実行可能になっているが、3次元流体シミュレーションをスクリプト言語で実行するのは今でも現実的ではない。

本研究では、両者の良いところ取りである、修正が想定される部分だけをスクリプト言語で対応し、速度が重要な流体の基本的な計算部分（修正があまりない部分）はコンパイル型言語(C++)で対応するデザインを提案する。この手法を用いれば、修正の度に再コンパイルすることなく、保守面で考えても修正部分だけを記述したプログラムを管理すればよく、複雑さを最低限に抑えることが出来る。この試みは、特に新しい手法ではなく、コンピュータゲームの作成過程において、ゲームのストーリー（台本）を担当する部分（変更が多い・プログラムの専門家でない人が修正：スクリプト言語）と3次元描画や計算の部分（負荷が高い：コンパイル言語）を分離することは頻繁に行われている(浜中, 2010)。また、最近の商用流体モデルではマクロ機能（VBAの様なもの）を有しているソフトウェアもあり、類似の事は出来る。本論文では、提案するコンビネーションが比較的容易に実現可能であること、そして、流体モデルと組み合わせる場合に考えた2種類のデザインを報告する。

スクリプト言語を流体モデルと組み合わせる方法として2種類考えた（図1）。(1)流体モデルにスクリプト言語（Lua, <http://www.lua.org>）を内部言語として組み込む、(2)スクリプト言語(Python, <https://www.python.org>)から流体モジュールを呼ぶ。どちらの場合も、コンパイルされたモデル（モジュール）とスクリプト言語が相互に通信できることが必要がある。そのような両者の橋渡しをする（ラッパー）関数を自動的に生成するソフトウェアSWIG(<http://www.swig.org>)があり、このSWIGで生成された関数群をモデルと同時にコンパイルすることで、スクリプト言語とやりとりが可能な実行ファイルができる。(1)の手法のメリットとしては、言語自身をモデルに組み込んでいるため単独で実行でき、かつスクリプト言語を全く使用しないことも可能であることが挙げられる。(1)のスクリプト言語としてLuaを用いた理由は、スクリプト言

語自身がコンパクト（実行時のライブラリーが数百KB）であるため組み込みに向いていること、そして他のスクリプト言語に比べてより高速な処理を行うことが出来るからである。一方、(2)の手法のメリットとしては、スクリプト言語上で解析に必要な分だけのモデルパーツ（オブジェクト）を生成し、スクリプト言語の柔軟性を利用して、ブロックのように組み立てながらモデルの実行ができることが挙げられる。また、同じスクリプト言語上で動作するモジュール群ともメモリー上でシームレスに結合することが出来る。このような理由から、(2)の場合には、スクリプト言語として周辺モジュールが最も充実しているPythonを選択した。そのため、プリポスト処理を含めシームレスな計算環境を容易に実現することができる。ただし、(1)の場合と異なり、スクリプト言語(Python)を実行できるなど、実行環境に対する要求が伴う。

(1)の手法の例として、鳥取大学を中心に研究が進められている生態系モデルについて説明する。生態系モデルは、考慮する従属変数の選択やパラメーターの調整を伴うため、スクリプト言語の活用には最適な課題である。具体的には、Fantom3DにLuaを組み込み、生態系方程式のうち移流項と拡散項はコンパイルされたソルバーに行わせ、大きな変更が予想される生成項部分をスクリプト言語でモデル化する仕様にした。生態系変数はメモリーの許す限り自由に増やすことができ、またモデル内部のすべての変数値（水温、水深、日射等）がスクリプト言語から参照可能なため、提案されている様々な生態系モデルを組み込んで、手軽に試行錯誤ができる。(2)の手法の例としては、現在開発中の非構造格子環境流体モデル(Fantom Unstructured)がある。詳細は今後どこかで報告する予定であるが、非構造格子モデルを生物的な概念（細胞、細胞膜、神経系等）に基づいて完全オブジェクト化し、複雑になりがちな非構造格子のモデルを単純に表現している。そして、上で述べたように、すべてのオブジェクトがPython上で実体化でき、マクロ的にオブジェクトの入れ換えと組み替えを行いながら流体解析を実行できる。また、大規模計算における速度の低下を避けるために流体解析部分はC++11から正式に採用されたThreadによって存在するコアに対して等分割に処理を任せる仕様となっている。モデルの実行の際に起こる欲求、例えば、移流スキームを変えたい、拡散計算だけしたい、2次元計算をしたい、計算途中で条件を自動的に変更したい、途中で図化したい等はシナリオ（スクリプト）を修正すればすぐに実現できる。

最後に、本論文では概略のみの説明となってしまったが、発表においては詳細と具体例を含めて説明を行う予定である。

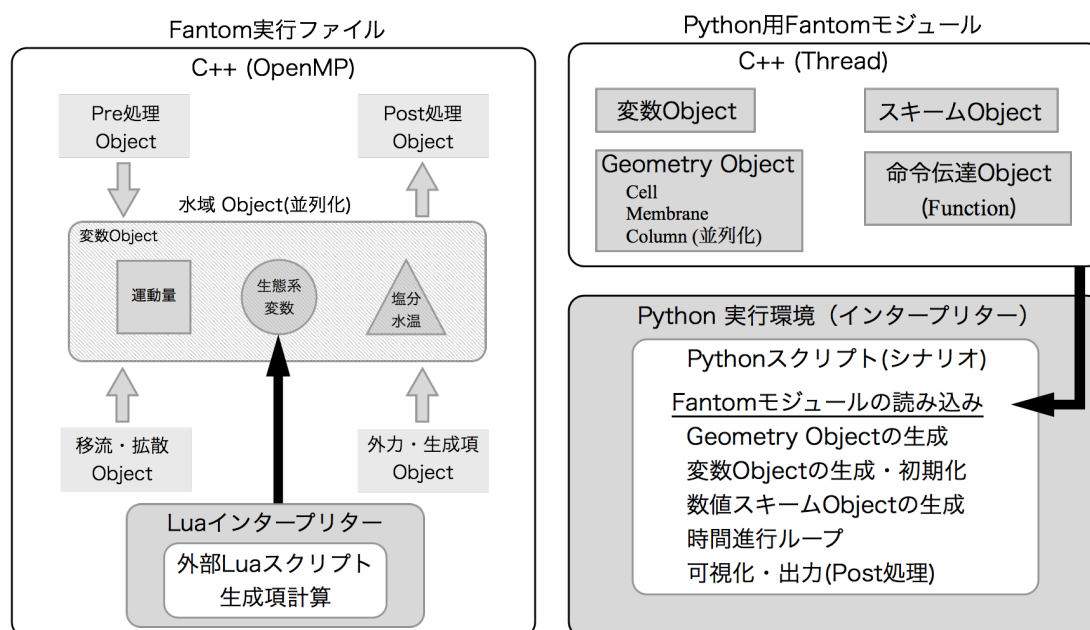


図1：環境流体モデルにおけるスクリプト言語の利用方法

左側：(1)スクリプト言語組み込み型、右側：(2)スクリプト言語から呼び出し型

参考文献

浜中誠 (2010): スクリプト言語による効率的ゲーム開発, SoftBank Creative, 392p.

生態系代謝の算定に基づく流込式水力発電による影響評価

○田代 喬*, 片岡輝之**, スクカ・イェットミル***, 辻本哲郎*
*名古屋大学, **八千代エンジニアリング, *** MegaWat ShPK Company

1. はじめに

流込式発電は最も一般的な水力発電形態であり、多くの場合、急峻な山地溪流に建設された取水堰からの一時取水により運用されている。そのため、堰下流は恒常的な減水区間となり、特に低水期にはしばしば「瀬切れ」や止水域が生じて生態系を変質させる¹⁾。流込式堰堤は広く水系内に分布していることからその生態影響は小さくないが、規模の大きなダムの影響調査に比べて研究事例は少ない。

河川生態系の代謝は、光合成による一次生産と群集呼吸によって成立し、Vannote et al.²⁾の河川連続体説に記載されているように、周囲の景観によって大きく異なることが知られている。Odum³⁾は、河川軸に沿って同様な環境が連続する河川を対象とし、河川水中の溶存酸素の日変動を一次生産速度、呼吸速度、大気から水中への再曝気量により定式化した。計測技術が進化して水中の溶存酸素濃度の高精度な連続計測が可能になった昨今、Odum³⁾の理論に基づく生態系代謝の記述が可能になり、欧米ではその算定のためのマニュアルやソフトウェアが公開されるなど^{4),5)}、環境影響評価のための汎用技術として確立されつつある^{6),7)}。日本では、萱場⁸⁾が溶存酸素濃度データから呼吸速度と一次生産速度を推定したが、依然、観測事例は少なくダムなどの環境影響評価にまでは使用されていない。

本研究では、流込み式発電堰堤が設置された山地溪流の環境影響評価を通じて、河川生態系の代謝評価に関する萱場⁸⁾の手法の有効性について考察することを目的とする。

2. 材料と方法

Odum³⁾によって記述された、水域中の単位体積当たりの酸素の収支式を以下に示す。

$$\frac{dX_{DO}}{dt} = P - R + D$$

ここで、 X_{DO} は溶存酸素濃度、 t は時間、 P は単位体積当たりの生産速度、 R は単位体積当たりの呼吸速度、 D は単位体積当たりの再曝気量である。本研究では萱場⁸⁾にしたがい、大きな水位変動が無い期間に得られた夜間の溶存酸素データを用いて呼吸速度と再曝気係数を算出し、続いてこれらをもとに日中の総生産速度を推定した。なお、本手法が適用できない場合には、期間内の別の日に得られた呼吸速度の平均値を与えて再曝気係数を求めて生産速度を推定した。

解析に必要なデータは、堰堤からの越流が無い低水期を含む2013年夏期の約1カ月間（7月30日から9月3日）、堰堤および上流の背水区間を挟む上下流の2地点に溶存酸素ロガー（Onset社製）と水位ロガー（JFEアドバンテック社製）を設置して連続観測を行うことにより得た。また、この観測期間中、両地点で付着藻類の採取、分析を3回（7月31日、8月9日、9月3日）行った。

3. 結果と考察

水位の観測結果から、35日間の観測期間中、堰堤からの越流が観察されない低水期間は、8月9日から25日、同28日から30日、および、9月1日の延べ21日間であることが明らかとなった。溶存酸素濃度（DO）の観測結果から、堰堤上流（St. H_Up）では水温の高い昼間に常にDOが減少するなど、渓流域でみられる挙動（DOと水温の変動が逆位相）⁹⁾を示していた。一方、堰堤下流（St. H_Down）では、堰堤からの越流がある高水期に上流と同様の挙動を示したのに対し、低水期にはDOが水温の高い昼間に上昇する傾向（DOと水温の変動が同位相）が見られた。DOと水温が同位相で変動する傾向は、光合

成による一次生産活動が活発な中流域の河川における観測事例⁸⁾で確認されていることから、流込式堰堤によって渓流域の生態系が変質している可能性が示唆された。

付着藻類量（強熱減量）については、低水期間を挟んだ8月9日、9月3日の2回において、空間的および時間的に有意な差は認められなかった。ただし、7月31日時点の上下流における付着藻類量には有意な差があり（ $P < 0.01$ ），下流地点におけるそれは顕著に小さかったが、その10日後には有意に大きくなった結果（ $P < 0.05$ ），8月9日時点の上下流における有意差は認められなくなった。この結果は、夏季の堰堤下流の減水区間における付着藻類の早い増殖速度を示した、Skuka et al.¹⁾の報告と一致するものであり、減水区間の安定的な物理条件に起因するものと考えられる。

さらに、出水を除く溶存酸素濃度の観測データから、萱場⁸⁾の方法により各地点の総生産速度を算定したところ、**図1**のようになった。低水期間に入る前の高水期にはほとんど差が認められなかったのに対し、低水期には堰堤下流（ $1.39 \text{ g-O}_2/\text{m}^2/\text{day}$ ）が堰堤上流（ $0.23 \text{ g-O}_2/\text{m}^2/\text{day}$ ）を大きく上回り、その後の出水（8月25～27日）を経てもこの傾向は変わらなかった。なお、この総生産速度は、河川上流域で過去に推定されたそれ（ $0.15\text{-}0.59 \text{ g-O}_2/\text{m}^2/\text{day}$ ）¹⁰⁾と比較すると、低水時の堰堤下流では顕著に大きかった。これらと付着藻類量の結果を合わせて考えるに、低水期の堰堤下流では、活発な生産活動を基盤とする食物連鎖の卓越、あるいは、過剰な付着藻繁茂による「自己剥離」と懸濁態有機物の発生に伴う有機汚濁¹⁾が生じた結果、付着藻類量が抑制されている可能性が考えられた。

本研究において算定した生態系代謝は、個別の各種生態過程に関するデータと比べて、流込式水力発電堰堤による環境影響を総括的に評価できる可能性が示された。ただし、本稿では取り上げていない水中栄養塩の挙動にも影響を及ぼしていると考えられ、因果関係のさらなる精査は必要と考えられる。

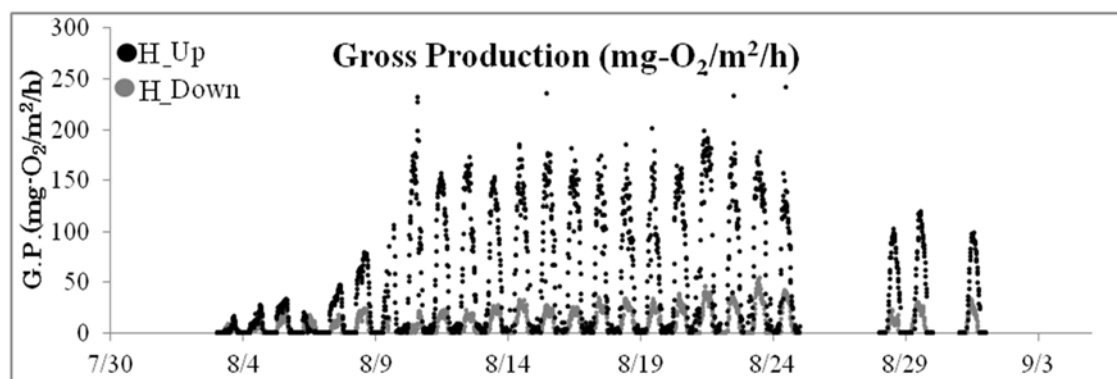


図1 堰堤上下流における総生産速度の比較

参考文献

- 1) Skuka et al.: Journal of Japan Society of Civil Engineering, Ser. B1, 69(4): I_229-I_234, 2012.
- 2) Vannote et al.: Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 37: 130-137, 1980.
- 3) Odum: Limnology and oceanography 1(2): 102-117, 1956.
- 4) Bott: Methods in Stream Ecology, Academic Press, San Diego, CA, USA, 533-556, 1996.
- 5) Bales and Nardi: U. S. Geological Survey Techniques and Methods 4-C2, 33p, 2007.
- 6) Young and Huryn: Ecological Applications 9(4): 1359-1376, 1999.
- 7) Houser et al.: Journal of North American Benthological Society 24(3): 538-552, 2005.
- 8) 萱場：陸水学雑誌 66: 93-105, 2005.
- 9) 加藤：東北地理 23(3): 164, 1971.
- 10) Chessman: Aust. J. Mar. Freshw. Res. 36: 873-880, 1985.

濁水に含まれる無機物の堆積が付着藻類の一次生産に及ぼす影響

*宮川幸雄（土木研究所），森照貴（東京大学 総合文化研究科），
萱場祐一（土木研究所）

1. はじめに

自然または人為的な影響により高濃度の浮遊物質を含む濁水が河川に流入することで、河川環境に様々な影響を及ぼす。濁水の影響を受ける生物の中でも、河床に固着する付着藻類は忌避行動ができないため、濁りの影響を受けやすいと考えられる。付着藻類は、魚類や底生動物などの餌資源となるため、その一次生産の変化は、付着藻類を餌とする河川生物に大きな影響を及ぼす可能性がある。

濁水が付着藻類に与える影響として、濁水に含まれる無機物が、付着藻類を含む膜（以下、付着膜）に堆積し、濁水が収まった後も付着膜に残存する。付着膜に無機物が堆積すると、付着藻類まで到達する光の量が減少し、濁水が収まった後においても、付着藻類の一次生産に影響が及ぶと考えられる。しかし、既存の研究は、濁水中に浮遊する無機物に注目したものが多く¹⁾、濁水が収まった後も付着膜に堆積したままの無機物の影響に関する知見は少ない。そこで、本研究では、濁水に含まれる無機物が堆積し、付着膜の無機物量が増加することで、付着藻類の一次生産速度がどのように変化するかを明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

（1）無機物が堆積した付着藻類の準備

はじめに、素焼きタイル（4.5cm×4.5cm）上に付着藻類を養生させた。養生は自然共生研究センターを流れる実験河川で行い、養生期間は2週間とした。次に、そのタイルを濁水に24時間曝露させ、無機物を堆積させた。無機物量をコントロールするため、浮遊物質（Suspended Solids, SS）濃度及び流速を制御可能な大型の循環管路を用い²⁾、タイル上の付着膜に清水もしくは濁水を24時間曝露させた。このとき、平常時の河川を想定した SS 濃度として 10mg/L に、洪水時の河川を想定した SS 濃度として 1,000mg/L 及び 10,000mg/L の計 3 通りに設定した。1,000mg/L と 10,000mg/L の濁水は、粒径 5 μ m のカオリンを用いて作製した。また、流速については、平常時の河川を想定した 0.5m/s と、洪水時の河川を想定した 4.0m/s に設定した。無機物を堆積させた後、タイル上の無機物量、有機物量、chl. *a* 量を測定した。

（2）一次生産速度の測定

その後、無機物量と一次生産速度との関係を明らかにするため、クロロフィル *a*（以下、chl. *a*）量を付着藻類の現存量の指標として、chl. *a* 量あたりの一次生産速度を求めた。一次生産速度は、小型の閉鎖型循環管路（図 1）に無機物を堆積させた付着膜を入れ、管路内部の溶存酸素濃度の時間変化から算出した。

一次生産速度は日中の光の量の変化により増減する

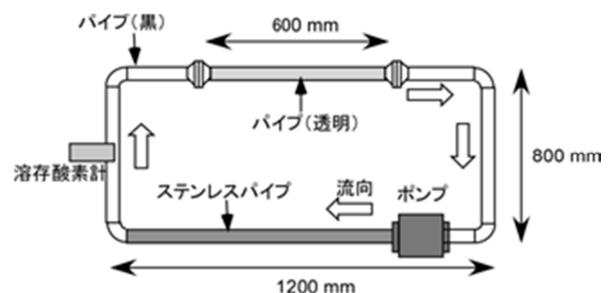


図 1. 一次生産速度の測定に用いた装置の概略図

が、光の量が多くなるほど増加量は次第に減少し、一定値に近づく傾向を示す(図2)。この一次生産速度の最大値は P_{max} とよばれ(図2)、一次生産速度の大きさを比較する指標として用いられる³⁾。このため、本研究では、付着膜の無機物量、有機物量が P_{max} に及ぼす影響を単回帰分析で解析した。このとき、無機物量、有機物量はデータの等分散性と正規性を得るため、常用対数に変換した。

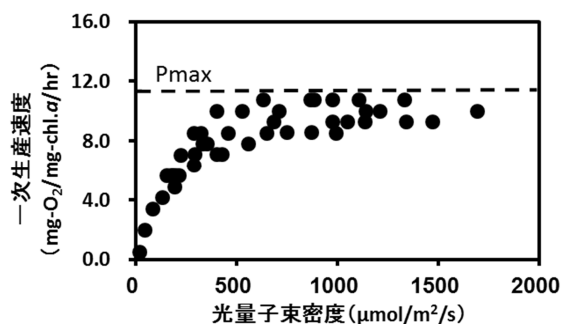


図2. 光量子束密度が一次生産速度に及ぼす影響

3. 結果と考察

解析の結果、無機物量が多いほど、 P_{max} は低くなった ($R = -0.542$, $P = 0.01$, 図3)。一方、有機物量と P_{max} の間に有意な関係は見られなかった ($R = -0.171$, $P = 0.46$, 図4)。このため、濁水に含まれる無機物の堆積により付着藻類への光が遮られ、一次生産速度が減少する可能性が示唆される。今後は、堆積した無機物が時間経過でどのように変化し、その影響がどのように緩和されるかを明らかにする予定である。

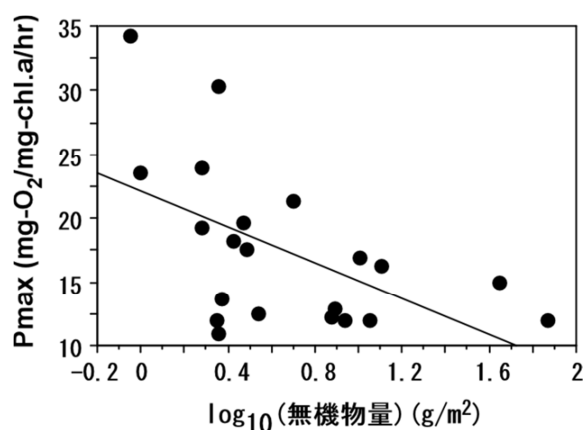


図3. 無機物量が P_{max} に及ぼす影響

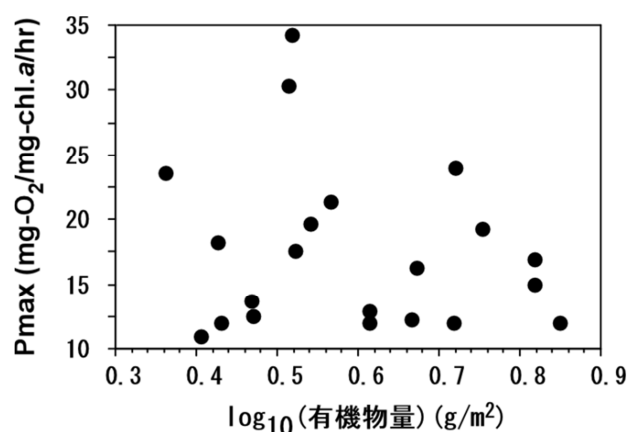


図4. 有機物量が P_{max} に及ぼす影響

参考文献

- 1) Julian J.P., Doyle M.W. & Stanley E.H. : Empirical modeling of light availability in rivers, *Journal of Geophysical Research* 113 : G03022, 2008
- 2) 森照貴、萱場祐一：高流速および高濃度濁水が付着藻類におよぼす影響—流速及び SS 濃度の変化と付着藻類の変化に着目して—、*土木技術資料*、第 53 巻、第 12 号、pp.38～41、2011
- 3) Hill W.R. & Boston H.L. : Community development alters photosynthesis-irradiance relations in stream periphyton, *Limnology and Oceanography* 36 : 1375-1389, 1991

修正された HSI モデルを用いた河口域のナーサリー機能評価

東京理科大学工学部 助教 大槻順朗
東京理科大学工学部 准教授 二瓶泰雄
九州大学大学院工学研究院 教授 島谷幸宏

1. 研究の背景と目的

河口域の有する重要な生態系機能として、初期生活史の生育場（ナーサリー）の提供が挙げられる。この機能は主に水域の生理的な快適さと餌資源（主に動物プランクトン）の豊富さが基盤となっている。しかしながら、河口域は有史以来、埋立や干拓等により縮小しており、直接的にはハビタットロスとして干潟生態系に甚大な影響を与えている。また、間接的には水理条件の変化による、熱・物質・生物そのものの輸送形態の変化による機能不全が予測されるが、このような間接的な影響を評価した事例は少ない。本研究では、このような河口域の人為的インパクトによる間接的なハビタットロスをナーサリーの観点から評価することを目標とする。奄美大島のように生息する両側回遊魚リュウキュウアユの仔稚魚期をターゲットとし、ナーサリーの基盤的要素となる「生理的好適度」と「餌資源の利用可能性」の2つの要素を個別に説明しうる修正 HSI (Habitat Suitability Index)モデルを構築した。このモデルを3次元流動シミュレーションと合わせて、リュウキュウアユの生息河川に適用するとともに、シミュレーション上において干潟復元による生息場適性への影響を検討した。

2. 研究内容

(1) 修正 HSI モデルの構築：本研究で構築した修正 HSI モデルの概略を **Fig.1** に示す。従来（通常）の方法では、計測された各環境要素（水温、塩分、etc...）と生息密度等を関連付け、要素ごと選好曲線（Suitability Index Curve）を作成する。しかしながらこの方法では、要素ごとの組み合わせによる環境選好傾向を評価できない。また、各要素の生態学的意味付けが困難である。本研究では、選好パラメータである SI (Suitability Index) を生育に関わる基盤的要素ごと、すなわち「生理的好適度」(SI_p)と「餌資源（動物プランクトン）の利用可能性」(SI_f)の2つの要素ごとに設定した。これらは、仔稚魚の室内生存試験や現地観測結果をもとに、GLM (Generalized Linear Model) を用いて作成されている。GLM は柔軟性の高い多変量解析手法であり、適切なモデル構築を可能にすることに加え、物理モデルでは表現しにくい動物プランクトンの挙動などを簡易に扱うことができる利点もある。

(2) モデルの適用：奄美大島の河内川 (**Fig.2**) において上記 HSI モデルを適用した。物理環境の時空間分布については、現地観測結果を元に DELFT 3D を用いた3次元流動シミュレーションにより与えた。干潟の地形効果を見るため、干潟に見立てた仮想地形を用いて HSI による評価を行った。

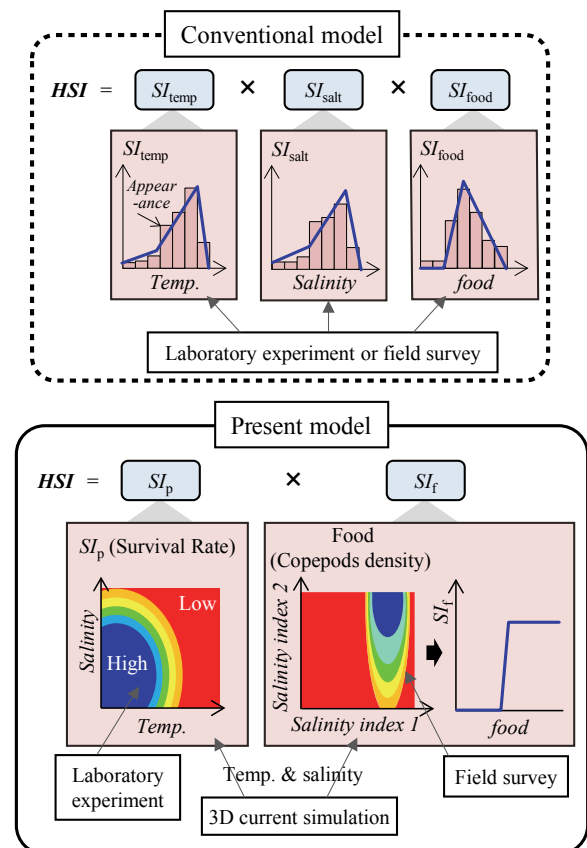


Fig.1 A comparison of schematic views of conventional and present HSI models

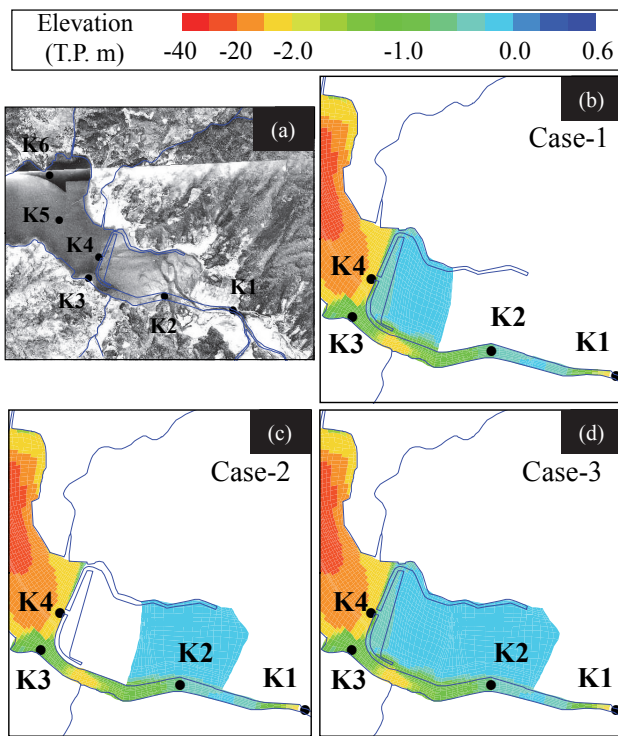


Fig.2 Longitudinal distribution of calculated SI_p and SI_f under present conditions and under each restoration case in the Kawauchi River estuary

3. 主要な結論

(1) 地形による HSI の応答 : Fig.3 に各地形ケースにおける $HSI (=SI_p \times SI_f)$ および, SI_p , SI_f の縦断分布を示す。これより, 現況において HSI が高い領域は極めて限定的であり, 干潟の存在により, 高 HSI 領域が河川上流側にシフトしつつ拡大することが見て取れる。これを SI_p と SI_f で個別に見ると, 現況においては相対的に高い SI_p を示すが, その領域において SI_f が低く, 結果として HSI が低い状態になっていることが分かる。これに対し, 干潟がある場合, SI_p は現況より低いものの SI_f が高い領域が上流側に拡大するため, 双方がオーバーラップする領域が増加する。

(2) 物理的影響プロセス : このような地形効果に伴う HSI への影響の要因を分析するため, 干潟を伴う河川 (役勝川, リュウキュウアユ最大生息河川, 位置図略) と河内川で流速鉛直分布の時間変化の計算結果を Fig.4 に示す。上げ潮期に着目すると, 役勝川では全層に渡り逆流が生じており, 鉛直混合が促進されていることが示唆される。一方, 河内川では, 上げ潮期でも表層は順流状態が維持され, 鉛直成層が強化されている。このようなことから, 地形効果による混合, 物質 (ここでは特に動物プランクトン) 輸送プロセスの変化が河口域のナーサリー機能に強く影響していることが示唆される。

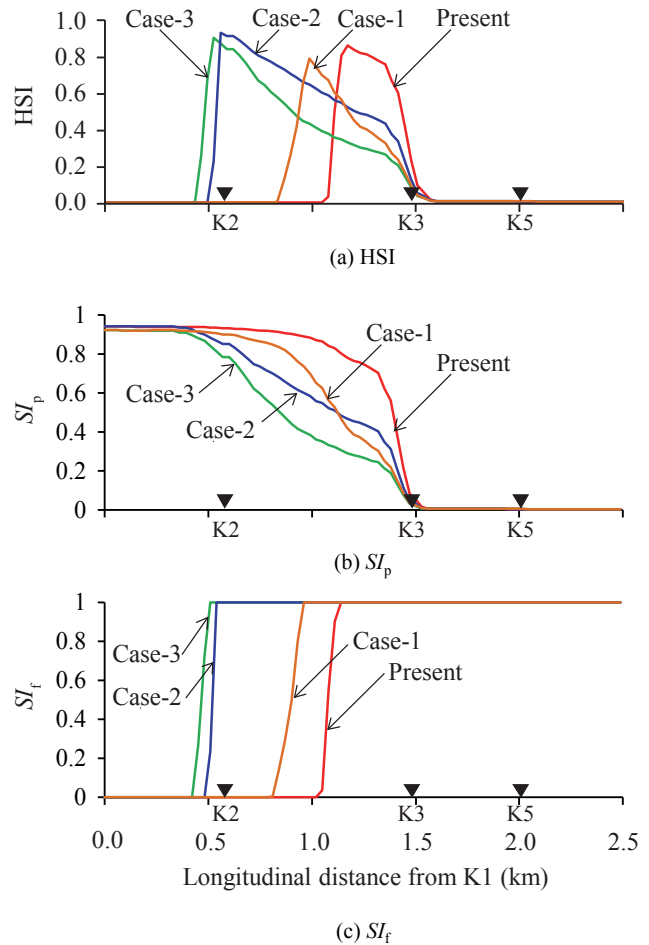


Fig.3 Longitudinal distribution of calculated HSI , SI_p and SI_f under present conditions and under each restoration case in the Kawauchi River estuary

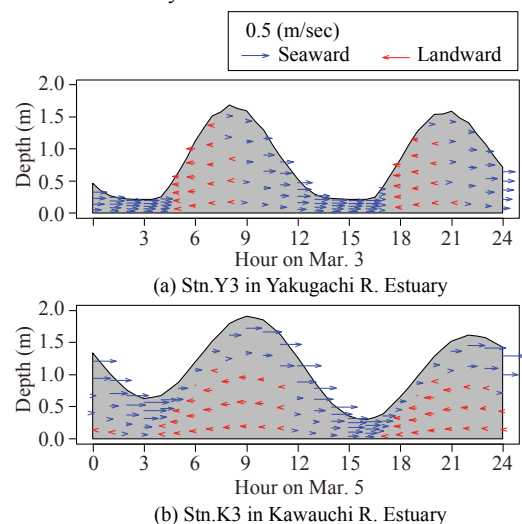


Fig.4 A time series of horizontal velocity distributions in the vertical at Station Y3 in the Yakugachi River estuary (upper) and Station K2 in the Kawauchi River estuary (lower).