

報告書概要

技術研究開発 課題名	地域課題分野（河川）
技術研究開発 テーマ名	河川感潮域におけるガタ土堆積抑制と適正な植生管理に向けた実証実験
研究代表者	
氏名	所属・役職
山西 博幸	佐賀大学低平地沿岸海域研究センター・教授
共同研究者	
氏名	所属・役職
長濱 祐美	茨城県 霞ヶ浦環境科学センター・任期付研究員 (元佐賀大学低平地沿岸海域研究センター・センター講師)

【1】背景・課題

有明海に河口を持つ河川の多くでは、微細な粘土粒子からなるガタ土堆積と高水敷広範にわたり繁茂するヨシが河川下流域の原風景となっている。一方で、ガタ土堆積は河道断面の狭小化をもたらすため、洪水時などの出水時に一定流量を迅速に排出させるための河積の確保が必要となる。また、高水敷に繁茂する植生は緩やかな河床勾配となる河川下流域での流水抵抗をもたらし、河道内の水位を上昇させ、外水氾濫の誘因となる。そのため、定期的な刈り取りなどの植生管理が必要とされている。このように、ガタ土堆積およびヨシ原の形成は、いずれも河川からの出水時の流下阻害として河川管理上の重要な課題とされている。

これまで、六角川水系牛津川におけるガタ土の堆積モニタリングやヨシの生長モニタリングの結果から、いくつかの貴重な知見が得られてきた^{1)~7)}。

ガタ土堆積の長期モニタリングとその堆積メカニズムの解明では、①ガタ土堆積が顕著となるホットスポットとして平均水位以上の水際であること、②非洪水期のガタ土堆積、洪水期のガタ土洗掘を繰り返しながら、正味 0.6~1.0mm/day の速度でガタ土堆積が生じること、③水際に流入する懸濁物はヨシ群落水際端で高濃度に集積する傾向にあり、結果としてガタ土堆積が進行すること、④河道断面内の SS 輸送特性から、上げ潮から満潮に転流する際、河道兩岸や底層部に懸濁物が沈積し、高濃度の浮泥層が形成され、ガタ土堆積が促進すること、などを明らかにした。したがって、河岸部でのガタ土堆積抑制には憩流期における堆積抑制のための攪乱場をいかに誘起できるかがキーと言える。

ヨシ繁茂とその生長メカニズムの解明では、①水際でのガタ土堆積の進行と水際ヨシの進行距離に相互関係があること、②ヨシ水際部で SS 沈降フラックスが極大となるヨシの懸濁物集積特性を有すること、③ヨシの刈り取りにより、ヨシの植生密度が増加するため、従来から実施されている定期的なヨシの刈り取りは流水障害の解消とトレードオフの関係であることを示した。加えてヨシの栄養繁殖の特性から、④地下茎拡大抑制策として地盤内に遮蔽板を挿入することによる効果について検討し、その結果、ヨシの水平地下茎は遮蔽板を突き破ることなく、遮蔽板による生長進行阻害が確認された。その他、武雄河川事務所による一連の試験施工の中で、⑤一定水深を有する池にはヨシが地下から発芽しないことが経験的に示された。これら一連のヨシ植生調査結果から、

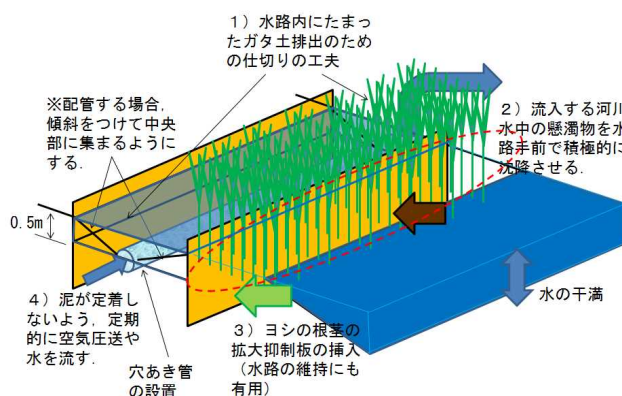


図-1 植生管理用工作物の一提案

図-1のようなトレンチと地中に埋設した鉛直板を組み合わせたヨシ植生管理区の提案を行っている⁵⁾。これは、ヨシの生長を阻害するある程度の水位を有するトレンチと水平地下茎の進行を抑制する遮蔽板、そしてヨシの懸濁物集積能に基づくものである。ただし、河川本体と連携した新たな水辺空間創出と河川生態系の保全にも配慮した維持管理については、長期的なモニタリングの必要性もある。

【2】技術研究開発の目的

本研究は、河川管理上、重要な課題である治水と環境を加味しながら、六角川水系牛津川の感潮区間に設置したガタ土堆積制御とヨシ植生管理の実証実験を通して、適切な河道断面確保と河川環境保全の実現可能性を目指したものである。

本研究の設定期間は2年で、研究実施の主体を佐賀大学が行い、九州地方整備局・武雄河川事務所の協力を得ながら進める。対象フィールドは、武雄河川事務所が直轄管理する六角川水系牛津川感潮域で、ガタ土堆積制御とヨシ植生繁茂抑制を施した試験施工区の効果の検証を行う。具体的には、①試験施工区におけるガタ土堆積の長期モニタリング、②試験施工区における流れ場と懸濁物輸送に関する調査、③試験施工区におけるヨシ等の植生繁茂の長期モニタリング、④ガタ土堆積抑制と適正な植生管理に向けた実用化の検討、⑤河川水際改修が底生物に及ぼす影響評価、である。一連の成果は、六角川同様にガタ土堆積や植生繁茂による河道管理問題を有する他河川においても有用な情報を提供し、かつ活用が可能と考えられる

【3】技術研究開発の内容・成果

3-1 1年目（平成25年度）の成果概要

平成25年度の課題 「ガタ土堆積抑制とヨシ植生管理を兼ねた河岸工作物の設計と試験施工およびその周辺におけるモニタリング」

(1) 植生管理のための貯水トレンチの提案とその概要

ここでは、植生管理のための工作物として、図-2のような4つのタイプの貯水トレンチを考案した。貯水トレンチの設置場所は、河川管理上、洪水の流下断面が不足している区間にある六角川水系牛津川4.8km地点の左岸とした。各貯水トレンチの特徴は次の通りである。なお、トレンチの大きさは長さ6m、幅4mの矩形とし、掘削深は1mを基本とした。以下、概略を示す。

トレンチAは、他のトレンチとの比較対照となるもので、周辺の地盤面を基準に深さ1m掘削したもので、遮蔽板は設置していない。遮蔽板による地上突起高がないため、トレンチ開口部は河川本川側の水位昇降に応じた冠水が生じる。なお、開口部の河川側の地盤高はT.P. 2.59mである。

トレンチBの大きさはトレンチAと同様であるが、その違いはトレンチ開口周囲に遮蔽板を地盤面から深さ1.2m挿入し、開口周囲には地盤面から0.15m高の囲いを設置している点にある。これは冠水時に底層部を高濃度で流動するSS水塊（浮泥）の流入抑制とヨシ地下茎の進入抑制を期待したものである。さらに、河川本川との連続性を維持するための水路（水路幅0.5m、水路長1m、深さ0.5m）を水際側に設けて、トレンチBと接続させた。トレンチBの開口部地盤高はT.P. 2.73mでこれに0.15mの浮泥流入阻止のための囲いがあるため、T.P. 2.88mの地盤高となる。ただし、河川水の流入は本水路開口端水路底部高（T.P. 2.36m）に依存することとなる。

トレンチB'は、トレンチBの同等形状の前段に、長さ3m、幅6m、深さ0.5mのトレンチB'-1を設置したものである。本トレンチでは、河川本川から流入する高濃度の懸濁物を前段トレンチB'-1ですでに沈降させ、後段トレンチB'-2へのガタ土堆積量を軽減させる狙いがある。前段トレンチB'-1と後段トレンチB'-2を連結する水路の深さは0.25mとした。また、前段トレンチB'-1の水際側には左右2ヶ所に切り欠きした開口部（底面部の地盤高=T.P. 2.47m）を設け、その開口幅を1mとした。さら

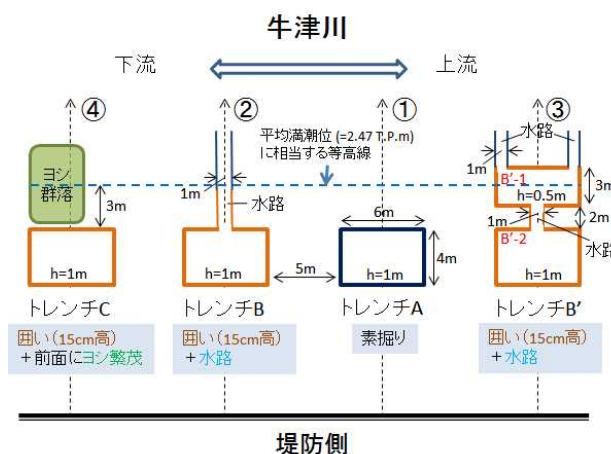


図-2 貯水トレンチの平面図

に、トレンチ B 同様、トレンチ掘削周囲に遮蔽板を設置するとともに、地盤面から 0.15m 高い囲いを設置した。なお、B' -2 の水際切り欠きした開口部の底面の地盤高は T.P. 2.56m である。

トレンチ C は、基本トレンチ A の構造に遮蔽板と 0.15m 高の囲いを付加したものである。そのため、トレンチ掘削開口部の地盤高は T.P. 2.63m であるが、河川水流入による冠水は T.P. 2.78m が基準となる。また、ヨシによる懸濁物捕捉効果を期待し、水際側に繁茂するヨシ群落を一部残した。

(2) 調査および解析方法

1) トレンチ周辺の地形調査

貯水トレンチ群は、2013 年 6 月 8 日に牛津川 4.8km 左岸高水敷に設置され、その後、トレンチ設置内外における地形測量を実施した。ここでは、図-2 に示す測線 (①～④) を設定し、地形測量を行った。測量は、2013 年 6 月 14 日、7 月 11 日、10 月 12 日および 12 月 25 日の計 4 回実施した。

2) トレンチ内のガタ土堆積調査

貯水トレンチが植生管理機能を長期にわたって発現するには、トレンチ内の水位を一定以上に維持する必要がある。ここでは、貯水トレンチの維持管理のための基礎データ収集のため、トレンチ内のガタ土堆積泥厚のモニタリングを実施した。

調査期間は 2013 年 6 月から 12 月までで、堆積厚の測定には当初、アクリルパイプ (長さ 1.0m、内径 0.5cm) を用いて、これを初期地盤面まで挿入し、抜き取った堆積泥の深さを測定した。また、市販のコンパクトディスク (CD、直径 12cm) に重りとメジャーをつけ、水面から着底するまでの深さを測定した。さらに、多項目水質センサー (JFE アドバンテック社製、AAQ1183) による貯水中の濁度分布の測定や音響測深器 (千本電機社製、PDR-1200PS) による反射面までの深さを計測した。音響測深器の発信周波数は 200kHz であり、測深精度はトレンチ水深を 1m とすれば、 $\pm 0.03\text{m}$ となる。加えて、アクリルパイプ (長さ 50cm、内径 8cm) による堆積泥の採取を行い、表層から 5cm 刻みで分取し、各層毎の含水比を求めた。

3) トレンチ内の堆積厚評価

本来、トレンチ内のガタ土堆積厚評価には圧縮沈降を加味し、回分沈降による検討を行うべきであるが、ここでは簡易的にトレンチ内堆積物の堆積厚を評価した。具体的には、トレンチが満冠水したときの懸濁物が全てトレンチ内に沈積し、これがある堆積泥密度 ρ_* で底部に堆積すると仮定した。この仮定は、ガタ土斜面における懸濁物の輸送特性³⁾やトレンチ内の濁度経時変化から冠水後の憩流時に短時間 (30～40 分) で懸濁物が沈降している実測結果に基づくものである。このとき、トレンチ内の堆積厚は、トレンチの冠水回数 N によって変化する。

今、トレンチが 1 回冠水し、堆積厚 d_1 になるとすれば、次式となる。

$$d_1 = \frac{CV}{\rho_* A} = \frac{C}{\rho_*} h \quad (1)$$

ここで、 C : 流入懸濁物濃度 (kg/m^3)、 V : トレンチ容量 (m^3)、 A : トレンチ底面積 (m^2)、 ρ_* : 堆積泥密度 (kg/m^3)、 h : トレンチ初期水深 (m)、である。なお、堆積泥厚を算出する際の密度 ρ_* は、間隙率 ε に存在する間隙水を含めた見かけ密度 $\rho' = \varepsilon \rho_w + (1-\varepsilon) \rho_s$ ではなく、固体分率分のみが堆積厚に関わるため、 $\rho_* = (1-\varepsilon) \rho_s$ として計算する必要がある (ρ_s : 土粒子密度、 ρ_w : 水の密度)。したがって、 ρ_* を堆積泥の含水比 W で表せば次式となる。

$$\rho_* = (1-\varepsilon) \rho_s = \frac{100 \rho_w \rho_s}{100 \rho_w + W \rho_s} \quad (2)$$

次に、貯水トレンチが 2 回目冠水するとき、1 回目の堆積厚 d_1 分を初期水深 h から差し引いたトレンチ容積分だけ懸濁水が流入するので、1 回目の堆積厚を含めた堆積厚 d_2 は次式となる。

$$d_2 = \frac{C}{\rho_*} (h - d_1) + d_1 \quad (3)$$

このようにして第 N 回目の冠水時の堆積厚 d_N に対して、次のような数列の漸化式が得られる。

$$d_N = \frac{C}{\rho_*} (h - d_{N-1}) + d_{N-1} = \left(1 - \frac{C}{\rho_*}\right) d_{N-1} + \frac{C}{\rho_*} h = \beta d_{N-1} + \alpha h \quad (4)$$

ここで、 N : 冠水回数、 $\alpha = C/\rho_*$ 、 $\beta = (1 - C/\rho_*)$ 、である。この漸化式から、さらに階差数列を作ると、

$$d_{N+1} - d_N = \beta(d_N - d_{N-1}) \quad (5)$$

このとき、 $N \geq 2$ で次のような初項 $d_2 - d_1 = (\beta - 1)d_1 + \alpha h$ 、公比 β の等比数列になる。

$$d_N = d_1 + \sum_{k=1}^{N-1} (d_2 - d_1)\beta^{k-1} = d_1\beta^{N-1} + \frac{\alpha h(1 - \beta^{N-1})}{1 - \beta} = h \left\{ 1 - \left(1 - \frac{C}{\rho_*} \right)^N \right\} \quad (6)$$

よって、第 N 回目の冠水時における堆積厚 d_N は、次式となる。

$$\therefore d_N = h \left\{ 1 - \left(1 - \frac{C}{\rho_*} \right)^N \right\} \quad (7)$$

4) トレンチ周辺の植生調査

調査は、貯水トレンチ設置後の 2013 年 6 月から 12 月までほぼ 1 ヶ月おきに実施され、植生密度の測定には $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ ($=0.25\text{m}^2$) のコドラートを用いた。

5) トレンチ内の水質調査

トレンチ内の水質調査は、多項目水質計 (JFE アドバンテック (株), AAQ1183) を用いて行い、水温、塩分、濁度、溶存酸素 (DO), pH, およびクロロフィル a を定期的に測定した。同時に、トレンチ内の水を採水して実験室に持ち帰り、SS, COD, T-N, および T-P を測定した。

6) トレンチ周辺での生息生物調査

トレンチ周辺の生物調査では、有明海湾奥部沿岸のガタ土に生息する希少種・ハラグクレチゴガニ *Ilyoplax deschampsii* の巣穴密度を調査した。調査には、 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ コドラートを用い、枠内の巣穴密度をカウントした。

(3) 調査結果及び考察

1) トレンチ周辺の地形変化とガタ土堆積に関する特性

図-3 は、図-2 で示した測線①、④の地盤高の時系列変化で、トレンチ施工前の初期地盤面とともに示したものである。図中、トレンチ内の堆積面は検出法により若干異なるため、ここでは CD 着定板とアクリルパイプによる実測値と式 (7) の最適曲線から得られた値に基づき示している。なお、トレンチ内の堆積変化についての詳細は後述する。満潮位は大潮・小潮で異なるため、平均満潮位 (2.47T.P.m) よりも地盤の高い陸域側も冠水し、いずれのトレンチも水際前面でのガタ土堆積が見られる。また、トレンチ A は囲いが無いため河川水の流入に対する障害がない。一方、トレンチ C は囲いがあるため、河川水の流入の制限とともに底面付近に形成される浮泥の流入を抑制する傾向にあったと言える。これらは、参考値として記載したトレンチ内の堆積面の違いにも現れている。なお、河川水は潮位に応じてトレンチ周囲全方位から流入するが、トレンチ周囲の囲いや切欠きによって流入高さや冠水頻度が異なる。

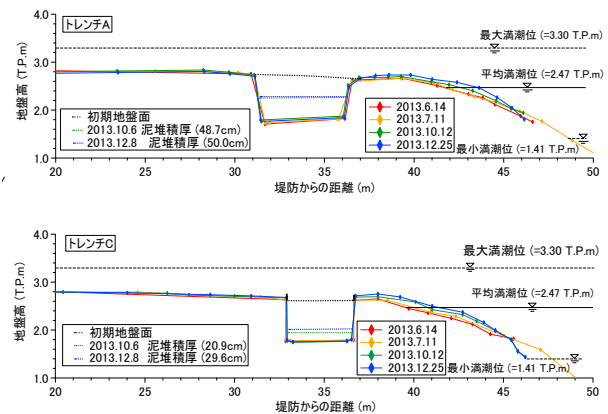


図-3 トレンチ周辺の地形変化
(上: 測線①, 下: 測線④)

図-4 は、2013 年 10 月 12 日に測定したトレンチ A 内の堆積厚をアクリルパイプ、CD 着底板および音響測深器によって計測した結果である。なお、これらデータとともに水質計による SS 分布および堆積物の柱状試料から求めた含水比分布も示している。図から、アクリルパイプによる堆積泥の表面検出と CD 着底板による堆積厚はおおよそ等しいと言える。一方、音響測深器による反射面と上記検出面とは 0.1m ほどの差が生じた。音響測深器では発振周波数に応じた反射面密度が規定されるため、浮泥のようなゆるい堆積状態の界面を検出するのは難しいと言える。また、SS 分布の濃度変化が急変する高さから 0.1m 程度下部にアクリルパイプによる検出面と CD 着底板による着底面が位置する傾向にあった。これらの結果から、アクリルパイプを用いた堆積泥表面までの深さと CD 着底板による検出値がトレンチ内の堆積泥の表面を検出していると考えた。また着底板が止まる位置での含水比 W は、これより上側に層厚 $\square$ で存在する平均みかけ密度 $\square'$ を有した流動泥の応力成分が土粒子間の有効応力で支えられるものと仮

定して算出される。すなわち、

$$(\rho' - \rho_w)g\delta = \frac{mg}{a} \quad (8)$$

$$\therefore \rho' = \rho_w + \frac{m}{a\delta} \quad (9)$$

このとき、 g は重力加速度で 9.8m/s^2 、 CD 着底板の質量 m (CD と錘) は 0.185kg 、トレンチ内の水の密度 ρ_w を $1,005\text{kg/m}^3$ 、 CD 板の面積 a は 0.0113m^2 となる。SS 分布の濃度界面から 0.1m 下側で CD 着底板が着底する傾向にあることから、 $\delta=0.1\text{m}$ として浮泥密度 ρ' を求めたところ、 $1,169\text{kg/m}^3$ を得る。よって次式(10)より、この浮泥密度 ρ' を含水比 W に換算すると 376% が得られる。

$$W = \frac{100\rho_w(\rho_s - \rho_w)}{\rho_s(\rho' - \rho_w)} \quad (10)$$

なお、前述したように堆積泥厚の算出には、 ρ' ではなく ρ_* を用いる必要がある。参考までに、式(2)より $W=375\%$ で $\rho_*=243.0\text{kg/m}^3$ となる。

図-5 は各トレンチで計測したアクリルパイプと CD 着底板によるデータに、堆積厚換算値 d_N の計算結果をとりまとめたものである。

なお、堆積厚 d_N を算出する際に必要となる堆積物の密度 ρ_* は、ここで算出した表層平均含水比をもとに堆積物最下層までの含水比分布から堆積層平均の含水比から算出した値を用いた。そして、 CD 着底板やパイプ界面による検出データの傾向と一致するように冠水回数 N とともに流入濃度 C を変化させた。このとき、流入濃度 C は冠水毎に異なるものの、ここでは平時時での冠水に基づく長期的な堆積傾向の把握を目的としたことから、トレンチ冠水期間の平均的な流入濃度と考え、便宜的に一定とした。冠水回数 N は潮汐データより算出した。図より、堆積厚の実測値に基づく d_N 算出結果から、各トレンチへの流入濃度 C に差が生じた。具体的には、トレンチ A で 1.80kg/m^3 、トレンチ B で 2.75kg/m^3 、トレンチ B' で 0.98kg/m^3 、およびトレンチ C で 1.40kg/m^3 となった。流入する SS 濃度の違いは、トレンチ開口周囲の囲いの有無や本川との連結水路の有無等に起因すると思われ、囲いを持たないトレンチ A や河川本川との連続水路を有するトレンチ B は河川水が流入しやすい環境であったことから堆積が顕著である。一方、トレンチ C は他トレンチと比較して堆積が抑制されており、これは囲いと水際ヨシの影響が大きいと思われる。また、各トレンチの直線回帰の勾配を平均堆積速度として評価したところ、トレンチ A は 3.3mm/day 、トレンチ B は 3.2mm/day 、トレンチ B'-1 は 1.7mm/day 、トレンチ B'-2 は 2.2mm/day 、およびトレンチ C は 2.0mm/day となった。トレンチ B'-1 は他のトレンチの $1/2$ の容積のため、トレンチ A の半分ほどの堆積速度となった。トレンチ B'-2 はトレンチ B と同じ構造であるものの、トレンチ B'-1 を介して河川と連続しており、トレンチ B'-1 での懸濁物沈降によって、その堆積速度は軽減されたといえる。トレンチ C は連結水路がないトレンチ B に相当し、その差として堆積速度に違いが生じている。一方、トレンチ C 前面のヨシがトレンチ B'-1 と同等の効果があるのかは明確でないが、結果としてトレンチ B'-2 と同程度となった。

表-1 は、2013 年 12 月 9 日に実施したトレンチ内生物調査の際に排泥された堆積物表層 0.1m の粒度試験から得られた中央粒径 D_{50} をトレンチ毎に比較した結果である。図より、堆積泥の D_{50} はいずれも $1 \sim 4\mu\text{m}$ 程度の範囲の粘土粒子であった。また、トレンチ A, B, B'-1 の D_{50} がいずれも $3.1 \sim 3.2\mu\text{m}$ であったのに対し、トレンチ B'-2 の D_{50} は $1.9\mu\text{m}$ で最も小さかった。これはトレンチ B'-2 の前段トレンチに当たる B'-1 での粒子沈降が機能した成果である。トレンチ C の D_{50} がや

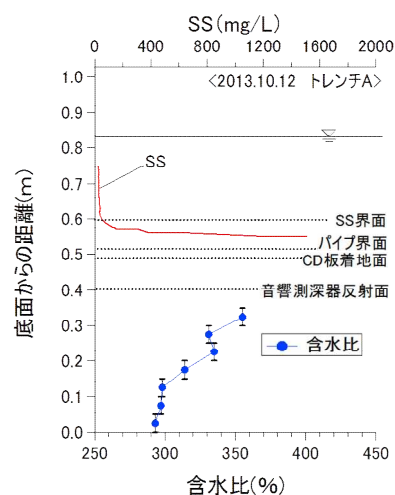


図-4 堆積泥厚測定結果、SS 分布および含水比分布 (トレンチ A)

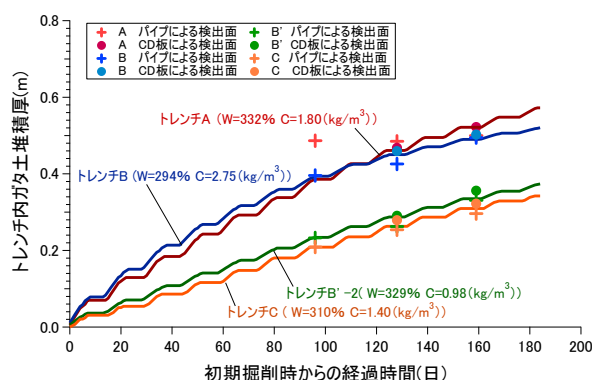


図-5 全トレンチの堆積厚変化と式(7)による堆積厚 d_N の変化

表-1 トレンチ表層堆積物の中央粒径 D_{50}

トレンチ	A	B	B'-1	B'-2	C
中央粒径 D_{50} (μm)	3.2	3.1	3.1	1.9	2.5

や小さかったのは、河川本川との連結水路がなく、冠水基準となる高さが他のトレンチと比べて高いために懸濁粒子の選択が生じたと言える。

2) トレンチ周辺におけるヨシの生長特性

図-6 は、図-2 の測線①に沿った植生密度の分布を示したものである。なお、図中には2012年10月に同地点で計測された植生密度の分布もプロットした。いずれの図からも、トレンチ設置前の連続した植生密度からトレンチ設置でヨシの生息分布域が分断され、その分画された区間で新たな植生密度の分布形成がなされている。つまり、トレンチ設置により、植生域の分断が可能で、連続的なヨシ繁茂拡大の軽減に繋がると考えられる。これら植生密度分布の特徴が示される一方で、調査期間を通してトレンチ内にヨシ地上茎が進入し繁茂することは全くなく、貯水トレンチの設置はヨシの生長発芽の制御や繁茂域の拡大抑制に一定の効果を発揮できたと言える。

3) トレンチ内の水質変化特性

図-7 は、初期掘削面を基準とした水位の変化を各トレンチ毎に示したものである。いずれのトレンチも高水敷の初期地盤面から1m基準での掘削を行ったものの、地盤面の傾斜等もあり、必ずしも1m水深となるようにはなっていなかった。そのため、囲い等のない素堀のトレンチAの場合でも0.9mほどが最高水位となっていた。また、設置後1ヶ月ほどでトレンチB'-1はガタ土堆積により干出したため、水質測定はできなかった。

図-8 は、トレンチ設置後の各トレンチにおける水質変化である。なお、各データは貯水トレンチ内水中の鉛直方向の値を単純平均したものである。塩分はどのトレンチも低いときで1~2psu、高いときで10~11psuであり、遡上海水あるいは洪水時等でトレンチ内にイベント的に流入することにより増減している。DOは平均で8~12mg/L、pHは8~9であり、両者には強い相関が見られる。クロロフィルaは、平均10 μ g/Lであるが、日によっては30 μ g/L前後まで上昇し、植物プランクトンの過剰増殖は、光合成や炭酸同化に伴うDOやpHの増加を引き起こしている。T-Nは平均1~2mg/L、T-Pは平均0.5~1mg/Lであり、測定期間を通してこれら栄養塩類濃度の異常な増加は見られなかった。

表-2 は、2013年7~10月に測定したトレンチA内の水質因子の相関関係を示したものである。なお、用いたデータは測定日毎にトレンチ全層を平均した値である。表から、塩分とクロロフィルa、塩分とCODの間に正の相関があり、海域からの有機物供給が示唆される。また、DO、pHおよびクロロフィルaの相関性が高く、植物プランクトンによる光合成活動の影響がうかがえる。さらに、塩分とT-Nの負の相関性や、塩分とT-Pの無相関性により、陸域からの栄養塩の供給が考えられる。

図-9 は、9つの水質因子による主成分分析から得られた

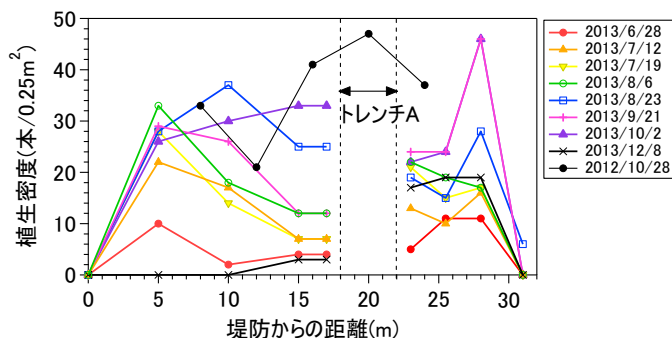


図-6 トレンチA測線上における植生密度の月変化

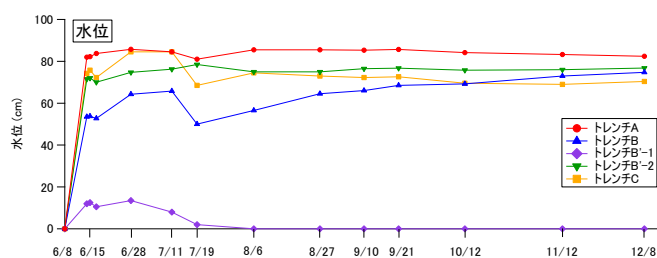


図-7 各トレンチ内の水位変化
(初期掘削面を基準とした水面位置)

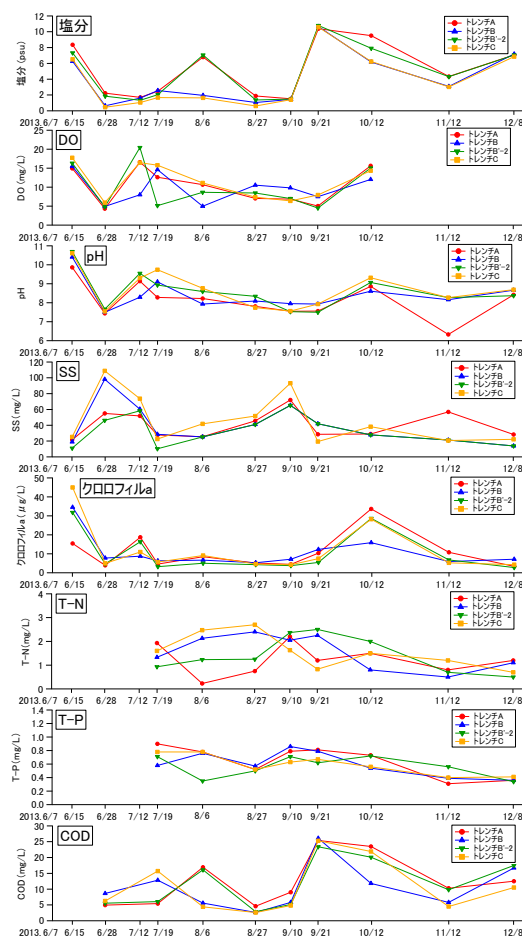


図-8 各トレンチにおける水質の月変化

固有ベクトルの相関関係を示したものである。第1主成分はSSやT-Nが正で、塩分やクロロフィルaが負の関係にあることから淡水・海水の流入に関するベクトル、第2主成分はT-PとT-Nが正で大きいことから栄養塩の流入に関するベクトル、第3主成分はDOとpHが正で大きいことから光合成活動に関するベクトルと定めた。寄与率は第1主成分が43.7%、第2主成分が25.3%、第3主成分が20.7%で、これら3つの主成分でトレンチAに関する水質情報の89.7%を得られることとなる。すなわち、トレンチ内の水質は淡水の流入やそれに伴う栄養塩の供給、植物プランクトンによる内部生産により変動する。

4) トレンチ内外での生息生物の生息環境とその評価

図-10は、トレンチ設置後3ヶ月間のトレンチB'測線上におけるハラグクレチゴガニの巣穴密度の調査結果である。図には2年前の同時期のデータも記載している。図より、トレンチ設置前の巣穴密度の分布は、いずれの月においても水際付近に最も密度が集中し、陸側に向かうにつれて密度は低下する。トレンチ設置後も、水際から陸域に向かう巣穴密度の減少傾向は同じであるが、B'-2前面のB'-1で顕著な増加が見られた。これは、B'-1への高濃度SSの流入で人工干潟が創出され、その結果、干出した8月以降は巣穴密度が大幅に増加した。また、水際と堤防間の連続性を保つための回廊もあったため、トレンチ設置前後の巣穴密度の変化はみられなかった。

図-11は、2013年11月12～13日にトレンチ内の水を排出後に行った生息生物調査の結果である。また、同時に2013年1月～12月までの1年間の潮位から算出した各トレンチの冠水頻度も示している。図より、総個体数の一番少ないトレンチCで約1,200個体、一番多いトレンチAで約4,300個体と、他トレンチの倍以上であった。これは、トレンチAの開口周囲に囲がないため、他のトレンチと比べて冠水頻度も高く、冠水時の流入水とともに容易に水中生物が侵入できることが一因といえる。逆に、トレンチCは閉鎖的なトレンチ形状が起因し、総個体数が最も少なくなった。また、生物の種数と個体数から各トレンチの多様度指数を算出すると、トレンチAが0.56で最も大きな値となった。なお、トレンチ設置から約半年ほどでは、生物多様性を厳密に評価しえないため、年間を通したモニタリングの注視が必要であろう。

図-12は、甲殻類（エビ）と魚類（ハゼ）それぞれの個体数と1個体あたりの重量である。トレンチCにおける甲殻類（エビ）は個体数が一番少ないのに対して、1個体あたりの重量は他トレンチの約1.5～2倍であった。他のトレンチと比べて閉鎖度の高い環境下のため、外部と遮断され、たまたま流入した種による優位度が高くなった結果ともいえる。一方、魚類（ハゼ）の個体数はトレンチAが突出して多いが、1個体あたりの重量が小さく、稚魚が多数生息していることから、トレンチ内で多様な個体群バランスが形成されつつある結果なのであると推測する。また、ト

表-2 トレンチAにおける各水質因子の相関(全層平均, 2013年7月～10月)

	水温	塩分	DO	pH	SS	chl-a	T-N	T-P	COD
水温	1.00								
塩分	-0.31	1.00							
DO	0.15	0.18	1.00						
pH	0.13	0.32	0.97	1.00					
SS	-0.45	-0.63	-0.46	-0.56	1.00				
chl-a	-0.50	0.67	0.66	0.75	-0.36	1.00			
T-N	-0.41	-0.55	0.00	-0.17	0.63	-0.12	1.00		
T-P	-0.38	0.00	0.05	-0.07	0.11	0.05	0.75	1.00	
COD	-0.45	0.98	0.11	0.23	-0.46	0.67	-0.47	0.03	1.00

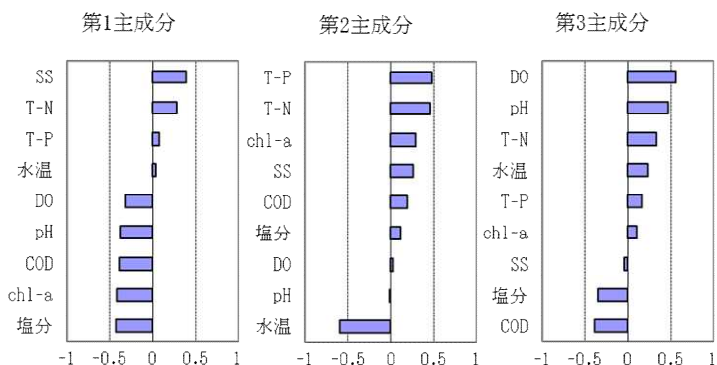


図-9 水質固有ベクトルの相関図

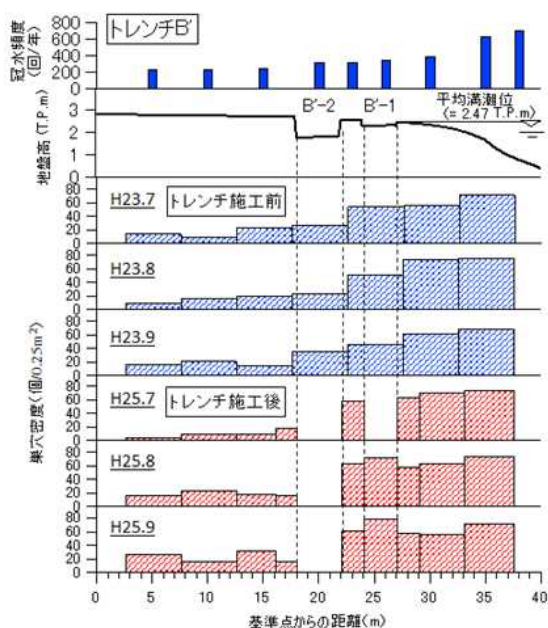


図-10 トレンチ周辺のハラグクレチゴガニの巣穴密度分布

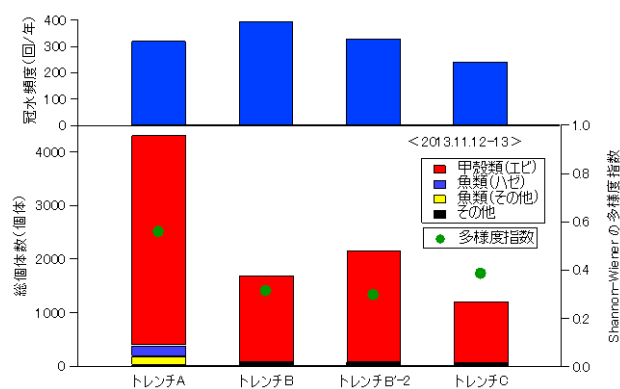


図-11 トレンチにおける生息生物の総個体数と多様度指数

レンチ B' -2 はトレンチ B に比べて個体数、1 個体あたりの重量ともに大きく、トレンチ B' -1 のようなトレンチを連結することで、上記生物にとっては定着しやすく安定した生息環境になることが考えられる。

次に、トレンチ内の水質を規定する塩分（第 1 主成分）、T-N（第 2 主成分）、pH（第 3 主成分）を用い、各トレンチの生息生物総個体数の関係（選好曲線）を求めた。各トレンチの評価には各選好値(SI)の積値 $CSI (=SI(\text{塩分}) \times SI(T-N) \times SI(pH))$ を用いた。

図-13 は 2013 年 7～10 月における塩分、T-N および pH の平均値をもとに CSI を算出し、11 月の各トレンチの生息生物総個体数と比較したものである。CSI の傾向は総個体数の結果を概ね表しており、先に取り上げた水質因子によって水生生物の生息場を評価しえることを確認した。

5) 貯水トレンチ内のガタ土除去の試み

これまでの調査結果から、冠水頻度に応じて貯水トレンチ内に流入する懸濁物が沈積することで堆積泥が増加し、ヨシの発芽と生長拡大が生じてしまうことがわかる。したがって、貯水トレンチの機能を長期にわたって維持していくには、トレンチ内のガタ土堆積の定期的な管理が必要である。ここでは、貯水トレンチの維持管理策として、エアレーションによる堆積泥の除去機能について検討した。

トレンチ内に圧縮空気を噴出させるため、塩ビ管（内径 25mm）に吐出孔（径 5mm）を 20cm 間隔で穿孔し、塩ビ管端部からエアーコンプレッサー（藤原産業社製 SK-11，型式：SR-102，最大吐出能：42L/分）にて圧縮空気を吐出させた。写-1 はエアレーションの様子である。

エアレーションによる堆積泥除去実験は、2013 年 11 月 12 日に実施した。実施したトレンチは A で、あらかじめトレンチ内に合板によって仕切りを設け、2 つの作業区画（①エアレーション後に水中ポンプで排出、②エアレーションを行わず、水中ポンプのみで排出）を設定した。なお、攪拌曝気の作業時間は 30 分ほどとした。なお、エアレーションを行っていない方も同時に排出を行った。

図-14 より、トレンチ A での堆積泥の排出量は全体の 13.6% (1.69 m³) であった。また、水中ポンプのみで排出をした場合の排泥量は、対象実施区画に対して 11.0% (0.69 m³)、エアレーション後に水中

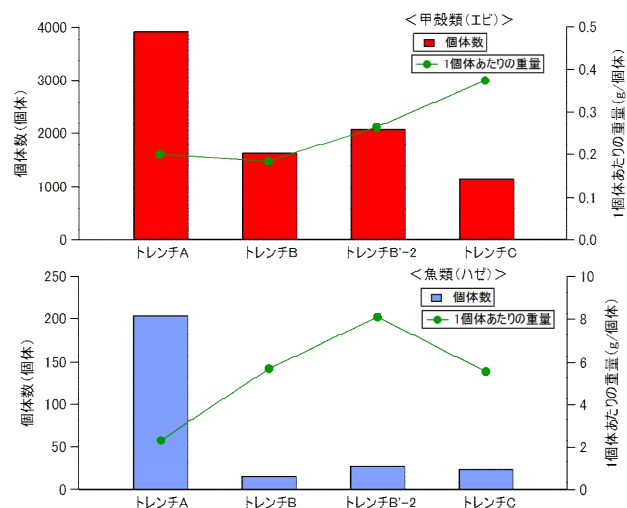


図-12 トレンチにおける甲殻類（エビ）と魚類（ハゼ）の個体数と 1 個体あたりの重量

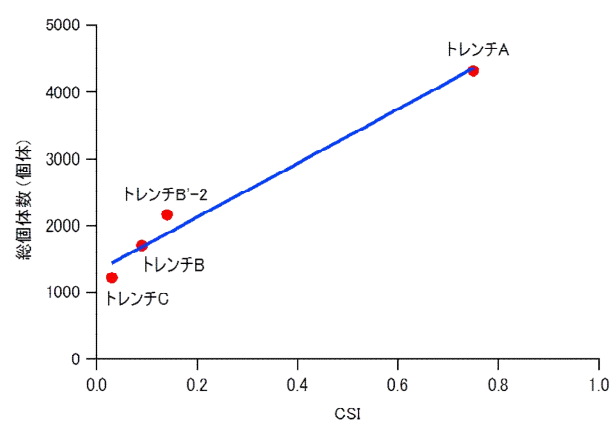


図-13 トレンチにおける生息生物の総個体数と CSI の関係



写-1 圧縮空気吐出管による曝気攪拌の様子 (2013 年 11 月 12 日)

ポンプで排出をした場合の排泥量は、対象実施区画に対して 16.2% (1.00 m³) となった。5%程度ではあるものの、エアレーション実施後に水中ポンプで排出させた方が効率は良くなった。仮に 30cm 程度の堆積泥が存在した場合、水中ポンプのみでは 3cm、エアレーションと水中ポンプを組み合わせても 5cm 程度の再懸濁化での排出しか出来ないこととなる。これは堆積物表層に着底する CD 板の結果（図-4 参照）から、CD 着底板よりも上側に存在する流動泥の土量に該当する。今回の試行作業では、コンプレッサーの性能と継続時間に制限があったことで十分な堆積泥の攪乱が行えなかったこともあり、現場での運用も考慮した堆積泥の除去案を継続課題としたい。

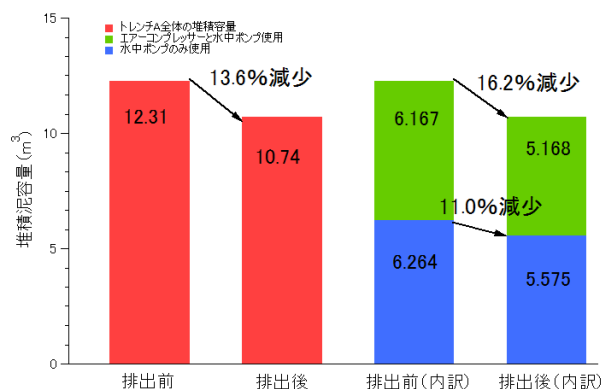


図-14 貯水トレンチ内の堆積泥除去に関する試行結果

(4) 平成 25 年度調査結果のまとめ

平成 25 年度の調査結果をとりまとめると次のようになる。

- ①植生管理のための貯水トレンチを提案し、4つのパターンでの試験施工を行った。各トレンチは、高濁度の浮泥流入を抑制する囲い（0.15m 高）とヨシ地下茎拡大抑制策としての遮蔽板（1m 深）を有したもの、河川本川との連続性を維持するための開口部を有したもの、2つのトレンチを水路で連結し、後段トレンチ内への懸濁物流入を軽減させたものなどの特徴がある。約半年間のモニタリングから、いずれの貯水トレンチもヨシの進入は確認されず、また、貯水トレンチを含むヨシ植生密度の横断分布から、貯水トレンチによるヨシ拡大抑制と植生域の分断を確認した。
- ②各トレンチの構造の違いにより、堆積厚に変化が生じた。具体的には、囲いを設けることで浮泥流入の軽減が可能であること、河川本川との連続水路を設けることで懸濁物の流入が増加し、堆積の進行が早まることが分かった。ただし、河川本川との連続性を有する場合でも、多段トレンチを用いることで、後段側のトレンチへのガタ土堆積は抑制可能である。
- ③トレンチ内のガタ土堆積厚をいくつかの方法で測定し、その堆積傾向を示した。また、貯水トレンチ内のガタ土堆積のモニタリング手法としてアクリルパイプによる堆積泥表面の検出や CD 着底板が簡易的な手法として有用であった。自作した CD 着底板の場合、その着底位置の含水比はおよそ 375%となることを示した。
- ④堆積厚を冠水回数、堆積泥密度および流入 SS 濃度にて簡易的な手法による算定式を導いた。また、実測値と同式による比較検討から、各トレンチ内に流入する SS 濃度を概算した、トレンチ内の堆積厚変化との関係を示した。
- ⑤トレンチ内の生息生物を規定する物理環境として、開口部の有無や人口干潟の形成が考えられた。
- ⑥貯水トレンチ内の水質を規定する主成分として、淡水・海水の流入、栄養塩の流入および光合成活動が関与することを多変量解析によって求めた。
- ⑦トレンチ内の水生生物の総個体数をトレンチ内の水質を規定する塩分、T-N および pH にて評価したところ、その傾向を概ね表し得た。
- ⑧貯水トレンチの機能維持を継続させるためのガタ土除去の試行を行った。その結果、水中ポンプのみの排泥よりもトレンチ底部への攪拌を目的とした圧縮空気吐出によるエアレーションを行うことでその改善がなされた。

3-2 2 年目（平成 26 年度）の成果概要

平成 26 年度の課題 「試験施工区周辺における継続的なモニタリングと実用化に向けた検討」

ここでは、これまでの成果を踏まえ、高水敷に繁茂するヨシの植生管理として有効な方法として遮蔽板と貯水トレンチによる新たな河川工作物を考案し、これをヨシが繁茂する高水敷に施工し、実証実験を行い、一連の結果から実用化に向けた検討を行った。

(1) 試験施工区でのガタ土堆積およびヨシ生長のモニタリング

トレンチ内に堆積するガタ土の長期的なモニタリングを昨年に引き続きモニタリングした。モニタリング対象のトレンチは、2013 年 6 月初旬に設置した 4 タイプの貯水トレンチである。

トレンチ A は素掘りで他のトレンチとの比較対照となるものである。トレンチ B は、浮泥流入の低減効果とヨシ地下茎侵入を制御するための囲いと遮蔽板を有し、本川との連続性を保持するための水路を設置している。トレンチ B' は、2 つのトレンチを水路で連結し、後段トレンチ内への懸濁物流入を軽減させている。トレンチ C は、遮蔽板と囲いで構成され、切り下げた開口部を有していない。なお、各トレンチの設置場所は、中潮から大潮にかけて河川水が流入する状況にある。

図-15 は各トレンチ内の堆積泥厚を定期的に測定したもので、2014 年 1 月～3 月までは、およそ 3mm/day の速度でトレンチ内に堆積した。そのうち、トレンチの貯水容量が減少し、堆積速度も低下した。しかし、6 月以降の洪水期に入り、およそ 5mm/day の速度で堆積厚が増加した。とくに、トレンチ B は河川との連結水路による切欠きによる地盤面の低下に伴い、貯水位がほかのトレンチに比して小さく、トレンチが相対的に早く埋没する結果となった。この結果は、トレンチ内へのヨシの侵入・発芽のきっかけとなった可能性がある。

図-16①、②は、各トレンチ周りの植生密度について示したものである。一定の貯水位を維持したトレンチのいずれも明瞭なヨシ進入・生長は確認されず、植生管理としての機能を十分発揮することがわかった。また、図-16①より、トレンチ B に付属する水路端付近の植生密度が低い傾向にあったが、7 月の時点でその傾向はなくなった。水路を介して形成される流れ場が堆積泥の抑制とともにヨシ発芽の遅延をもたらした可能性も考えられた。本効果は、トレンチからの流出水によるガタ土堆積抑制との相乗作用の可能性を示唆するものと言える。一方、早期に干出した前段トレンチ B'-1 および切り下げ水路のため貯水位が低いトレンチ B では、ヨシの進入が一部確認された。

図-17 は、2014 年 5 月半ば（図-17 中、160 日経過後）にヨシの進入が確認されたトレンチ B の貯水位、堆積泥厚および堆積速度である。ヨシの進入は、貯水位が 0.3m で継続した状態で観測された。実際、2014 年 10 月 30 日にトレンチ内の排泥後に遮蔽板最下部よりヨシ地下茎がトレンチ内部に侵入していることを確認した。

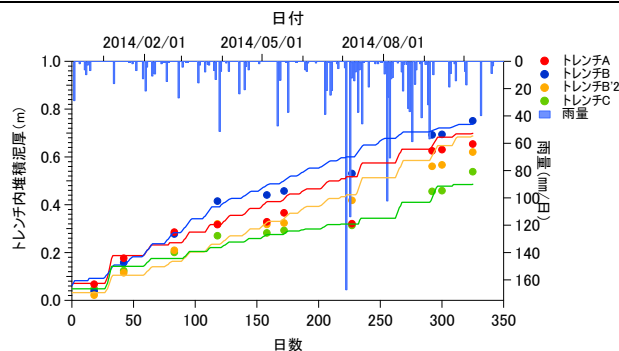


図-15 各トレンチ内の堆積泥厚の変化と降水量 (2013. 11. 15～2014. 10. 28)

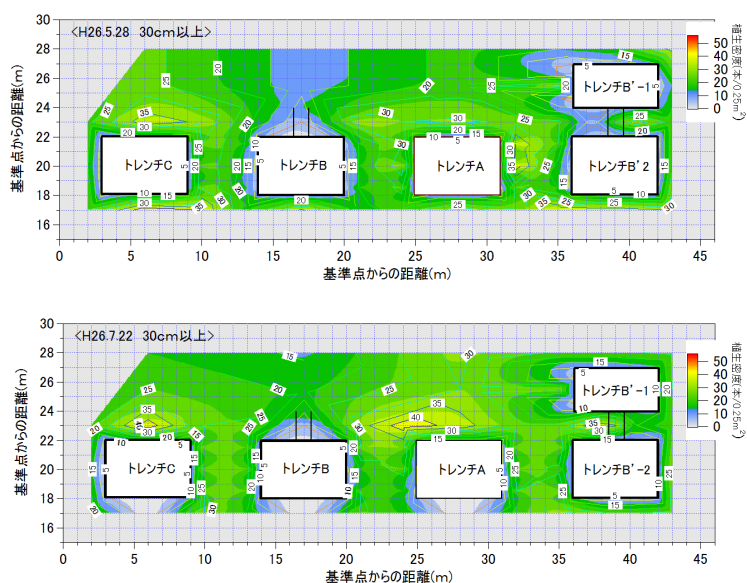


図-16 トレンチ周囲のヨシ植生密度 (本/0.25m²) の変化 (①2014. 5. 28 (上図), ②2014. 7. 23 (下図))

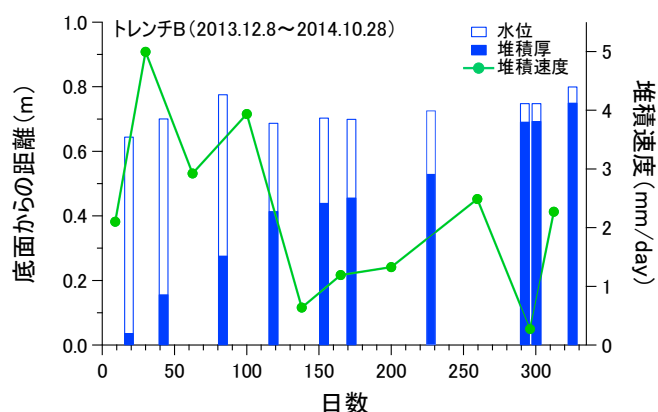


図-17 トレンチ B の貯水位、堆積厚および堆積速度の変化 (2013. 12. 8～2014. 10. 28)

(2) 貯水トレンチ周辺部の流れや懸濁物輸送に関する調査および数値計算

トレンチ内部への懸濁物の流入による貯水位低下が、ヨシ地下茎侵入に影響するため、貯水トレンチへの懸濁物流入を抑制することが重要であることは前節の結果からも明らかとなった。1つの仕掛けとして、遮蔽板の突起により底層部の高濃度の懸濁物流入を抑制している。これは、図-15中、トレンチAとCの比較からもその効果がうかがえる。また、貯水トレンチ前面部のガタ土堆積を抑制する仕掛けとして、貯水トレンチからの流出水の利用を考えた。計算モデルは平面2次元のk-εモデルを用いた。貯水トレンチ周りの突起部で囲まれた貯留水が水位低下時に開口部から排出されるとした。開口部の間口をD=0.5mおよび0.25mの2パターンとして、大凡現地調査による実測値を境界条件として与えた。図-18は、貯水トレンチ開口部(D=0.5m)から流出するわずかな流水による流れ場の数値計算結果である。また、図-19は、2014年9月12日に設置10日後の9月22日における開口部前面での堆積厚の変化を示したもので、図-18の計算に相当する現地調査結果である。ここで、懸濁物の沈降限界を0.05m/sと仮定すると、図-19の堆積傾向がおおむね表現できる。すなわち、短時間でも水際から水位低下する際に浮泥を河岸部に滞留させない一手法といえる。なお、現場では徐々にガタ土堆積による地形や植生分布に変化が生じることには留意が必要であろう。そのほか、図-16-①の水路部のヨシの発芽遅延を誘引する可能性もある。

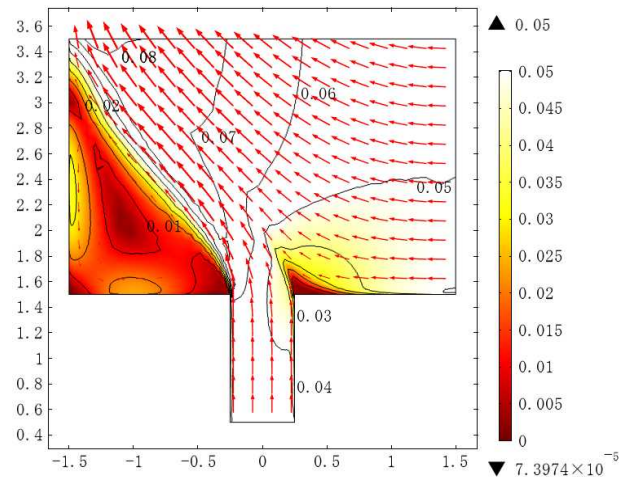


図-18 数値計算による開口部周辺流れの検討
(開口部 D=0.5m)

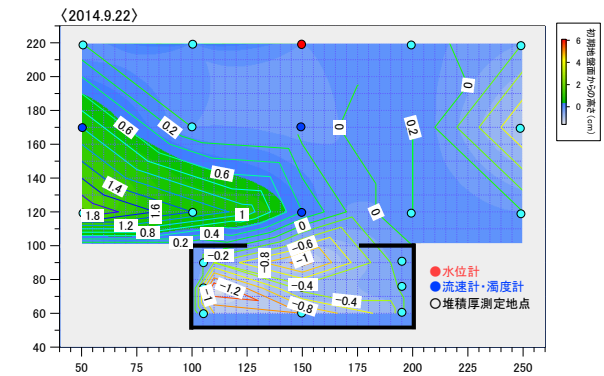


図-19 現地実験による開口部前面の堆積厚の変化
(開口部 D=0.5m, 2014 年 9 月 12 日から 10 日後)

(3) トレンチ群設置に伴う生態学的機能評価

ここでは、貯水トレンチの施工に伴う新たな河川工作物による生態学的機能評価のため、貯水トレンチ内の生息種から、①トレンチの生態学的影響と構造差を示し、②河川生態系と共存するトレンチの構造について検討した。

対象としたトレンチは、2013年11月に排泥したトレンチ群(トレンチA, B, C, B' (B' -1, B' -2))で、2014年7月23日、10月3日の2回、構造の異なる4種のトレンチ内の湛水を水中ポンプで排水し、堆積泥上に残存する生物を約1mm目のDフレームネ

ットで採取した。また、各トレンチ群への新規移入量を明らかにするため、排泥後の2014年11月7日に生息量を調査した。さらに、河川水の移出入に伴う移動量を明らかにするために、2014年12月10日に標識放流調査を行った。対象種は7月の調査結果から明らかとなった本トレンチ群内の優占種であるシラタエビ(*Exopalaemon holthuis*)と採捕数から母集団の推移を推定した。

調査結果より、7月のデータからは全46種の生物生息が確認された。生息種としてはシラタエビとシモフリシマハゼ(*Tridentiger*

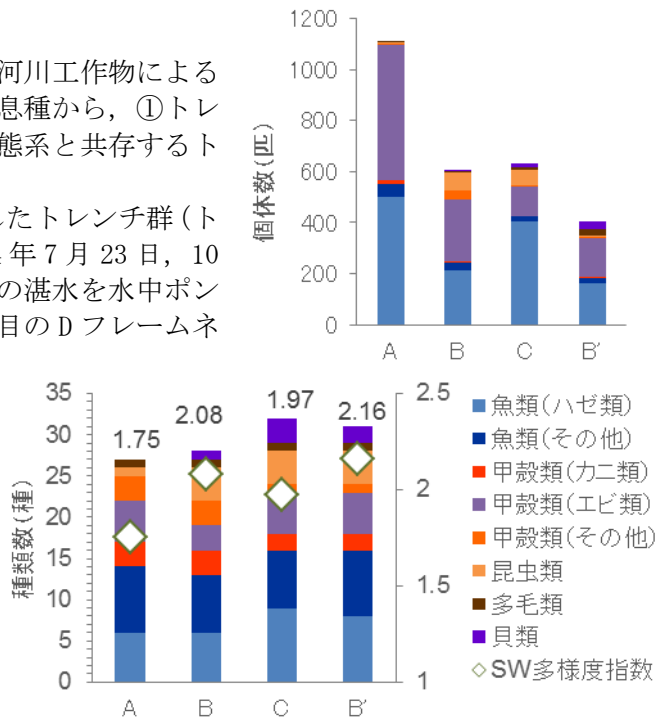


図-20 各トレンチにおける生息個体数(上図:①)と種類数と多様度指数(下図:②)

bifasciatus) が突出して多く、また、シモフリシマハゼと同じく小型ハゼ類のアベハゼ (*Gobius bivittata*) も一定数確認された。個体数では開放系のトレンチ A が最も多く(図-20①)、これらの種はトレンチに流入する河川水と共に移入し、そのまま取り残されているのではないかと考えられた。一方で、ワンド環境を好んで生息するツチフキ (*Abbottina rivularis*) やゲンゴロウ類、マツモムシ類が多く採取されたことから、設置後半年たったトレンチが、後背水域としての役割を担っているといえる。Shannon-Wiener 多様度指数を用いて各トレンチを評価したところ、種数としては C が、多様度指数では B' や B が高い傾向が明らかとなり、開放系の A や閉鎖系の C の多様度は相対的に低かった(図-20②)。

トレンチ内部にはハゼ類やエビ類を中心に多様な生物が生息していた。小型のエビ類やハゼ類は河川水の流入に伴って移入している可能性が示された。一方で、トレンチのような環境を選好している生物の存在も示された。引き続き、トレンチ内の生息生物の季節差や移出入の長期的な特性とともに、トレンチ内の水質や底質も含めた解析を通し、トレンチの構造差や生態学的役割について考察が必要と考える。

(4) 貯水トレンチの維持管理手法の検討

(1) 節にて、一定の貯水位を維持したトレンチのいずれも明瞭なヨシ進入・成長は確認されず、植生管理としての機能を十分発揮することがわかった。一方、早期に干出した前段トレンチ B' -1 および切り下げ水路のため貯水位が低いトレンチ B では、ガタ土堆積が進み、一定の貯水位が維持できず、ヨシの進入が一部確認された。ヨシ進入は、2014 年 5 月半ば(図-17 中、160 日経過後)に確認され、その際の水位は 0.3m で、2014 年 10 月 30 日の排泥後に遮蔽版最下部よりヨシ地下茎の侵入も確認された。これら一連の結果は、ヨシの進入抑制には、トレンチ内貯水位の維持管理が必要であるといえる。このため、トレンチ内の堆積泥予測とともに、定期的な堆積泥の排除が必要となる。2013 年度に実施した堆積泥攪乱装置(コンプレッサーの曝気量 $Q=55\text{l/分}$)によるガタ土攪乱および水中ポンプによる操作は、トレンチ内の堆積泥を除去する一手法である。前年度の結果から、排泥量はトレンチ内堆積泥の 16.2%で、堆積泥表層から 5cm 程度の除去量に相当した。

図-21 は、トレンチ内の堆積泥の柱状試料から、各高さ毎の含水比とせん断強度から関係を求めたものである。前年度の実験結果から排除できた堆積泥表層 5cm 程度の含水比 W はおよそ 300%で、図-21 で得られた関係式よりこのときのせん断強度 τ_y は 0.14kPa であった。図-22 は今年度の堆積泥のモニタリングデータで、堆積泥表層 10cm 深が含水比 300%程度に相当し、この層厚分が前述した堆積泥攪拌装置により除去可能であると予想される。

(5) 植生管理としてのトレンチの利用可能性と実用化に向けた技術開発の提案

これまでの調査結果および解析に基づき、図-23 のように河岸部のガタ土堆積軽減、植生管理および新たな生態系創出といった複合的な機能を有するトレンチ群の現場への施工を提案する。具体的には、次のような機能を期待するものである。①貯水位を維持することでヨシ植生繁茂域を抑制し、水生生物の生息場としての機能を提供し、②浅場形成による底生生物の環境場を創出し、③前段トレンチの開口

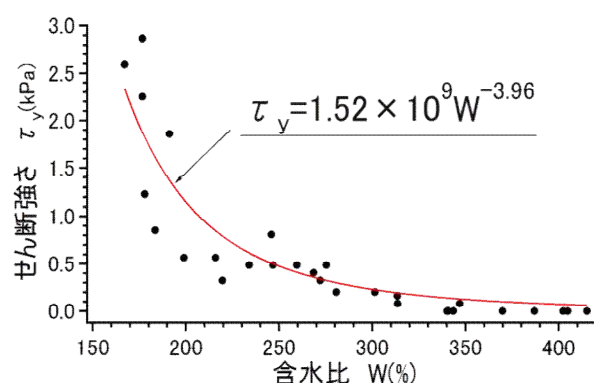


図-21 トレンチ底泥の含水比とせん断強さとの関係

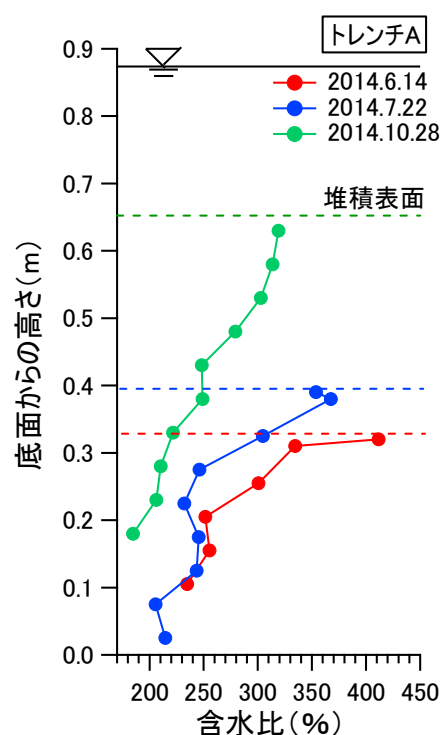


図-22 トレンチ A 内の堆積泥含水比の変化

部を調整することで水際の擾乱を誘起しガタ土堆積を軽減させる。また、④トレンチ間の連結水路では植生浄化を期待する。個別の機能はこれまでの成果及び既往研究からも実証されており、実用化に向けた技術開発は十分可能と思われる。今後、河川管理事務所と長期的なモニタリングを通して、さらに事業展開に向けた取り組みを試みたいと考えている。

図-24 は対象域での流れ場を計算したのち、その流れとともに流動する浮子を見立て、その一潮汐間の軌跡に基づき河道内から流出するもの（系外流出）と河道内に滞留するもの（系内滞留）の割合を取りまとめたものである。また、系内に滞留する成分のうち、水際に漂着するものと水表面で漂流するものにも分けた。なお、流れの計算には、平面 2 次元の流れ場解析に実績を有する iRICsoftware の Nays2DH を使用した。計算対象域 0～14km の地形測量データ（国土交通省武雄河川事務所提供）に基づき、縦断方向に 50m 等分割、横断方向低水路等分割、高水敷は等比分割し、計算格子 7,797 点とした。境界条件には、上流端流量として年平均流量（ $=4\text{m}^3/\text{s}$ ）を、下流端水位には牛津川河口部の水位（江口観測所）の実測値を与え、解析には計算開始後 50 時間経過後の値を初期値とし、安定的な条件のもとで計算した結果を用いた。その結果、当初河道内に配置した 300 個の浮子のうち、75 個（25%）が漂着、92 個（31%）が漂流、133 個（44%）が系外へ流出した。加えて、図より、0～8km の区間とそれよりも上流区間で浮子輸送に特性が見られた。これは、牛津川 8～9km 地点に大きく蛇行する区間があり、この近辺に計算した浮子が滞留する様子が計算からうかがえた。これらの結果は、貯水トレンチの河道内設置の 1 つの考え方として、蛇行部から下流に設置・運用が効率的であることを示唆するものといえる。

(6) 平成 26 年度調査結果のまとめ

①有明海湾奥部に位置する六角川水系牛津川 4.8km 地点の左岸高水敷を調査地点とし、4 タイプの貯水トレンチの堆積傾向を見出した。長期モニタリングから、一定水位を維持できた貯水トレンチへのヨシ侵入抑制を確認した。一方、開口部を有し、トレンチ内のガタ土堆積が著しかったトレンチ B では、貯水位が 0.3m 程度をきっかけに、トレンチ内へのヨシ侵入が確認され、トレンチ内堆積泥の維持管理の目安が示された。

②トレンチ取り付け水路を介して形成される流れ場が河岸域の堆積泥抑制とヨシの発芽遅延を誘引する可能性を示唆した。その際、トレンチ開口部からの流水速度は計算結果に基づく懸濁物の沈降限界速度からおおよそ 0.05m/s 以上が必要であることが示された。

③貯水トレンチの生態学的機能を明らかにするため、貯水トレンチ内の生息種から、トレンチの生態学的影響と構造差を示し、河川生態系と共存するトレンチの構造について検討した。その結果、トレンチ内部にはハゼ類（優占種：シマハゼ）やエビ類（優占種：シラエビ）を中心に多様な生物が生息し、小型のエビ類やハゼ類は河川水の流入に伴って移入している可能性が示された。一方で、トレンチのような環境を選好している生物の存在も示された。

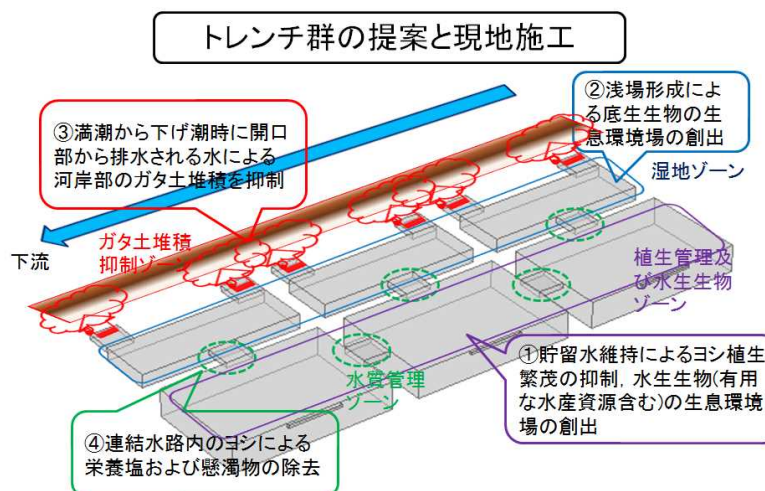


図-23 複合的な機能を期待したトレンチ群の平面図(案)

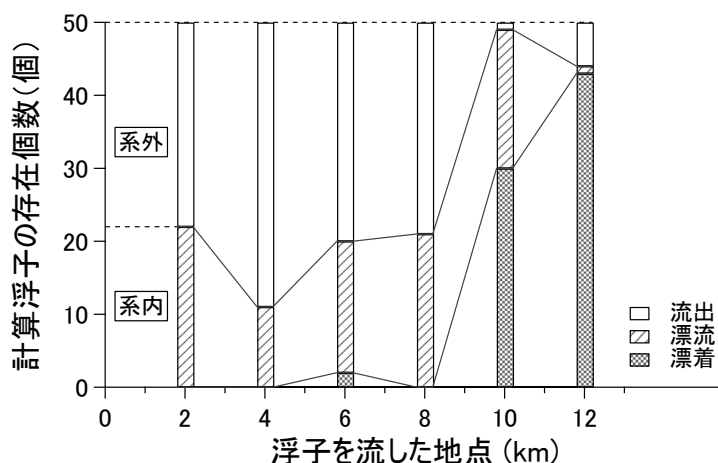


図-24 各地点に配置した計算浮子の一潮汐後の移動履歴

④貯水トレンチの維持管理には、懸濁物の流入抑制とともに、堆積泥の排出を行う必要がある。昨年度試行的に実施した曝気攪拌装置による排泥結果から、トレンチ内の堆積泥の含水比及びせん断強度をもとに、その排出限界等について示した。

⑤植生管理としての貯水トレンチの利用について、これまでの調査結果に基づく新たな提案を行った。これには、貯水位維持による植生管理、水生生物や底生生物の生息場環境の創出、河岸部水際のガタ土堆積抑制などの複合的な機能を期待している。なお、ヨシ流出特性解析の結果、牛津川 8km 地点の蛇行部から下流域で貯水トレンチを配置し、運用させる 1 つの考え方を示した。

【4】今後の課題・展望

本調査研究は、これまでの現地調査に基づく知見から、ヨシ拡大抑制に効果のある一定水深場の維持と遮蔽板（地下茎進入抑制と浮泥流入抑制を加味したもの）を基本とする貯水トレンチ（図-1 参照）を提案し、その有効性と維持管理に関する科学的知見を得ることを目的として実施されたものである。その際、現場施工された貯水トレンチにより、ヨシ繁茂の制御が確実に期待できる一方で、貯水トレンチ内の堆積物や貯留水の水質、あるいはトレンチ施工に伴う周辺の生息生物への影響が懸念された。しかしながら、本調査研究を通して、植生管理のために必要な水位、トレンチ内に流入する懸濁物量とその堆積予測、トレンチ内水質の変化、トレンチを活かした新たな河川生態系の形成、など河川法が目指す趣旨に合致できる結果が得られた。当初懸念されたトレンチ周辺環境もオオヨシキリの営巣をはじめ、ハラグクレチゴガニといった底生生物も以前と変わらず多数生息することが確認されている。今後は、貯水トレンチを応用し、河川本体と連携した新たな水辺空間創出の可能性が期待される（図-23 参照）。

一方で、これまでの視点は、高水敷に繁茂するヨシの適正管理のための拡大抑制策と生態系に配慮した川づくりの検討であった。その中で、貯水トレンチの考案とその実証実験を通して、その具体的な効果の検証を行ってきたものの、広域にわたる感潮区間での新たな河川工作物の設置は小さな川づくりの効果の検証に終始せざるを得ず、本提案が流域管理につながる検討も必要である。上記 3-2(5)節「植生管理としてのトレンチの利用可能性と実用化に向けた技術開発の提案」の中で一部検討したヨシの河道内での流動は新たな視点の検討と言えよう。とくに、近年、異常豪雨や洪水時に河川を起源として流出する大量の浮遊物が問題化し、その最終着底地の生態系に多大な影響を与えている。したがって、河口沿岸部に漂着するヨシを主体とした草本性（抽水）植物に着目し、これらの対象水域内での輸送特性、ヨシ堆積に起因した干潟環境への影響評価、ヨシによる水質浄化能・土壌環境改善能および河川生態系内での構成要素としての役割を明らかにすることは有用である。また、ヨシの水域生態系における総合的な機能を評価したのち、河川由来の流出ヨシの河口沿岸部への影響評価と陸域および沿岸域を含む適切な沿岸域管理手法の確立に向けた取り組みの一環とした提案につなげることが可能であると考えられる。

謝辞：本調査の計画実施に対し、武雄河川事務所調査課を中心とした関係者に多大なご協力をいただいた。また平成 25、26 年度の現地調査の遂行には、当時、佐賀大学大学院工学系研究科修士 2 年（西村賢人君、高致晟君）、佐賀大学理工学部都市工学科 4 年（木塚綾さん、大峯貴裕君、門田理沙さん、八尋淳也君）に寄与するところが大きい。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 山西博幸、白濱祐樹、山下祐、北岡嵩規、濱邊竜一、高瀬智、山崎勉：強混合型河川感潮域での河岸ガタ土堆積と水際植生管理に関する研究、河川技術論文集、第 17 巻、pp. 203-208, 2011. 7.
- 2) 山西博幸、山下祐、北岡嵩規、白濱祐樹：河川水際環境の変化がヨシ群落の生息空間に及ぼす影響、土木学会論文集 G（環境）、Vol. 67, No. 7, III_133-140, 2011. 11.
- 3) 山西博幸、松岡由泰、高致晟：河川感潮域でのガタ土堆積に関する研究、低平地研究、No. 21, pp. 19-24, 2012. 5.
- 4) 山西博幸、松岡由泰、蓮尾直志、酒井史、山崎勉、高木耕太郎、川崎裕之：流水能及ぼす河岸ガタ土堆積とヨシ繁茂への対策に関する研究、河川技術論文集、第 18 巻、pp. 23-28, 2012. 6.
- 5) 山西博幸、山下周平、中村祐介、成清嘉隆、佐藤博志、高木耕太郎、川崎裕之：ヨシの生長とガタ土堆積の相互作用およびヨシ生長抑制策の効果、河川技術論文集、第 19 巻、pp. 399-404, 2013. 6.
- 6) 山西博幸、佐藤博志、川崎裕之、山本佳久：河道内ヨシ群落の繁茂抑制に関する検討、応用生態工学会第 17 回研究発表会講演集、pp. 267-268, 2013. 9.
- 7) H. Yamanishi : Study on mud sedimentation and the spreading of vegetation on the riverbank in a tidal river, the 12th International Conference of Cohesive Sediment Transport, Gainesville, Florida, pp. 67-68, Oct., 2013.