

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 23 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K18121

研究課題名(和文)砂州植生域における砂・粒状有機物の堆積とその分解過程を考慮した土壌環境の形成機構

研究課題名(英文) Formation mechanism of the soil environment considering deposition and decomposition process of sand and particulate organic matters in vegetated area of river sandbar

研究代表者

尾花 まき子 (Obana, Makiko)

名古屋大学・工学研究科・助教

研究者番号：10447831

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、河道内砂州植生域が、洪水により運搬されてきた砂や粒状有機物を捕捉する現象に着目し、それらの堆積機構をモデリングすること、粒状有機物(植生種子、落葉、落枝等、以下POMと記載)が堆積した後に砂州植生の栄養分となるに至る分解過程を把握することを目的としている。研究は、(1)洪水による砂・POM堆積特性変化の現地観測とPOM分解の現地実験、(2)植生域縦断方向での掃流砂・粒径別POMの堆積機構の水理実験、(3)水理モデルと連携させた粒径別POM輸送モデルとその分解モデルの構築、に分割して実施し、(1)と(2)で得られた情報を基に、POMの輸送と分解過程を解析可能なモデルが完成した。

研究成果の概要(英文)：Deposition mechanism of sand and particulate organic matter (POM) driven by flood in river sandbar is focused on this research. The research objectives are 1) to develop a modeling techniques of the deposition mechanism, and 2) to understand the decomposition process of POM after accumulating them on vegetated area of sandbar. Our research was conducted with three kinds of following parts; A) Field observation of deposition characteristics and field experiment of POM decomposition, B) Flume experiment for understand deposition mechanism of bedload sediment and POM, and C) Model development of POM transport and the decomposition associated with hydraulic model. Based on the results of field observation (A) and flume experiment (B), the model which has possibility of analysis for POM transport and the decomposition process was finally developed.

研究分野：河川工学，環境水理学

キーワード：砂州植生域 粒状有機物 堆積 分解過程 土壌環境

1. 研究開始当初の背景

国内の多くの河川において、砂州や高水敷上の植生がその繁茂域を拡げることによる藪化や樹林化が、近年の河川管理における喫緊の課題となっている。河道内砂州の植生域では、洪水時に植生が流れの抵抗として作用し、微細な土砂や有機物、栄養塩を砂州に取り込む。この作用が砂州土壌の富栄養化とますますの植生繁茂を引き起こし、さらには樹林化にいたるきっかけとされているが、特に植生繁茂基盤形成ステージ初期段階の物理的・生物的な相互作用から成る土壌環境の形成過程は未だ不明なことが多い。それを明らかにすることは、植生域の拡大を議論する上で必須であるといえる。このような背景から本研究では、河川の砂州地形を対象として、その上での植生動態の初期成長を決定する一因にもつながる植生周辺の流れとそこへの土砂・粒状有機物(以下、POM と称する)の堆積過程およびPOMが堆積した後の分解過程に着目する。ここでのPOMとは、植物種子や落葉・落枝をさす。

2. 研究の目的

本研究では、河道内砂州植生域が、洪水流により運搬されてきた砂や粒状有機物を捕捉する現象に着目し、それらの堆積機構をモデリングすること、粒状有機物(植生種子、落葉、落枝等)が堆積した後に砂州植生の栄養分となるに至るその分解過程を把握することを目的とする。

3. 研究の方法

研究は、具体的に1)洪水による砂・POM堆積特性変化の現地観測と年スケールでのPOM分解の現地実験、および2)植生域縦断方向での掃流砂・粒径別POMの堆積機構の水理実験によりPOM運動機構や分解過程の特徴を抽出・把握し、3)水理モデルと連携させた粒径別POM輸送モデルとその分解モデルを構築する。

4. 研究成果

(1)細砂と粒状有機物の堆積に関する現地観測と水理実験

河道内植生域は離散的障害物として流れを低減するほか、横断混合を誘起し、それらの相互作用によって流砂の堆積を促し生息場や物質循環素過程の場を提供している。また、粒状有機物(以下、POM)を捕捉し、物質循環を通して生態系の形成に貢献している。植生域の土砂堆積はすでに解析がなされているが、POMの挙動は生態系にとって重要であるにも関わらず未だ運動機構の解明が不十分であり、河床変動解析に取り込む上で土砂との挙動特性の違いを把握する必要がある。本研究は、現地の植生域でのそれらの堆積・捕捉状況の観測を行い、その素過程を単純化した実験水路を用いた基礎実験によ

って、土砂と粒度・比重の異なるPOMが単独あるいは混合状態で植生に捕捉される状況を観察し、どのような仕組みが出現しているのかを探り今後の解析上でのモデリングの方向性を探った。

矢作川中流の中州型砂州の植生域で砂とPOMの堆積構造を調査し、縦断方向や横断方向の分級、POMの含有率の場所的变化に着目した基本的特性を抽出した。

中州型植生域の流れの特徴は、流れの縦断方向の減速と非植生域と植生域が並列している部分での横断混合である。こうした視点から、非植生域から植生域への縦断的遷移区間、非植生域と植生域が並列する区間で十分発達した横断混合場での土砂、POMの流下・堆積を実験水路に再現した。

実験では円柱群植生モデルを用い、非植生域、植生域の水理条件を調整、2種の粒径(1.25mmと0.25mm)の篩分砂のほか、POMのモデルとしてはPVC粒子(比重1.26)の2種の粒径(1.5mm(非球形)と0.2mm(球形))を用いた(各々モデルCPOM、FPOMに相当すると想定)。植生域、非植生域で移動・非移動や浮遊・掃流と変化する組み合わせで実験条件を選んだ。

室内実験で水理的素過程(減速と混合)ごとに、砂とPOMとを別々に検討、以下の特徴が分かった。1)非植生域から植生域への縦断的遷移を想定したケースでは、浮遊砂が植生域に堆積、砂漣を形成し、時間的に発達する(図-1参照)。モデルCPOMもFPOMも単独では植生域を浮遊、掃流形式で通過したが、混在させた場合にはCPOMは砂漣のトラフに捕捉され、砂漣は下流へ移動続けるが、伝播速度や波高は低減する。2)非植生域に並行する植生域では浮遊砂の横断混合による畝状構造現れるが掃流粗砂も小規模の畝を形成する。CPOMは横断混合によって植生域まで運動領域を広げるが堆積には至らなかった。

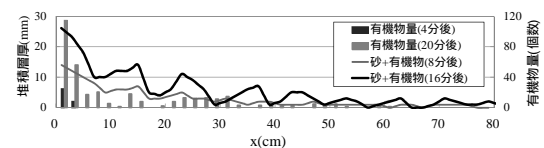


図1 CPOM量の時系列変化(4分後、20分後)

(2)砂州における粒状有機物の分解過程

本研究では、河道内砂州の裸地域と植生域という場の特性の違いを考慮し、有機物と栄養塩が経時的にどのように変化をするのかに着目した比較・検討を行う。また、同内容を有機物と栄養塩の変化に支配的である降雨条件の有無による違いのみに着目するため、プランターを用いた室内実験による比較・検討も併せて行う。こうすることで、様々な景観要素の違いが粒状有機物の分解過程に、どのような影響を与えるのかを明らかにする。

中部地方の庄内川砂州を対象にした現地観測と室内におけるプランター実験の2種類の場合で実験を行い比較検討した。各実験において、あらかじめ採取して乾燥させておいた有機物（ツルヨシ）を網目が1mm程度のネットで包んだリターバッグを作成した。それを表層から10cm程度の深さの土砂の中にあらかじめ複数個設置しておいた。そのリターバッグを設置した日からおよそ20日毎に、計3回の回収を行った。その都度、設置したリターバッグの直下にある土砂も回収した。そして毎回の回収の度に a) 有機物の初日からの重量変化量, b) 有機物の含有栄養塩, c) 土砂の含有栄養塩・有機物量の3項目を計測した。

庄内川における現地観測と、室内によるプランター実験にて有機物の分解過程を比較・検討した結果、以下のような成果が得られた。

- 1) 有機物が捕捉された直後の初期段階における有機物重量減少と異化作用による土壌へのアンモニア態窒素の供給が顕著であった
- 2) 植生域においては生息する微生物が多いため、裸地域より植生域での分解がより促進されることが確認された。

(3) 河道内植生域での砂と粒状有機物の輸送と堆積過程のモデル化

植生を伴う流れは、植生域に形状抵抗で付加して平面二次元流解析で良好に記述される。またそれによって推定される摩擦速度、流砂量を基にした河床変動解析がなされる。しかし植生域内における鉛直方向の流速分布は対数分布則から逸脱しているにもかかわらず床面粗度による抵抗（平均流速と摩擦速度の比）の見積もりには非植生域と同じものが使われており、河床変化の重要パラメータである摩擦速度が過小評価されている。2章の実験でも砂・POMの輸送は植生域内で平均流から予測されるより活発であった。本章ではこの点に着目して堆積過程の記述の精度向上を図る。

植生内の流れの特徴のうち、植生内縦断方向への減速に着目した(1)の水路実験では、1) 植生域に堆積した浮遊砂が砂漣を形成し、時間的に発達する。2) モデル CPOM も FPOM も単独では植生域を浮遊、掃流形式で通過したが、混在させた場合には CPOM は砂漣のトラフに捕捉され、砂漣は下流へ移動続けるが、伝播速度や波高は低減する。という特徴的な堆積特性が抽出されている。一方、植生域内における鉛直方向の流速分布は対数分布則から逸脱している(図2参照)が、平面二次元解析の現況モデルでは植生域内外で同じ流速の鉛直分布が用いられており、土砂堆積においての重要パラメータである摩擦速度が過小評価されるという課題がある。ここでは、植生内での限られた異なる条件での実験データから、速度欠損則表示を用いることに

より統合的に植生内境界層厚を推定、植生内鉛直流速分布の高度化に工夫を凝らした。さらに、単独では植生域内を流下する POM が、砂漣のトラフに取り込まれ堆積する過程のモデル化も試み、上記の水路実験で得られた結果に適用し再現性を確認した。

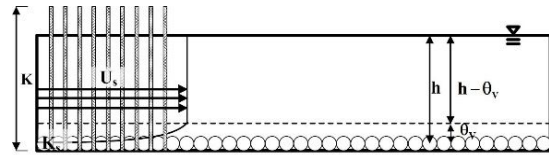


図2 植生域での流速分布と水路の諸量

底面粗度に規定される境界層を想定して植生内固有速度との接続を考えたが、植生内境界層が厚く実験データ数が限られるため、特に本研究では、速度欠損則表示を利用して異なる条件の実験結果から統合的に境界層厚さを確認するとともに対数則の検証が工夫された。この新たな解析法により、植生域内土砂堆積特性の再現性の向上が確認され、植生内での砂漣の形成・伝播特性が表現された(図3参照)。

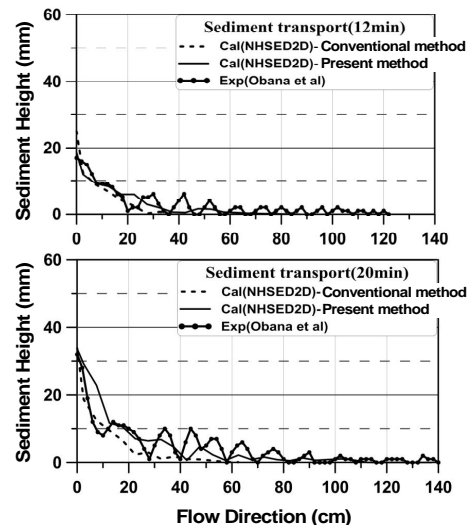


図3 植生域での砂の堆積形状

さらに、砂漣に取り込まれる POM の挙動については、植生域内の底面付近を掃流状態で流下する過程で、形成されていた砂漣クレスト背後の渦域に捕捉され、その進行と共に埋没し、また一波長移動後に露出するという特徴的な挙動が観察された(図4)。その過程のモデル化には、CPOM を土砂とは比重の異なる粒子と見立て芦田・道上式に基づき CPOM 供給数密度、粒子速度、捕捉率の関係を定式化することにより、砂漣と干渉した挙動を呈する POM 粒子の堆積個数の時空間分布を求めることができる。このモデルを上記の水路実験で得られた結果に適用し再現性を確認したところ、図5に示されるように本モデルで実験結果が概ね説明できると判断した。

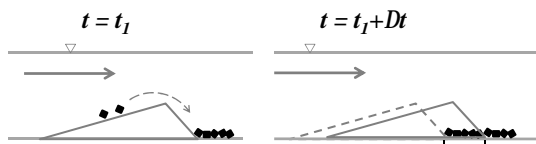


図4 砂漣の進行に伴い埋没するCPOM

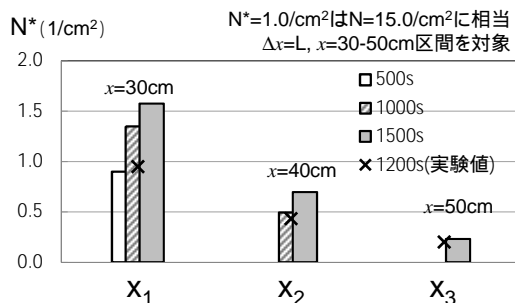


図5 距離に応じたCPOMの堆積

(4) まとめ

本研究では、特に砂州の裸地域や植生域が、洪水流により運搬されてきた砂や粒状有機物を捕捉する現象に着目し、それらの堆積機構の特徴を把握した上でモデリングし、粒状有機物(植生種子、落葉、落枝等)が堆積した後には砂州植生の栄養分となるに至るその分解過程に至るまでを取り組んだ。本研究で着目した粒状有機物は、砂州土壌や間隙生物へ栄養分を供給する貴重な栄養源である。本研究により、今まで生物的なものとして個別に取り扱われてきた粒状有機物の挙動が、土砂の挙動と同様に解析可能となり、粒状有機物の堆積後の無機化に至るまでの分解過程が把握されたこと、から生息場や植生繁茂に適した場の条件が予測されるため、基礎研究ではありながらも、今後の河川環境維持管理にとっては重要な知見が提供されたといえる。今後は、砂州に堆積した粒状有機物の分解過程も含めた栄養塩動態を植物成長モデルの中に効果的に取り込んでいくことが課題である

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

Ho-Seong JEON, Makiko OBANA, Kyu-Ho KIM, Tetsuro TSUJIMOTO (2017.4): Flow and Sediment Transport with Non-Submerged Riparian Vegetation in 1D Scheme, Journal of Coastal Research, Coastal Education and Research Foundation, Inc., No.79, pp.329-333, 査読有.

尾花まき子, 全浩成, 辻本哲郎(2017.3): 流路側岸の植生帯による砂・POM 捕捉に関する水理実験と平面二次元解析の工夫,

土木学会論文集 B1(水工学), 土木学会, Vol.73, No.4, I_1075-1080, 査読有.
尾花まき子, 日高諒, 戸田祐嗣, 辻本哲郎(2016.10): 河川砂州の水質浄化機能としての最大脱窒能の定量化の試み, 土木学会論文集 G(環境), 土木学会, Vol.72, No.6, II_9-14.
尾花まき子, 黄躍滔, 辻本哲郎(2015.6): 植生砂州における洪水後脱窒ポテンシャルの定量化, 河川技術論文集, 土木学会水工学委員会, Vol.21, pp.307-312.

〔学会発表〕(計4件)

尾花まき子, 全浩成, 辻本哲郎(2016.9): 流路側岸植生帯による砂・粒状有機物の捕捉と横断方向平面二次元解析へのその取り込み, 応用生態工学会第20回研究発表会講演集, p.140, 東京大学, 東京.
尾花まき子, 鶴田遼, 戸田祐嗣, 辻本哲郎(2016.9): 側岸植生を有する複断面流路での側岸侵食と河床低下の伝播に関する水理実験, 土木学会第71回年次学術講演会, pp.161-162, 九州大学, 博多.

Ho-Seong Jeon, Makiko Obana, Tetsuro Tsujimoto, Kyu-Ho Kim(2016.2): Concept of Bed Roughness Boundary Layer and Its application to 2D Depth-Averaged Analysis of Flow and Fluvial Process in Streams with vegetation, 11th International Symposium on Ecohydraulics 2016, Melbourne, Australia

尾花まき子, 全浩成, 辻本哲郎(2015.9): 河道内植生域での粒状有機物の堆積過程とそのモデル化, 応用生態工学会第19回研究発表会講演集, p.111, 日本大学, 郡山.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

尾花 まき子 (OBANA, Makiko)
名古屋大学大学院工学研究科 助教
研究者番号: 10447831