

令和 2 年 5 月 26 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06575

研究課題名(和文) 裸地砂州への植生初期侵入・再萌芽の実態把握と機構解明

研究課題名(英文) Initial recruitment and re-germination mechanism of riparian vegetation onto bare sand bars

研究代表者

戸田 祐嗣 (Toda, Yuji)

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号：60301173

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：国内外の河川で問題となっている河川樹林化現象に関して、樹林繁茂のきっかけとなる裸地砂州への植生の初期侵入・再萌芽機構に関する定量的・継続的な現地調査を実施した。調査の結果、裸地砂州への植生の種子供給について、河川水際線付近の帯状の領域と裸地砂州上の砂堆背後で大きくなり、前者は水散布が支配的で後者は風散布による種子の集積が支配的であることが示された。水際付近での帯状の侵入域の内側境界と外側境界は、種子散布時期の冠水頻度等により決定されることが明らかになった。これらの観測結果に基づいて、植生の初期侵入箇所を予測する数値モデルを開発し、モデルの精度、妥当性が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

裸地砂州への植生の初期侵入・再萌芽について、これまでは現地観測の困難さから実測データが不足していたが、本研究の成果により実河川での定量的・実証的データが得られ、その知見に基づいて植生初期侵入の予測モデルが開発されており、データ、モデルともに新規性の高い学術的成果が得られた。河川の樹林化現象は国内外の河川で報告され、河川管理上の課題となっており、それに対して、樹林繁茂のきっかけとなる初期侵入機構を明らかにする本研究の成果は、今後の河川植生管理の効率化・高度化への発展が期待される有用性・発展性の高い成果と考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study aims to clarify the initial recruitment zone of riparian vegetation based on the field investigations. The results show that more seeds accumulated at the shoreline than that at the flat area of the bare bar. It was also found that the seed density at the downstream side of dunes on the bare bar is much higher than that at the upstream side. The hydrochory may be the dominant factor for seed dispersal to shoreline, and wind is the significant seed dispersal approach to the downstream side of dunes on bare bar. The initial recruitment model was proposed with the consideration of inundation frequency, sediment transport and spring flood. The simulation results showed that the initial recruitment zone is along the shoreline with the line shape. The comparison of simulation and field survey results show that the initial recruitment model can well predict the initial recruitment zone.

研究分野：河川工学

キーワード：水工水理学 河川工学 河川植生 初期侵入・再萌芽

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、我が国の多くの河川では、河川内の砂州に樹木が大量に繁茂する樹林化現象や、草本類が大量に繁茂する藪化現象が報告されている。このような河道内での植生の大量繁茂は、河川の洪水流下能力、河川空間の生物生息環境、河道内での土砂・栄養塩動態に大きな影響を与える。このことから、この20年ほどの間、応募者を含め、河道での植生繁茂に関する精力的な研究が行われており(例えば、清水ら(水工学論文集, 43, 1999), 藤田ら(土木学会論文集, 747, 2003)), その成果から、植生繁茂が進行した河川での流れ場、地形変化、植生の拡大、洪水時の植生破壊・流出機構(田中ら(土木学会論文集 B, 66(4), 2010), 戸田ら(河川技術論文集, 12, 2006))などが明らかになりつつある。

一方、既往の研究では、すでに植生繁茂が顕在化した砂州を主に対象としてきたことから、最初に植生が生えていない砂州(以下、裸地砂州と呼ぶ)になぜ植生が繁茂し始めたのか、あるいは洪水や伐採後にどのように再萌芽していくのかという、河道内植生の初期侵入・再萌芽機構について、実測データに基づく十分な工学的知見が得られていない。

### 2. 研究の目的

以上の背景から、本研究では、裸地砂州への植生の初期侵入・再萌芽機構を現地観測に基づいて実証的に解明することを最終目的とする。この目的を達するため、「対象植物種毎の侵入・再萌芽箇所の実態把握(サブテーマ1)」、「植生侵入・再萌芽箇所の支配要因の特定(サブテーマ2)」、「植生侵入・再萌芽箇所の予測・推定手法の開発(サブテーマ3)」の3つのサブテーマに分割して研究を実施する。

### 3. 研究の方法

#### サブテーマ1: 対象植物種毎の侵入・再萌芽箇所の実態把握

UAVを活用した砂州地被状態の写真撮影から、実際に植生が侵入・再萌芽した個所の空間分布、地形特性を把握する。植生の侵入・再萌芽は洪水履歴や種子散布時期の流量条件によって異なり、また、そもそも河川植生の侵入や再萌芽に関しては実測データが不足している状況にあることから、この調査は研究期間3年間を通じて実施する。

植生の侵入、再萌芽特性は、対象とする植物種毎に異なるが、研究成果の河川管理への還元を考慮して、樹林化・藪化で問題となることの多い種類を対象とする。具体的に、木本類: ヤナギ類、ハリエンジュ(外来種)、草本類: ヨシ・ツルヨシ、ヤナギタデ、シナダレスズメガヤ(外来種)、セイタカアワダチソウ(外来種)を調査対象とする。

このサブテーマの成果はサブテーマ3の予測・推定手法の検証データとして活用する。

#### サブテーマ2: 植生侵入・再萌芽箇所の支配要因の特定

裸地への種子、根、茎などの漂着・埋土が侵入・再萌芽箇所の決定に支配的なのか(供給条件)、それとも砂州土壌の水分・栄養分状態など物理・化学的環境要因が支配的なのか(土壌環境条件)を明らかにするのが、このサブテーマの目的である。対象砂州中に多数の調査地点を設定し、地形、河床材料、土壌水分量、冠水頻度、土壌サンプリングによる埋土種子量等に関する広範な地点での調査から、供給条件、土壌環境条件のどちらが支配要因となっているかを対象植物種毎に明らかにする。

#### サブテーマ3: 植生侵入・再萌芽箇所の予測・推定手法の開発

サブテーマ2の成果に基づいて、侵入・再萌芽箇所の予測・推定手法を開発する。種子の供給条件に関する影響については、種子散布時期の流量・冠水頻度から予測・推定し、土壌環境条件の影響については、砂州表層材料の粒度分布などをパラメータとして予測・推定する。開発した手法による推定侵入・再萌芽箇所とサブテーマ1で実測した箇所とを比較し、手法の検証、妥当性の確認を行う。

### 4. 研究成果

三重県・鈴鹿川の裸地砂州を対象とし、台風による大規模出水前後、冬期の種子散布・分散時期、春期から夏期にかけての発芽・成長時期について、UAVを用いた地形・植生分布調査、砂州表層土壌の粒度分布、埋土種子量に関する定量的調査が行われ、その結果より、裸地砂州水際部と砂州上の砂堆背後に種子が高密度に集積することを明らかにした(図1)。また、観測期間の河川水位、流速等の水理解析を実施し、種子分布と比較することより、水際部への種子の集積については、種子散布・分散時期における流水散布が支配的であること、砂州上の砂堆背後への種子の集積は風散布が支配的であることを明らかにした。

裸地砂州上の植生初期侵入特性について現地観測により検討を行い、種子が高密度で集積した砂州水際部と砂州上の砂堆背後で植生の初期侵入が生じることを明らかにしている。特に顕著な植生侵入が観測された砂州水際部については、河川水際に平行に帯状の植生侵入帯が形成されること、植生侵入帯は河川水際から見て内側境界(Internal Boundary)と外側境界(External Boundary)によって特徴付けられ(図2)、内側境界、外側境界の位置は平水時の河川水位の比高と相関が高いことが明らかにされている。また、水際部での植生侵入による植生率は内側境界から外側境界に向かって減少する傾向があり、種子散布・分散時期の冠水頻度が植生率に影響を

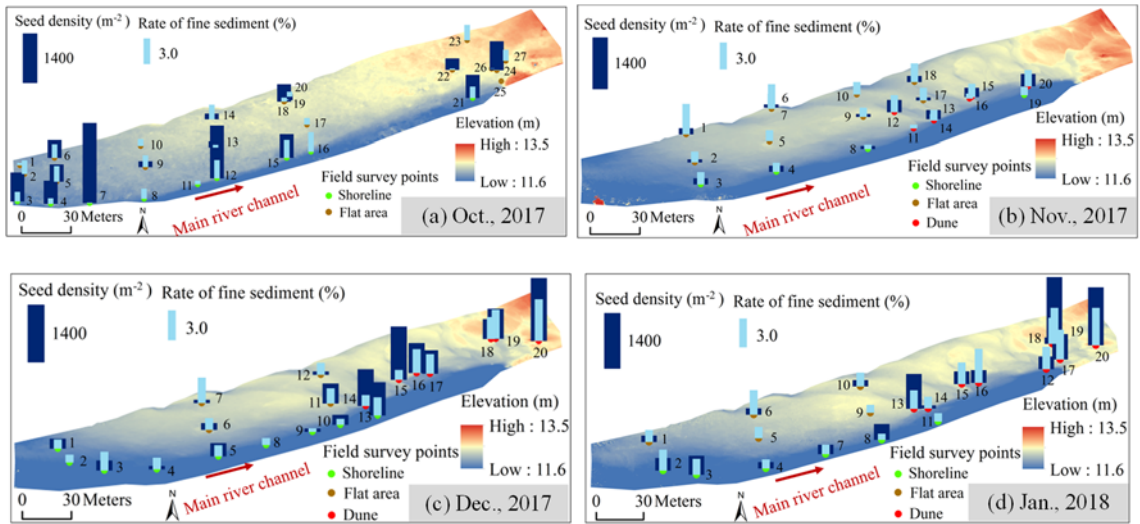
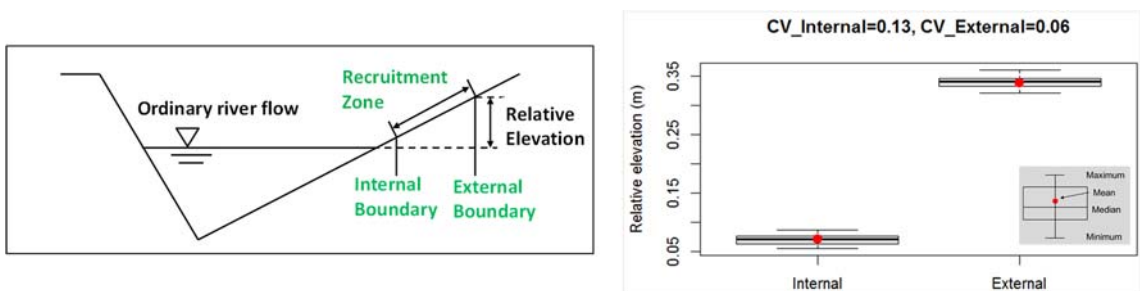


図1 拉致砂州における埋土種子密度と細砂含有率



(a) 植生初期侵入帯の概念

(b) 侵入帯の内部境界・外部境界の観測値

図2 植生初期侵入帯

与えることを明らかにしている。

植生の初期侵入に影響を与える要因分析について、大規模出水による砂州地形の変動は、砂州水際地形の侵食・堆積や砂州上の砂堆形成を引き起こし、出水後の植生の侵入箇所を決定すること、植生の初期侵入は種子が高密度に集積する個所で生じるが、植被率については、種子の密度だけでは決定されず、冠水頻度が支配的な影響を与えることが明らかになった。

上記の観測結果に基づいて、初期侵入箇所と植被率を予測する数値解析モデルを開発した。開発されたモデルでは、河川流の平面2次元解析から種子散布・分散時期における砂州上の流速、水深、冠水頻度を求め、植生侵入帯の内部境界を冠水頻度により、外部境界を最大冠水域より、植被率を植生侵入帯内の冠水頻度をパラメータとした関数より決定している。開発されたモデルを調査対象裸地砂州に適用し、モデルの精度検証、妥当性を確認した。

以上のように、本研究では、国内外でこれまで実測データが十分得られていなかった植生の初期侵入・再萌芽機構について、定量的な現地調査よりその侵入箇所特性・侵入条件を実証的・定量的に明らかにし、その知見に基づいて侵入箇所の予測モデルを構築したものであり、河川植生管理に対する有用性や、植生侵入に関する新規性の高い研究成果を得た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Zhou, Y.X., Toda, Y. and Kubo, E.	4. 巻 10
2. 論文標題 Distribution of Initial Vegetation Recruitment on Bare Bar in Sand Bed River	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Water Resource and Protection	6. 最初と最後の頁 441-460
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/jwarp.2018.104024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Tsubaki, R., Baranya, S., Muste, M. and Toda, Y.	4. 巻 59
2. 論文標題 Spatio-temporal patterns of sediment particle movement on 2D and 3D bedforms	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Experiments in Fluids	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00348-018-2551-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sarawat Jamrussri and Yuji Toda	4. 巻 10
2. 論文標題 Available Flood Evacuation Time for High-Risk Areas in the Middle Reach of Chao Phraya River Basin	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/w10121871	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Zhou, Y.X., Kubo, E., Sunahara, K., and Toda, Y.	4. 巻 74
2. 論文標題 Distribution and Dispersal Method of Accumulated Seeds in Upper Soil on Bare Bar in Sand Bed River	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B1(Hydraulic Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_385-I_390
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 尾花まき子, 中村俊之, 戸田祐嗣, 椿涼太	4. 巻 74
2. 論文標題 植生流出が河岸侵食に与える影響に関する実験的研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 I_1267-I_1272
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 椿 涼太, Sandor Baranya, Marian Muste, 戸田祐嗣	4. 巻 74
2. 論文標題 砂堆を形成した砂粒子の移動の可視化計測	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 I_1093-I_1098
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryota Tsubaki	4. 巻 53
2. 論文標題 On the Texture Angle Detection Used in Space-Time Image Velocimetry (STIV)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Water Resources Research	6. 最初と最後の頁 10908-10914
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2017WR021913	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuji TODA, Yuexia ZHOU and Norichika SAKAI	4. 巻 -
2. 論文標題 Modeling of riparian vegetation dynamics and its application to sand-bed river	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Hydro-environment Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1016/j.jher.2019.09.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 五島暢太, 谷岡広太郎, 行方敏剛, 戸田祐嗣	4. 巻 25
2. 論文標題 データマイニングを用いた安倍川流砂系の土砂動態把握	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 723-728
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 尾花まき子, 村上尚哉, 戸田祐嗣	4. 巻 72(2)
2. 論文標題 高水敷高さおよび植生の有無が高水敷への浮遊砂堆積に与える影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 I_331-336
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Zhou, Y., Kubo, E., and Toda, Y.
2. 発表標題 Application of UAV monitoring and flow simulation for identification of initial vegetation recruitment onto bare bar in sand bed river
3. 学会等名 Int. Sym on Eco Hydraulics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsubaki, R., Toda, Y. and Miyamoto, M.
2. 発表標題 Field measurements of the absolute pressure distribution acting on bed material
3. 学会等名 37th IAHR congress (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nakamura T., Obana M., Toda Y., Tsubaki R.
2. 発表標題 Experimantal study on bank erosion with vegetation destruction
3. 学会等名 Japan-South Korea ECES Joint Seminar (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村俊之, 尾花まき子, 戸田祐嗣, 椿涼太
2. 発表標題 植生流出を考慮した河岸侵食の進行過程に関する水理実験
3. 学会等名 応用生態工学科第23回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾花まき子, 大橋雅樹, 辻本哲郎
2. 発表標題 河道内砂州における粒状有機物の分解過程
3. 学会等名 応用生態工学科第23回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsubaki, R., Miyamoto, M., Toda, Y. and Tashiro, T.
2. 発表標題 Aquatic Mosses on Cobble in Riffles and Those Resistance to Disturbances due to High Flow and Sediment Implement
3. 学会等名 38th IAHR congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toda, Y. Zhou, Y. and Kubo, E.
2. 発表標題 Seedbank formation and initial recruitment of riparian vegetation onto bare bar in sand bed river
3. 学会等名 38th IAHR congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	榎 涼太 (Tsubaki Ryota) (80432566)	名古屋大学・工学研究科・准教授  (13901)	
研究分担者	尾花 まき子 (Obana Makiko) (10447831)	名古屋大学・工学研究科・助教  (13901)	