

裸地砂州への流水散布による種子の定着特性が 河床変動の応答に与える影響

The settling pattern of vegetation seeds on alternate sandbars and the effect of corresponding vegetation on river bed morphology

北海道大学工学部環境社会工学科 ○学生員 内田典子 (Noriko Uchida)
 北海道大学大学院工学研究院 正員 久加朋子(Tomoko Kyuka)
 北海道大学大学院工学研究院 正員 木村一郎 (Ichiro Kimura)
 北海道大学大学院工学研究院 フェロー 清水康行(Yasuyuki Shimizu)

1. はじめに

植生の河川への侵入は、今日の我が国の河川にて全国的に認められる現象であり、河積の減少に伴う洪水時の災害リスクの増大が問題視されている。北海道においても、主要な河川においてヤナギによる樹林化の進行が報告されており、中でも豊平川、札内川、真駒内川のような市街地内を流れる河川では樹林化対策にかなりの時間と人件費が割かれている。ヤナギ類のような先駆的樹種の種子については、これまでに春先の融雪出水のピークに合わせて流水中の種子流下数もピークを迎えること¹⁾、河川形態と土性のちがいにより種のみわけがあること²⁾、種子の発芽特性や成長速度に関する知見³⁾⁴⁾などが報告されている。しかしながら、これらの河川における植生侵入の第一段階である、流水で流された種子が河床へと定着する際の特性⁵⁾と場所ごとの植生繁茂状況の違い(植生パッチの存在)が、その後の河床変動特性に与える影響に関する検討は非常に限られている。実際、大部分の検討は、数値解析によって河道内の氾濫原が一定時間以上陸地化した際に植生が侵入するという簡易なモデルを用いて河床変動特性を検討したものが殆どである。さらに近年では植生の成長や死亡まで考慮した植生動的モデルを扱った報告もいくらか存在する⁶⁾⁷⁾。しかし、いずれも砂州への先駆的樹種の定着特性には着目しておらず、植生管理を行う際、優先的に植生除去を行うべき場所や植生パッチを残す場所の選定などを理論的に決定することは非常に難しい状況にある。

本研究では、砂州河川において流水にて輸送される種子に着目し、水路実験から裸地砂州への種子の定着特性を検討すると共に、それに伴い形成される局所的な植生パッチが河床変動に与える影響について水路実験と数値解析から検討した。なお、本要旨では紙面の都合上、数値解析について省略した。

2. 実験条件

実験は図-1に示すように全長 3.6m、幅 0.15m、高さ 0.15m、勾配 1/100 の水路を用いた。水路内の河床材料は、粒径 0.7mm の一様砂を水路上流端より 32cm の位置に、水路底から 5cm の高さで敷きつめるものとした。水路下流端には、出来る限り等流水深を確保するため、木製の柵を設置した。実際の水理条件を表-1 に、実験ケースを表-2 に示す。本実験における水理条件は、黒

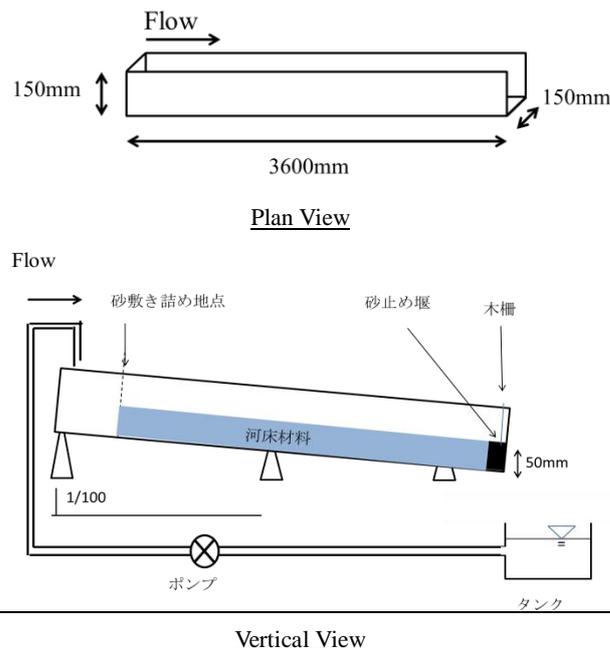


図-1 実験水路の概要

木、岸ら⁸⁾による交互砂州の形成条件に相当するように設定したものである。

実験流量は、全てのケースにて実験中の流量を定常流れ(0.27l/s)とし、実験終了時に種子を散布する場合のみ、図-2に示すように流量にハイドログラフを与えるものとした。

Case1は実験水路に形成される交互砂州の波長、波高等を確認するためのものである。Case2は、Case1終了後に通水を再開し、30分経過後の砂州の移動、波高の変化等を確認するものである。一方、Case3はCase1終了後にハイドログラフ(図-2)を与えた状態で種子を散布し、植生の定着位置を確認するものである。さらにCase4は、Case3にて定着した種子が十分に成長した5日後に通水を再開し、砂州の移動、波長、波高等の変化を確認するとともに、通水終了後にハイドログラフ(図-2)を与えた状態で種子を散布し、植生が既に存在する状態での種子の新規定着位置を確認するものである。なお、種子の散布は水路上流端から行うものとし、十分な量として30秒に2gずつアルファルファの種子を散布するも

のとした。また、種子散布終了後に水路下流端にてアルファルファの種子を確認したところ、多数の種子が水路下流端まで到達していることを目視で確認している。

3. 実験結果と考察

図-3 に Case1 終了後の河床の様子を示す。図-3 より、水路内に交互砂州が形成されている様子を確認できる。Case1 で形成された交互砂州は、波長約 1.5m、波高約 0.7cm であった。Case2 以降の検討では、水路上流から 2 つ目に位置する砂州を測定箇所として用いるものとした。

図-4、図-5 に Case1 及び Case2 終了後の河床高の縦断変化及び横断変化の様子を示す。図-4 に示すように、種子を散布せず、砂州上に植生がなかった Case2 では、砂州は固定されず、Case1 終了後に 30 分通水を続けることで砂州前縁が下流方向へ 26cm ほど移動した。また、図-5 より、砂州が水路下流方向に移動するに伴い、砂州移動前に測定した河床位高に比べて水路の洗掘が生じていることが分かる。これは、Case1 と Case2 では同じ横断側線を測定しているため、Case2 の方が砂州の移動に伴い流れの集中する主流路が狭くなったためと考えられる。

表-1 実験の水理条件

水路条件	
流量 $Q(l/s)$	0.27
水路幅 B	0.15
水路床勾配 I_b	0.01
河床材料の平均粒径 $dm(mm)$	0.78
等流水深 $H_0(cm)$	0.8
無次元限界掃流力 τ^*	0.08
$BI^{0.2}/H_0$	5.5

表-2 実験ケース

ケース	ハイドログラフ	種子散布	実験開始時の河床
Case1	無	無	裸地
Case2			
Case3	有	有	植生あり
Case4			

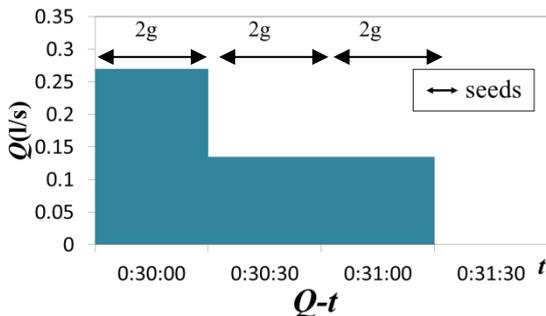


図-2 Case3,Case4 で与える種子量とハイドログラフ

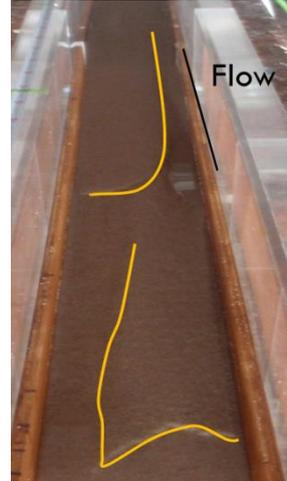


図-3 Case1 終了後の河床の様子 (黄色線は砂州前縁を示す)

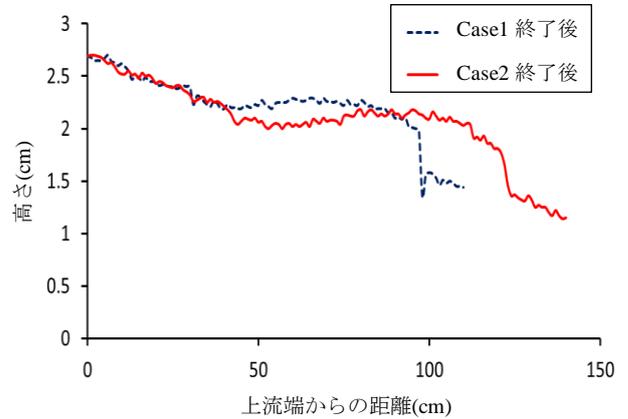


図-4 Case2 の河床高の縦断変化 水路右岸から 2 cm 離れた場所で測定、高さは基準点からの距離を示す

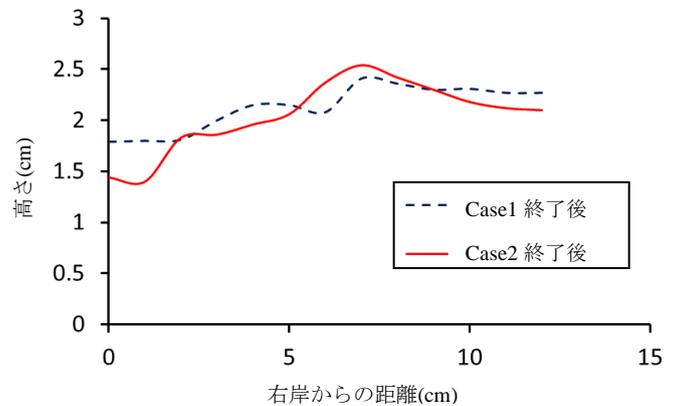


図-5 Case2 の河床高の横断変化 水路上流端から 95cm の場所を測定、この位置は、Case1 にて砂州の横断幅が最も広い箇所に対応する

一方、図-6 に Case3 終了時の河床の様子を示す。図-6 より、砂州形成後に流水にて運ばれる種子の存在を考慮した場合、散布した種子は砂州上に均等に定着するのではなく、明瞭に前縁に集中的に定着することが分かる。これは、砂州前縁部では河床位高が急に変化するため、砂州前縁部の下流側にて流れの剥離が生じやすく、種子が剥離域に取り込まれることで堆積しやすい状況が創出されるためと考えられる。また、この挙動は河床材料の砂が堆積して砂州を形成するものとはほぼ同じ動きであった。

次に、図-7、図-8 に Case3 および Case4 終了後の河床高の縦断変化及び横断変化の様子を示す。Case4 は Case3 終了後、定着した種子が発芽し、ある程度成長した状態にて通水を行ったものである。図-7 によると、Case4 では Case2 と異なり砂州の前進が認められず、河床高がかなり上昇した。同様に図-8 より、流れの集中する主流域では河床上昇が生じたことが分かる。これは、Case4 では植生が存在する砂州前縁部では植生が抵抗として働くため、砂州前縁部で砂が捕捉されて河床が高くなったものである。実際、Jang⁹⁾の検討では植生が存在することで流路が固定され、河床上昇が生じることが報告されている。一方、主流域にて河床上昇が生じた要因は、本実験では砂州前縁部にかなり集中して植生が成長

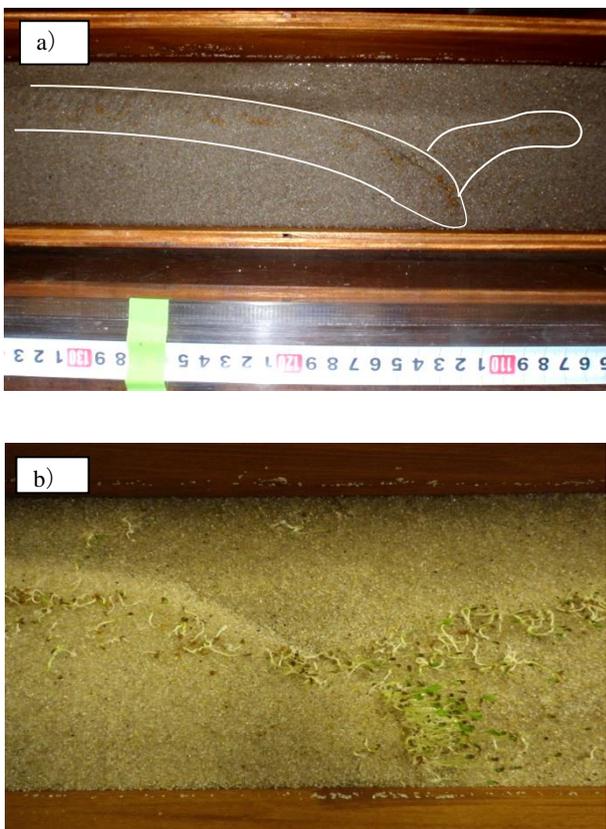


図-6 Case3 終了時の河床の様子と種子定着箇所種子
a) 黄土色の点：アルファルファの種子、白線：砂州の前縁を示す
b) Case3 終了後から種子発芽後(5日経過後)に同一箇所を撮影した様子を示す

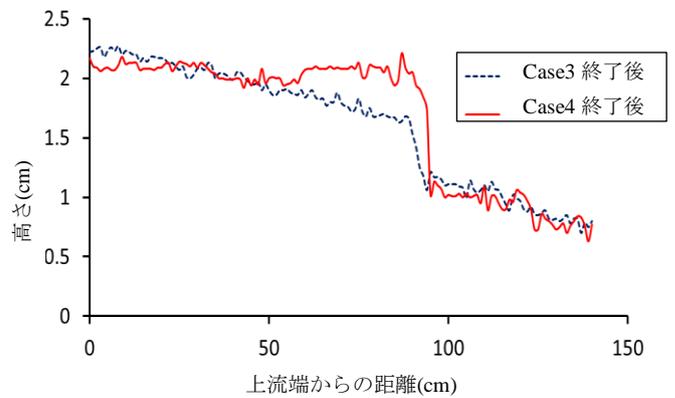


図-7 Case4 の河床位高の縦断変化
水路右岸から 2cm 離れた位置にて測定

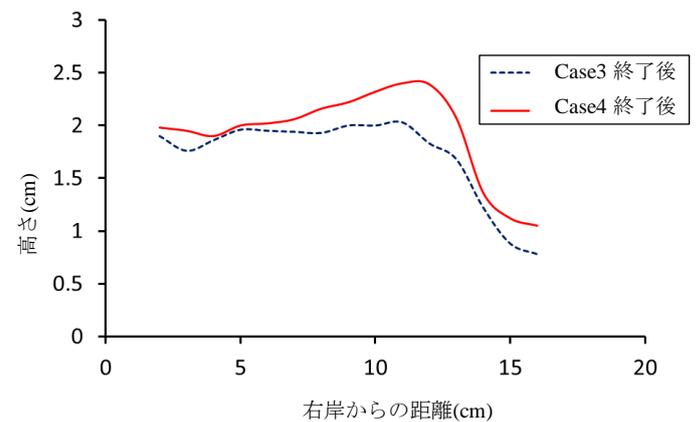


図-8 Case4 の河床位高の横断変化
(水路上流端より 145cm の位置にて測定)

したため、植生による流れの堰上げが生じていた可能性がある。

さらに、Case4 では通水終了後に Case3 と同じ要領で水路上流端から種子を散布した。その結果、種子は Case3 と同様に砂州全体に均等に散布されず、植生の集中する砂州前縁部にのみ集中して種子が定着する様子が確認された。このことは、ヤナギのような流水によって種子が輸送される植物が単列砂州に定着するプロセスは、裸地砂州の場合は砂州前縁に集中して定着することを示すものであり、これらの植生が繁茂することで砂州の河床高が上昇し、砂州全面にわたってヤナギ類のような先駆的樹種およびその他植生の侵入を容易にする一つの引き金になるものと推察される。したがって、河川管理において樹木の選択的伐採を行う場合には、植生パッチの残し方がその後の河床上昇と植生侵入に大きく影響する可能性が示唆される。

4. 結論

本研究では、水路実験において、流水にて輸送される種子の裸地砂州上への定着特性、および植生侵入後の河床変動特性の違いについて比較した。以下に得られた成果を示す。

1) 裸地砂州河川において、流水散布種子は、砂州全体

に万遍なく定着せず、流れの剥離域が生じる砂州前縁地点に局所的に定着する。

- 2) 裸地砂州と植生が存在する砂州において、同じ時間通水をしたところ、裸地砂州では砂州の下流方向への移動が見られた。一方で、植生のある河川では砂州が固定され、河床位上昇が見られた。
- 3) 植生のある砂州では、砂州全体の河床高が上昇するため、ヤナギのような先駆的樹種およびその他植生が砂州全面に定着することを容易にする可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 丸山政浩, 林田寿文: 豊平川におけるヤナギ種子の流下特性について, 寒地土木研究所月報, No.726, pp.35-40, 2013.
- 2) 上村章, 北岡哲, 宇都木玄, 飛田博順, 高橋祐二: ヤナギ 2 樹種の種特性と北海道におけるその栽培, 日本森林学会大会学術講演集, 第 122 回大会, Pa1-8, 2011.
- 3) 新山馨: 石狩川に沿ったヤナギ科植物の分布と生育地の土壌の土性, 日本生態学会誌, Vol.31, No.3, pp.163-174, 1987.
- 4) 森田裕介, 中村彰宏, 室田高志, 瀧川幸伸, 長谷川秀三, 森本幸裕: 冠水、湛水条件がヤナギ属 8 種の成長特性に与える影響評価, 日本緑化工学会誌, Vol.27, No.1, pp.377-379, 2001.
- 5) S. B. Rood, L. A. Goater, K. M. Gill, J. H. Braatne: Sand and sandbar willow: a feedback loop amplifies environmental sensitivity at the riparian interface, *Oecologia*, Vol.165, pp.31-40, 2010.
- 6) M. van Oordchot, M. K. J. Middelkoop, G. G. T. Buijse, E. Mosselman: Distinct patterns of interactions between vegetation and river morphology, 10th International Symposium on Ecohydraulics, pp.117-120, 2014.
- 7) 内田崇浩, 木村一郎, 川村里実, 清水康行: 植生の消長を考慮した水路における数値解析的研究, 土木学会北海道支部論文報告集, 第.69 巻, 2 号, B-10, 2013.
- 8) 黒木幹男, 岸力: 中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究, 土木学会論文報告集, 第 342 号, pp.87-96, 1984.
- 9) C.-L.Jang, Y. Shimizu: Vegetation effects on the morphological behavior of alluvial channels, *Journal of Hydraulic Research*, Volume 45, Issue 6, pp.763-773, 2007.