

河川攪乱域における植物の発芽定着と 種子散布との関連性について

STUDY ON THE EFFECT OF THE SEED DISPERSAL AND THE GERMINATION AND GROWTH OF ACTIVE RIVER CHANNEL

児玉 秀樹¹・大石 哲也²・天野 邦彦³
Hideki KODAMA, Tetsuya OHISHI and Kunihiro AMANO

¹正会員 株式会社荒谷建設コンサルタント 環境調査課 (〒730-0831 広島市中区江波西1丁目25-5)
(元 土木研究所 水環境研究グループ 河川生態チーム)

²正会員 工修 土木研究所 水環境研究グループ 河川生態チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

³正会員 工博 土木研究所 水環境研究グループ 河川生態チーム (同上)

Vegetation in a river plays critical role in the river ecosystem. Factors for successful colonization of plants can be divided into two factors: hydraulic seed dispersal and "germination and growth" condition. Here, we carried out a field survey and germination experiment to elucidate a dominant factor of vegetation colonization. The field survey was conducted at the pointbar clearly divided into two part, i.e. sandy and silty segment. Invasive *Noogoora burr* (*Xanthium occidentale*) covered over the silty segment, on the other hand almost no plant over the sandy segment. Both silty and sandy sediment at the pointbar were used for germination experiment. Germination was observed at silty segment's sediment; however, no germination was detected in the sandy sediment though conditioned to enhance the germination from seedbank. These results indicate that the colonization success of river vegetation is dominantly subject to not "germination and growth", but hydraulic seed dispersal properties.

Key Words : *vegetation, seed dispersal, Invasive Noogoora burr, sand bar, seedbank,*

1. はじめに

水位の変動により攪乱を受ける礫床河川では、近年、アレチウリ、オオバタクサ、シナダレスズメガヤなどの侵略的外来植物種により、カワラハハコ、カワラノギクといった河川固有の在来植物種の生育適地が急激に減少してきている¹⁾。今回研究の対象とする小貝川は、以上に掲げた外来種とともに「日本の侵略的外来種ファースト100 (IUCN)」²⁾に選定されているオオオナモミが広く分布している。オオオナモミが小貝川で初めて記載されたのは、1973年であり、以降約30年の間にわたり増加を続けている。2002年の水辺の国勢調査によるとオオオナモミの占有面積は45haであり、当該河川の外来種の中で面積が最も大きい。

上記に掲げたような一年生草本が河原で成長可能となる条件は、出水に伴い河原へ種子が着床すること、さらに河原へ種子が着床した後の発芽・生育に関わる環境的な要因が満たされることの大きく2つに区別できる。2つ目に指摘した発芽・生育にかかる要因については、種子の発芽に伴う生理学的な条件や、植物と生育場の土壌水分、土壌性状との関係の把握を試みるなど様々な報告

事例がある³⁾⁴⁾⁵⁾。

これに対して、出水等の物理的な要因によって種子の分布がどのように決定されるのかといったことについての報告事例⁶⁾⁷⁾は少ない。

そこで本研究は、河川における種子の分布場所や分布量の状況の違いに着目し、現地調査および発芽実験から植物の生育場の支配要因を明らかにし、オオオナモミの種子散布と発芽・生育との関係について研究を行った。

2. 調査地の概要

小貝川は、延長112km、流域面積1,043km²の一級河川である(図-1)。調査対象地は、利根川との合流部から30km付近(河床勾配約1/2,000)に位置し、河道湾曲部の内湾側に形成されている寄洲の一区間(縦断方向約200m、横断方向約100m)である。毎年3月末から8月末にわたり、下流に位置する福岡堰(27km)による湛水の影響を受け、水深約1m~2m程度の湛水域となる。9月初頭の放流により水位が低下すると(図-2)、寄洲の上流側には淡褐色を呈する砂質土が堆積した一帯(以下、砂質土域)が、寄洲の下流側には濃褐色を呈する粘性土が堆



図-1 調査地の位置図

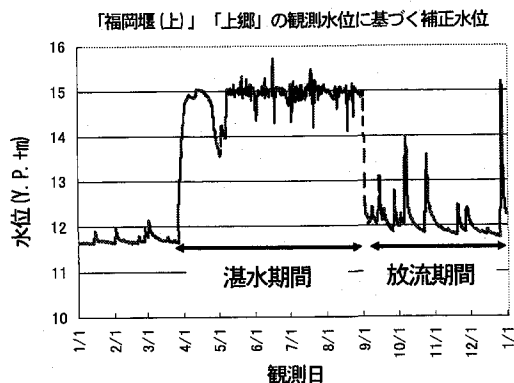


図-2 調査地の水位変動 (2006年)

積した一帯 (以下、粘性土域) が干出し、裸地の状態となる (図-3)。

3. 現地調査及び発芽実験

(1) 現地調査

現地調査は、裸地出現直後の2006年9月4日より開始した。調査項目は、調査地の地形や土性、植生などの環境情報の把握を目的として、(a) 地形測量 (b) 植生調査 (c) 植物の生育場所における土壌体積含水率の測定 (d) 粒度分布調査を実施した。

(a) 地形測量

地形測量は、任意の点においてVRS-GPS (Leica社製 GRX1200) を利用した。調査区の上流から下流にかけて、約10mおきに横断方向に側線を設定した。各横断測線に沿って約5mおきに位置データを取得し、特徴的な地形や地形の変化点などは必要に応じて測点を追加した。

(b) 植生調査

植生調査は植物社会学的手法⁹⁾に基づき、粘性土域および砂質土域において数箇所ずつ、群落内における出現種および植被率について把握した。

(c) 土壌体積含水率測定

土壌体積含水率の測定は、土壌水分測定機 (藤原製作所製 TDR-341F 型) を使用し、粘性土域および砂質土域の任意点において、表層から約5cmの深さにて水平方向に行った。測定は、調査地干出直後から群落の形成が確認

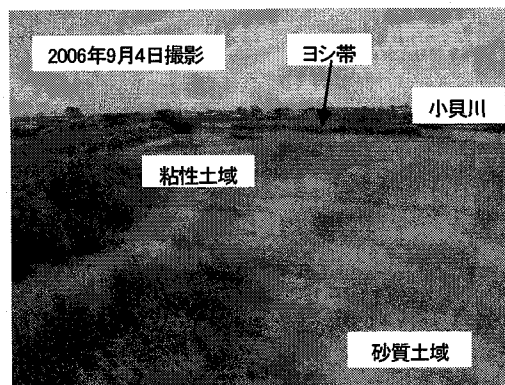


図-3 干出直後の調査地 (上流側より望む)



図-4 発芽実験の状況

できる10月初頭までの約1ヶ月間、のべ180箇所を行った。

(d) 粒度分布調査

寄州における土性状の把握を目的として、粘性土域および砂質土域の土砂による土の粒度分布試験 (フルイ試験) を実施し、粒度分布を求めた。

(2) 発芽実験

発芽実験は、調査地に生育する植物との違いや植物の種名、種数を把握することを目的とした (図-4)。

実験は、調査地の粘性土域および砂質土域において土壌試料を採取し (50cm×50cm×7cm)、これらの試料をプランターに移し替えて発芽・生育の状況を観察し、確認された植物種を記録した。使用した土壌試料は、粘性土域のもの (A試料, 6試料)、砂質土域のもの (B試料, C試料, 各6試料) とした。C試料については同じ砂質土域のB試料と比較し、砂質土域での土壌体積含水率の高低による発芽状況の違いを確認するため陶土を加え含水率を高くした。なお、実験中の試料は含水率を適宜測定し、A試料およびB試料については、現地と似た含水率を得られるよう散水して調節した。

4. 現地調査結果

(1) 地形測量結果

図-5は、現地の測量結果から得られたポイントデータを基に、ArcGISを用いてTIN (Triangulated Irregular

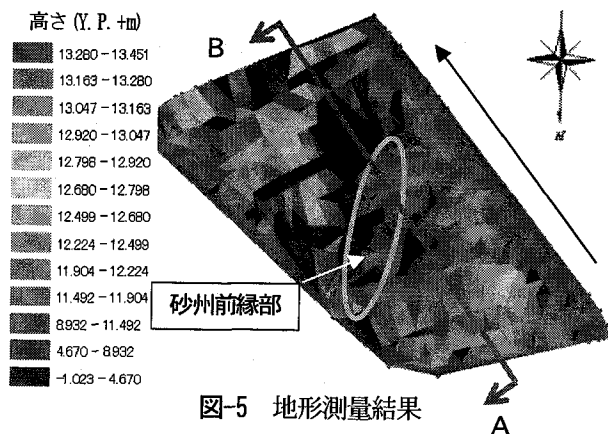


図-5 地形測量結果

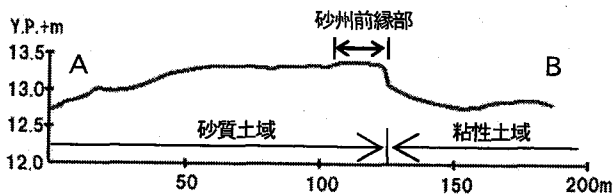


図-6 調査地の縦断面図

Network) により地形を立体的に表示したものである。同図より、現地は、調査地の下流側に相対的に標高が低い領域（標高約12.2m～13.0m）、上流側に相対的に標高が高い領域（標高約12.5m～13.5m）が形成されていることがわかる。また、図-6に調査地の縦断面（図-5中のA-B断面）を示す。同図より、標高の低い領域は粘性土域で、標高の高い領域は砂質土域であり、その境界付近の砂州前縁部において、調査地内で標高が最も高い場所が存在していることがわかる。

(2) 植生調査結果

(a) 調査地の植生の概要

図-7に干出後から約一ヶ月経過した後の調査地の状況を示す。寄州の干出直後より植物の発芽が始まり、約1ヶ月後には粘性土域の全域において大規模なオオオナモミ群落が形成されていた。一方、砂質土域では、大部分の箇所において植物の生育はみられなかったものの、砂州前縁部では幅1m程度のオオオナモミ群落が形成されていた。

(b) 植生調査結果

植生調査により、6科9属10種の植物を確認した（表-1）。粘性土域ではオオオナモミを主体として、コイヌガラシ、アオガヤツリ、ニワホコリなどが確認された。一方、砂質土域の群落内の植物はオオオナモミのみで、その他の植物については確認できなかった。

(3) 土壌体積含水率測定結果

粘性土域における土壌体積含水率は、36.0%～58.4%（中央値48.0%）を示した。砂質土域における土壌体積含水率は、2.7%～15.6%（中央値7.2%）を示した。

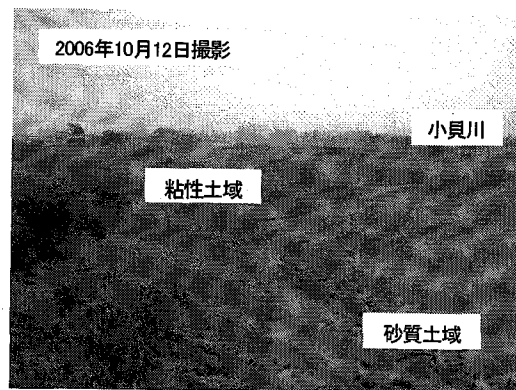


図-7 植物の繁茂状況（上流側より望む）

表-1 植生調査結果

調査地点		粘性土域					砂質土域	
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.1	No.2
植生率(%)		100	100	100	20	65		
出現種数		5	4	6	1	1		
出現種名	アブラナ科							
	タネツケバナ属	●						
	イヌガラシ属	●	●					
	カヤツリグサ科							
	カヤツリグサ属			●				
	アオガヤツリ	●		●				
	イネ科							
	スズメガヤ属	●	●					
	キク科							
	トキンソウ属			●				
アサザ科	オオオナモミ属	●	●	●	●	●		
	センダングサ属			●				
	アサザ属			●				
ミソハコベ科	ミソハコベ属		●					
	ミソハコベ							

(4) 粒度分布調査結果

図-8に粘性土域および砂質土域の粒度分布を示す。

粘性土域は、60%～70%のシルト・粘土（以下、泥質）、30%～40%の砂分で構成されていた。砂分の大半は細砂であった。砂質土域は、中砂～粗砂により構成され、砂州上流部の方が砂州前縁部と比較して粗砂が多い。代表粒径(d_{60})は、砂州上流部で0.62mm、砂州前縁部で0.38mmであった。

5. 発芽実験結果

発芽実験で用いた試料の土壌体積含水率は、A試料で33.0%～55.8%（中央値44.6%）、B試料で2.8%～15.1%（中央値6.7%）、C試料で18.0%～35.8%（中央値27.3%）で推移した。図-9に発芽実験の状況を示す。粘性土域のA試料（A-1～A-6）については植物の発芽が確認されたが、砂質土域のB試料（B-1～B-6）およびC試料（C-1～C-6）からは発芽が確認されなかった。A試料において発芽が確認された植物をみると、オオオナモミ、コタネツケバナ、タネツケバナ、コイヌガラシ、スカシタゴボウ、アオガヤツリなど9科15属19種であった（表-2）。粘性土域の現地調査で確認された植物の多くは含まれていた。

また、B試料およびC試料からは土壌体積含水率の高低に関係なく発芽は確認されず、砂質土域の状況とほぼ同様の結果となった。

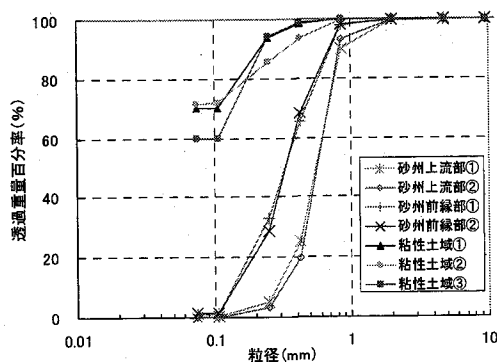


図-8 粒度分布調査結果

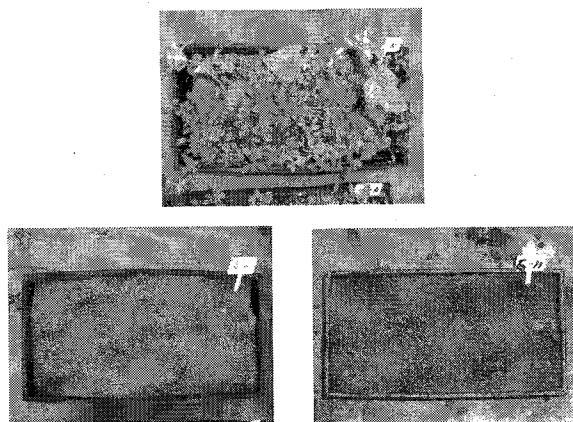


図-9 発芽の状況（上：A試料，左下：B試料，右下：C試料，実験開始より約2ヵ月後）

6. 考察

(1) 植物が生育できる支配的な要因

現地調査の結果，砂質土域では砂州前縁部を除き植物の生育はみられなかった。発芽実験においても砂質土域と同程度の土壌体積含水率に設定したB試料と，砂質土域よりも含水率を高め設定したC試料の両試料で植物の生育がみられなかった。これらの結果は，発芽・生育の阻害要因が含水率の高低ではなく，種子自体が存在しなかったことであるためと考えられる。現場の状況から，発芽を阻害するような物質が存在しているとは考えにくいことや，河原に生育する草本については，水分および光条件が揃えば容易に発芽すること，さらに，大石ら⁹⁾の河原植物の発芽・生長実験からもそのことが示されている。発芽条件を満足する今回の実験で，発芽が1本も見られなかったということは，もともとそこに種子が存在していなかったと推定することは妥当であると考えられる。つまり，今回対象とした砂質土域では，発芽・成長するための生育に関する環境的な条件よりも，出水等による種子の散布が支配的であったことが示唆される。また，粘性土域で生育している主な植物は，発芽実験からも全て確認されており，種子の散布に加えて発芽・生育に関わる環境的な要因により植生が成立しているものと思われる。

一方で，現地調査結果より砂質土域と粘性土域の境界

表-2 発芽実験結果（A試料，実験開始約2ヶ月後）

調査地点		A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
出現種数		10	8	8	14	9	8
アブラナ科	タネツケバナ属	●	●	●	●	●	●
	タネツケバナ	●	●	●	●	●	●
	イヌガラシ属	●	●	●	●	●	●
	スカタゴボウ	●	●	●	●	●	●
カヤツリグサ科	ナズナ				●		
	カヤツリグサ属	●	●	●	●	●	●
ナデシコ科	アオガヤツリ	●	●	●	●	●	●
	コゴメガヤツリ	●	●	●	●	●	●
イネ科	ハコベ属	●	●	●	●	●	●
	ウシハコベ属	●	●	●	●	●	●
ヒユ科	スズメガヤ属				●		
	ニワホコリ				●		
キク科	不明	●					
	ホソアゲイトウ				●		
アカザ科	ムカシヨモギ属				●		
	ヒメムカシヨモギ				●		
タデ科	トキンソウ属				●		
	トキンソウ				●		
ゴマノハグサ科	オオオナモミ	●	●	●		●	●
	オオオナモミ	●	●	●		●	●
タデ科	タカサブロウ属	●					
	アメリカタカサブロウ	●					
タデ科	アリタソウ属				●		
	アリタソウ				●		
ゴマノハグサ科	ギシギシ属		●				
	スイバ		●				
ゴマノハグサ科	サギゴケ属			●		●	●
	トキワハゼ			●		●	●

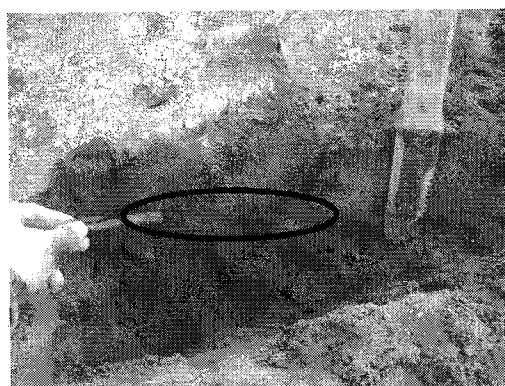


図-10 砂州前縁部内にあった粘性土層

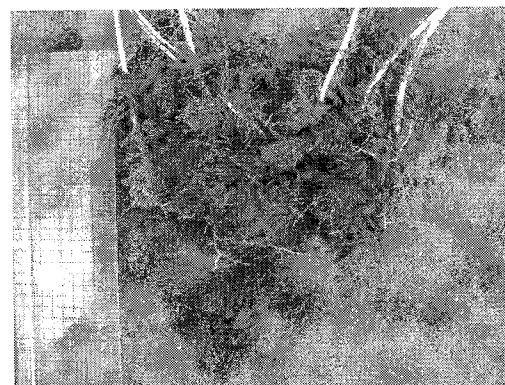


図-11 粘性土層内で発芽したオオオナモミの種子

付近にあたる砂州前縁部では，何らか他の原因によりオオオナモミの種子が定着できたものと考えられる。そこで，オオオナモミが生育している場所の現況把握を目的として，砂州前縁部のオオオナモミ群落の箇所を鉛直方向に20cmほど掘って土性状を確認した。その結果，表層より5～7cmの深さに，層厚1cm程度の粘性土層があり（図-10），その層内にオオオナモミの種子が残存していることを確認した。さらに，それらの種子は数個体が泥質と供に塊となってパッチ状に存在していた（図-11）。以上にみられる砂州前縁部での現象を解明するため，湛水直後から粘性土域，砂質土域へオオオナモミの種子が散布する過程と，砂州前縁部に種子が残存した過程について考察する。なお，現象解明のために2007年3月24日～28日にかけて実施した現地観察の記録と別途実

施した種子（60個使用）の沈降実験結果も併せて記す。

(2) 種子の散布過程について

(a) 粘性土域への種子の散布過程について

湛水がはじまったころ、河川水位の上昇とともに、オオオナモミの種子は流水中へ供給され、その多くは、浮遊状態で下流方向へゆっくりと運搬される。この期間には、水際や流れの停滞する部分でオオオナモミの種子を多く見ることができる（図-12）。

浮遊状態の種子は一定期間の後に沈降するが、浮遊している期間は植物ごとに異なる⁹⁾。オオオナモミの種子の場合、別途実施した種子の浮遊沈降実験により、1～10日間で全体の約90%が沈降することがわかっている。そのため水の動きも緩やかな粘性土域では、生産された種子の大部分が10日以内に同域に沈降する。また、上流から供給された一部の種子についても粘性土域に漂着したのち、沈降するものと思われる。さらに、春～出水期も、オオオナモミの種子は上流から供給されるが、地形的な条件により粘性土域へ留まり易いものと考えられる。その理由として、粘性土域の下流にあるヨシ帯の効果と河岸沿いの2次流路跡により、川の本流の向きとは逆に向かう流れができ、渦状の流れが発生し易いことが考えられる。出水時における水の流れを整理すると①本川を流れるもの②砂質土域の上流側を抜けて本川と合流するもの③寄州上を縦断的に流れるもの④本川から粘性土域へ流入するもの4つのパターンに分けられる（図-13）。この際、③あるいは④の流れによって散布されるものについてのみ、泥質や細砂とともに種子が着床する。

(b) 砂質土域への種子の散布過程について

砂質土域での種子の散布過程は、砂州の浸食過程と堆積過程の現象も含めて理解する必要がある。そのため、以下では、湛水中の水位変動を3つの期間（期間A～C）に分け（図-14、図-15）、期間ごとに種子の着床過程について考察する。

●期間A

前述のように、湛水による水位上昇に伴いオオオナモミの種子は流水中へ供給され、その多くは、浮遊状態で下流へ運搬される。浮遊状態の種子の大部分は粘性土域のように流れが停滞する場所に漂着する。ところが、沈降により数日中には砂質土域に着床している種子も散見できる。調査時には、砂質土域が完全に冠水した翌日から、約10個/㎡の種子が砂州上へ分布していた（図-15 期間A）。これらの種子は、砂質土域の上流から下流にかけてまんべんなく散布されていることから、近隣から供給された種子と考えられる。

●期間B

春季の降雨により水位が若干上昇したとき、流域斜面から直接流出してきた泥質は、氾濫開始時を含む増水初期にきわめて多量に流出し¹⁰⁾、複断面形状を有する当該区間には泥質が堆積しやすい環境となる。この時、上流



図-12 粘性土域に漂着したオオオナモミの種子

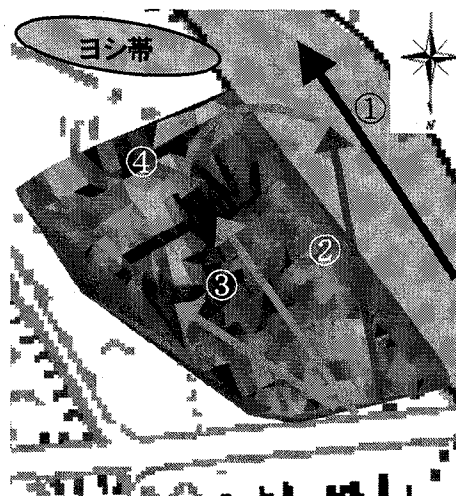


図-13 湛水中の流水状況

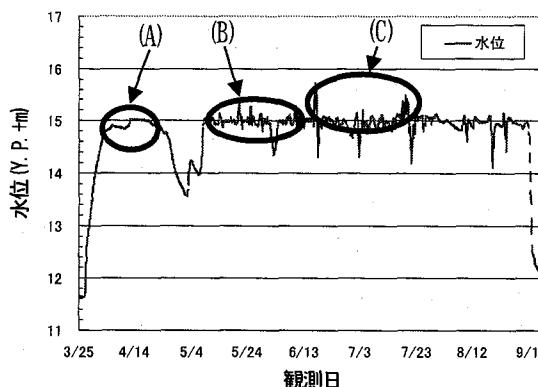


図-14 調査地における湛水中の水位変動（2006年）

から泥質とともに浮遊状態にある種子も砂州上へ散布されたものと考えられる（図-15 期間B）。

●期間C

雨量の多くなる梅雨から夏季（6～8月）にかけて、期間Bで堆積していた泥質とオオオナモミの種子は大規模な攪乱を受ける（図-15 期間C①、期間C②）。例えば、6月の出水ピーク時に、砂州上流部の河床（ d_{60} ：0.62mm）に働く無次元掃流力を計算すると、0.07～0.09であり、オオオナモミの種子とともに河床砂は掃流されたものと考えられる。この際、上流から下流にかけて砂州が浸食される過程で、泥質とオオオナモミの種子の大

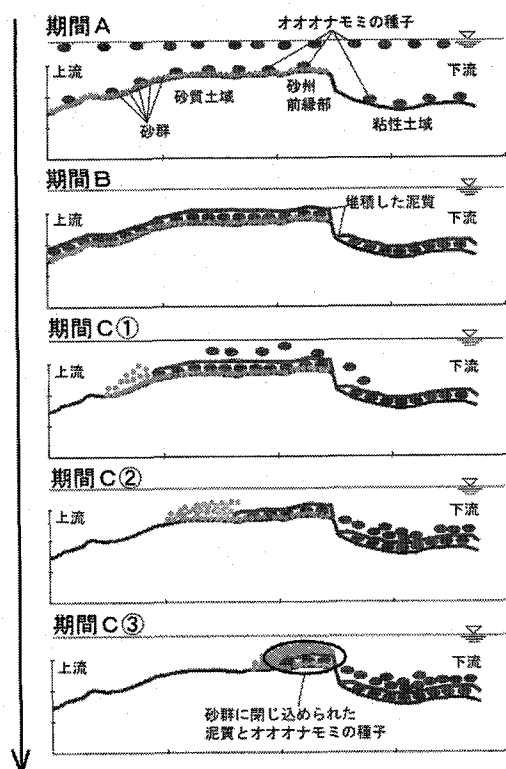


図-15 砂質土域における種子散布過程（模式図）

部分については粘性土域へ運搬されたものと考えられる。しかしながら、相対的に掃流力が低下する砂州前縁部では、浸食作用よりもむしろ堆積作用が卓越するようになる（図-15期間C③）。これにより、期間A、Bにかけて砂州前縁部にとどまっていた泥質とオオオナモミの種子は、上流から掃流されてきた土砂に埋土される。湛水終了後、砂層の規模も最大で7cmと厚くなく、オオオナモミの種子は泥質とともに埋土されており、水分も十分存在し発芽に至ったものと考えられる。以上より、砂質土域に着床したオオオナモミの種子の大部分は、出水により掃流されるものの、一部の種子は、泥質に混入した状態で砂州前縁部内に埋土され発芽に至るものと考えられる。

なお、出水中のオオオナモミの種子が泥質と同じような挙動を示すのか、泥質の作用により種子自体は動き難くなるのかなど、いくつかの課題については、現地調査、実験等を通し今度明らかにして行きたいと考えている。

7. おわりに

本研究では、河川における種子の分布場所や分布状況の違いについて、現地調査および発芽実験から植物の生育場の支配要因を明らかにし、オオオナモミの種子散布と発芽・生育との関係について研究を行った。

その結果、粘性土域では植物の生育が確認されたが、砂質土域では砂州前縁部を除き、土壌体積含水率の高低に関係なく植物の生育が確認されなかった。砂質土域の大部分で植物が確認されなかった原因は、種子の発芽・生育に関わる環境的な要因よりもむしろ、種子そのものの

の存在の有無によることが明らかとなった。ただし、砂質土域と粘性土域の境界付近にある相対的に掃流力が低下する砂州前縁部では、種子が掃流される前に砂が堆積することにより砂州前縁部内に埋土され、発芽に至るものと推察される。また、粘性土域では、湛水初期、出水時においても地形的条件により流水が停滞しやすい場所であるため、種子の着床が可能となり、発芽・成長に至るものと考えられる。

近年、高水敷を切り下げかつての河原景観の再生に向けた事業が増えてきているが、再生した箇所における外来種抑制のためにも、計画の段階から種子の分布場所を「多い」、「少ない」、「全くない」といった定性的な表現ができる程度にでも予測しておくことが重要である。

謝辞：元 筑波大学助教授（現 土木研究所招聘研究員、深田地質研究所客員研究員）池田宏先生、上武大学ビジネス情報学部教授 伊勢屋ふじこ先生には現地でご助言をいただいた。また、下館河川事務所調査課の皆様方には小貝川の水位データを提供していただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 村中孝司，鷺谷いづみ：鬼怒川砂礫質河原の植生と外来植物の侵入，応用生態工学，vol.4 No.2，pp.121-132，2001.
- 2) 村上興生，鷺谷いづみ：外来種ハンドブック，pp362，地人書館，2002.
- 3) 鷺見哲也，萩島晃，片貝武史，辻本哲朗：砂州植生域の発達過程と植生の物理環境に関する研究，河川技術論文集，第6巻，pp.65-70，2000.
- 4) 島谷幸宏，高野匡裕：多摩川永田地区における学術研究と河道修復（順応的管理の実践と課題），河川技術論文集，第7巻，pp.381-386，2001.
- 5) 大石哲也，天野邦彦，中村圭吾：砂礫構造の違いからみた河原植物の生育環境特性について，河川技術論文集，第12巻，pp.477-482，2006.
- 6) 田所奈美，知花武佳：河原における植生の種子漂着場に関する研究，河川技術論文集，第12巻，pp.465-470，2006.
- 7) 大石哲也，天野邦彦：出水がアレチウリ群落の拡大に及ぼす影響とその考察・実験・数値解析からの検討，水工学論文集，第50巻，pp.1207-1212，2006.
- 8) Blanquet, J. B：植物社会学Ⅰ，朝倉書店，pp.17-57，1974.
- 9) 島谷幸宏，河口洋一，池松伸也，重松光太郎，山口正裕，西廣淳：出水によりアザメの瀬に運搬される種子の沈降特性分析，第10回研究発表会講演集，応用生態工学会，pp.69-71，2006.
- 10) 伊勢屋ふじこ：茨城県桜川における浮遊土砂と河畔堆積現象，第23回水理講演会論文集，pp145-150，1979.

（2007.4.5受付）