

水工学シリーズ 08-A-8

河道内の土砂堆積と植物の種子散布

東京農工大学 農学部 准教授

星野 義延

土木学会
水工学委員会・海岸工学委員会

2008 年 8 月

河道内の土砂堆積と植物の種子散布

Sediment deposition and plant seed dispersal in the floodplain

星 野 義 延

Yoshinobu HOSHINO

1. はじめに

河川における出水は、河川地形を変化させるとともに、種子や植物体の断片などさまざまな散布体を運搬し、河川敷の植物種の多様性の維持や植生の動態に重要な役割を果たしている。

水流などの水の力によって散布体が運搬される現象は流水散布と呼ばれ、植物の主要な種子散布様式である水散布のひとつにあたる。流水散布に適応的な散布体の特徴として、水に浮くための構造をもつことと、基質に付着するための構造をもつことが重要であるとされている。たとえば、水生植物のヒシやマツモ、湿地に生えるタウコギやオナモミの散布体は、水に浮くと同時にトゲやカギを備えており、これらは散布体の水辺の構造物にひっかかる、いわゆるアンカーの役割を果たしていると考えられている。

一方、大きな出水の際には、河床にはたらく掃流力が増大し、河床の土砂や側方侵食によって削られた土砂が水とともに流下する。土砂の移動に伴って、河川敷の河床堆積物に含まれていた植物の散布体も同時に移動すると考えられる。このような出水時の植物の散布体の移動に関しては、これまであまり注目されていなかったが、最近になって、出水によって堆積した土砂に含まれる散布体についての研究が行われるようになってきている。

ここでは、河川における植物群落の成立という観点から、出水後に堆積した土砂の粒径とそこに含まれる発芽可能な植物の散布体との関係を中心に、河道内の土砂堆積と植物の種子散布とのかかわりについて多摩川での事例を中心に紹介する。さらに、河川敷に発達する植物群落の構成と河床堆積物のテクスチャーとの関係についても触れることにする。

2. 河川における植物群落の発達

河川に発達する植物群落の特徴を決める要因として、河川の横断方向の位置の違い（セグメントの違い）、過去の攪乱履歴の違い、水面からの比高や水分条件、河川地形に応じた河床堆積物のテクスチャーなどが重要である。

一般に、河川域に発達する植物群落は、大きくはセグメントレベルの河道特性の違いによって、群落構成が大きく異なる。多摩川における植物群落の分布を例にすると、セグメント M ではナルコスゲ群落やヤシャゼンマイ群落などの溪流の岩上に発達する植物群落で特徴づけられる。これらの群落は溪流帯と呼ばれる、平水時には水を被らないが、洪水時には影響を受ける所に発達する植物群落であり、繰り返し生じる出水による攪乱によって維持されている。また、セグメント 1 ではツルヨシ群落、カワラノギク群落、マルバヤハズソウ群落などの砂礫堆上の礫堆積地に発達する植物群落が出現することが特徴となっている（図 1）。

一方で、河川の植生は、洪水による攪乱履歴の違う場所が河道内にモザイク上に存在するため、成立した年代の異なる植物群落が同所的に存在する。このため、木本植物が主体となる森林、多年生草本植物が主体となる草原、遷移初期の 1 年生草本植物を主体とした植物群落などがモザイクに配列している。

比高や水分条件の違いによる植物群落の違いは良く知られており、ヨシ群落やヒメガマ群落などの抽水植物群落が水際に成立し、オギ群落などは比高が大きい場所に成立する。ただし、河川の場合は流速や河川地

形によって必ずしも水際にヨシ群落やヒメガマ群落が成立するとは限らない。むしろ、ワンドや旧河道などの流速の遅い場所であつ細粒堆積物の堆積した場所にこれらの植物群落は発達することが普通で、後述する成立地の基質の違いも関係している。

植物群落の成立基盤となる河床堆積が礫であるのか、砂であるのか、あるいはシルト・粘土であるのかによっても、そこに発達する植物群落は大きく異なる。一般的にシルト・粘土、砂、礫の順に保水能力は高くなり、養分の保持能力もこの順に高いと考えられ、このような基質の特性の違いが植物群落の種構成に影響する。しかし、礫地であっても、礫間に細粒のマトリクスが充填している場合、保水力は高くなることもある。また、河川敷のような著しく乾燥する場所では、シルトや粘土の堆積地は植物にとって利用可能な水分が少なくなる場所ともなりうるので、水分条件との組み合わせが植物群落の発達に影響する。

河川にみられる植物群落の構成種の中には、地下茎などによって栄養繁殖を行う植物が多く含まれている。オギ、ヨシ、ヒメガマなど河川敷に発達する多年生草本群落の主要な構成種は、いずれも栄養繁殖を行うクローナル植物である。こうした地下茎によるクローン繁殖を行う植物は、細粒の堆積物が厚く堆積しているところでは分布を広げることができるため、優勢な生育が認められる。

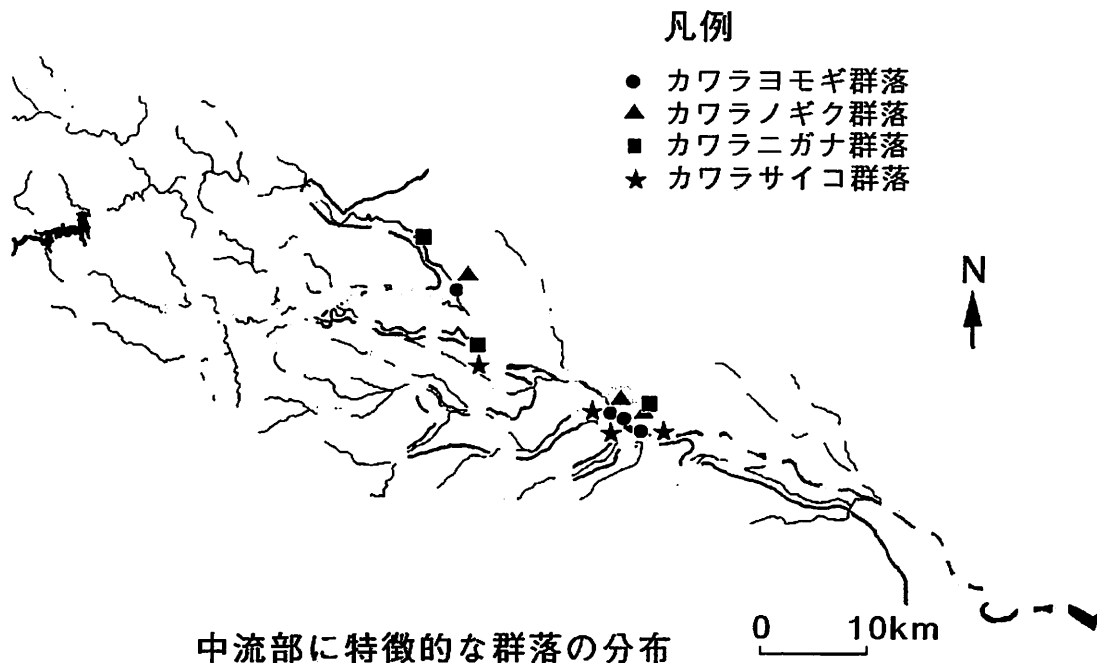


図1. 多摩川の中流部に特徴的に出現する植物群落（星野 2001）

3. 種子の供給から河川の植物群落の成立を考えることの意義

一方、植物群落の成立を、遷移初期からの発達と植物種子の到達という観点でみると、別の見方ができる。たとえば、出水でできた裸地では、しばらくすると植物が発芽、定着、成長して植物群落が形成される。初期に発達する植物群落の構成種がどのような方法やルートで新たにできた裸地に到達したのか明らかにすることは、初期の群落の成立を考える上で重要である。このとき、初期の植物群落を構成している植物の散布様式に特徴が現れることがある。

植物群落の成立立地は、植物群落の発達するポテンシャルを表すものであり、実際の植物群落の成立には、当該の植物群落の構成種がどのようなプロセスで、いつそこに到達できたかを考慮する必要がある。

4. 高水敷の堆積土砂に含まれる発芽可能な植物種子

多摩川永田地区で、高水敷などに堆積した土砂に含まれる発芽可能な植物種子を調べた結果の概要を紹介する。これらの結果は、出水時に堆積した土砂には多くの発芽可能な植物種子が含まれており、土砂の堆積時に土砂とともに植物種子がもたらされたことを示唆するものであった。

(1) 高水敷のハリエンジュ林の土壌シードバンク

ハリエンジュ林の土壌のサンプルには多くの発芽可能な植物の種子が含まれていた。土壌サンプルから発芽した植物には、ハリエンジュ林にはみられなかった植物が非常に多く含まれていた。この中にはヒメガマ、ヌマガヤツリ、タマガヤツリ、カワヂシャなどの湿地生の1年生草本植物が含まれているのが特徴であった。これらの植物は小型の種子であり、風散布や動物散布を行うように特殊な形態を持っていないため、これらの植物種子は元々ハリエンジュ林の林床の堆積物に含まれていた可能性が高い。

多摩川永田地区のハリエンジュ林に堆積していた砂礫は、過去の出水によって堆積したものであり、このときに堆積した河床堆積物の中に湿地生の植物の種子が入っていたと考えるのが妥当である。

(2) 2001年の台風による出水で高水敷に堆積した河床堆積物中の発芽可能な植物種子

2001年9月の台風による出水で高水敷に土砂が堆積した。堆積した土砂に含まれる発芽可能な植物種子を調べたところ、以下のことがわかった。

- ① 台風によって高水敷に堆積した堆積物には多くの発芽可能な植物種子が含まれていること
- ② カワヂシャ、ヌマガヤツリ、コウガイゼキショウなどの湿地生の植物が含まれていること
- ③ 中砂主体の堆積物よりもシルト・細砂の堆積物のほうが出現した植物の種数、個体数ともに多いこと

(3) 高水敷に堆積した堆積物の土砂粒径と発芽可能な植物種子

多摩川永田地区で行われた河道掘削地の堆積物を堆積層位別に採取し、発芽可能な植物種子を調べた。以下のことがわかった。

- ① 高水敷に堆積した堆積物には多くの発芽可能な植物種子が含まれていること
- ② コウガイゼキショウ、カワヂシャなど湿地生の植物が含まれていること
- ③ 深さ2m近くの深い位置に堆積していた堆積物からも発芽可能な植物種子が含まれていること
- ④ シルトと細砂で確認された植物の種数が増えること

(4) 発芽可能な植物種子を多く含む堆積物の粒径

以上の3つの調査研究結果から、河川敷に堆積した堆積物には多くの発芽可能な植物の種子が含まれていることは明らかである。特に、シルトや細砂の堆積物の中に多くの植物種子が含まれていた。これらの結果は出水時に堆積する土砂の中でもシルトや細砂と同じような挙動を多くの植物種子が示すことを示唆している。

5. 植物種子の沈降特性と土砂の沈降速度

多摩川の河川敷の新しい堆積地に出現する主要な草本植物の種子の水中での沈下特性（沈みやすさ）と沈降速度を測定した。土砂粒子は堆積時の流速によって、粒径の大きいものから順に沈降し、高い分級性をもって堆積する。そのため、土砂中に含まれる植物の種子も土砂粒子とともにふるい分けられて堆積している可能性がある。前述したように多摩川の高水敷に堆積したシルトや細砂の堆積物に発芽可能な植物の種子が多く含まれていた。土砂粒子と種子の沈降速度の間に一定の関係があるとすれば、そのことが堆積地における種子の空間分布を規定し、増水後の河川敷に発達する植物群落の種組成を決定する大きな要因となりうる。

(1) 調べた植物種子の沈降特性

多摩川河川敷の新しくできた堆積地に出現する主要な草本種の種子について、メスシリンダーを用いて、攪拌した直後の種子の沈下率と 24 時間静置後の沈下率を調べた。水中に入れて攪拌した直後にすべて沈下するものから、24 時間たってもまったく沈下しないものまで、調べた種子には様々な沈下特性を示した。種ごとの沈下特性を、攪拌直後と 24 時間後の沈下率の関係から沈下特性を 4 つに類型化した。

①浮遊性種子：24 時間経過しても 20%未満しか沈まないもの、スカシタゴボウ、アメリカセンダングサ、カズノコグサなど 10 種が含まれた。

②半浮遊性種子：攪拌直後はほとんど沈まず、24 時間経過しても沈下率が 70%以下にとどまるもの。半浮遊性種子には、アキノノゲシ、ヒメムカシヨモギなど 5 種が含まれた。

③吸水沈降性種子：攪拌した直後に沈下する種子は半数以下であるが，24 時間経過して吸水すれば沈下率が 80% 以上に上昇するもの。吸水沈降性種子には，オランダガラシ，スズメノテッポウ，コセンダングサなど 21 種が含まれた。

④沈降性種子：水中で攪拌した直後に半数以上の種子が沈み、24 時間後には 90%以上の種子が沈下するもの。沈降性種子にはオオイヌタデ、キュウリグサ、アキノエノコログサなど 35 種が含まれた。

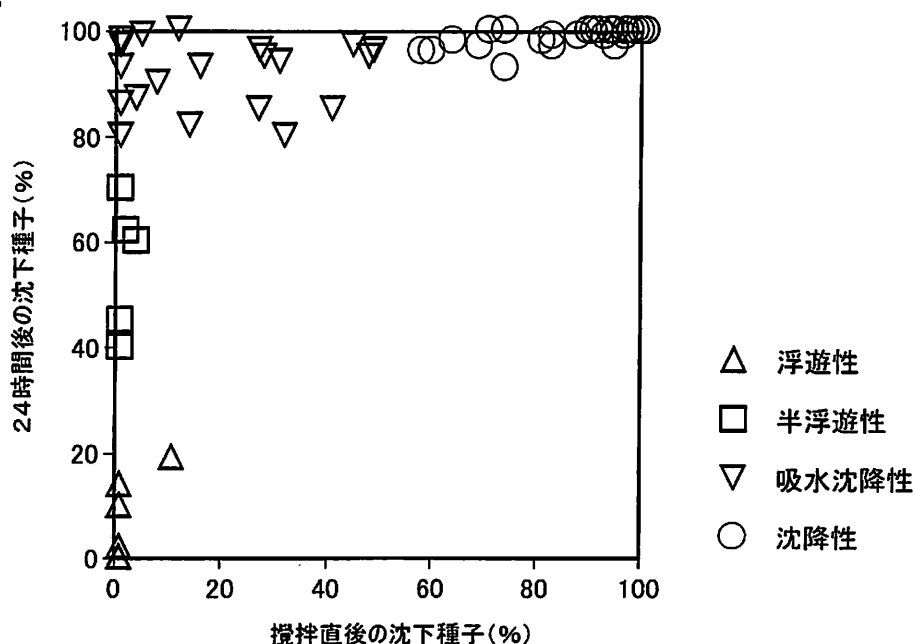


図2. 多摩川河川敷の植物群落を構成する草本植物の種子の沈降特性. 攪拌直後と24時間静置後の沈下種子の割合(吉川・岩田・星野(未発表)).

71 種中 56 種 (78.9%) が沈降性または吸水沈降性種子であり、河床砂礫地に生育する草本種の種子は、水に沈みやすい性質をもつものが多かった。浮遊性の種子はいわゆる流水散布を行う植物に相当するものである。なお、種子の沈みやすさは、種子の重さよりも形態的な特性に関係していた。冠毛、果穎、花被といった付属体を伴うものは水に浮きやすく、これらの付属物が浮力を高める役割を果たしていた。

(2) 種子の沈降速度

浮遊性種子を除いた 61 種について、静水中での沈降速度を調べた。最も沈降速度が大きかったのはヤハズエンドウ (14.45cm/s) で、次いでツユクサ (8.29cm/s)、オオブタクサ (5.02cm/s)、ヤエムグラ (4.94cm/s)、アメリカフウロ (4.93cm/s) の順であった。沈降速度が小さかったのは、ヒメムカシヨモギ (0.29cm/s)、オオアレチノギク (0.32cm/s)、ノゲシ (0.55cm/s) など冠毛をもつ瘦果や、カワヂシャ (0.54cm/s)、ナズナ (0.57cm/s)、ムシクサ (0.59cm/s) など顆粒型の種子であった。

種子の重量と沈降速度との関係を見ると、種子重が大きいほど沈降速度も大きくなっていた。水に沈む種子の中では、重いものほど沈降速度が大きくなった。ただし、瘦果型および付属体型の種子では、顆粒型および小堅果型の種子と比べると、種子重に対して沈降速度が小さい傾向があった。形状が球形ではない瘦果や、冠毛、果穎などの付属体をもつものは、水中での抵抗が大きくなり、同じ重量の顆粒状の種子に比べて沈降速度は小さくなった。

柿沼・伊福 (1982) の式に従って、土砂粒子の粒径区分の境界値にあたる粒径での沈降速度を算出し、この土砂粒子の沈降速度と、実測した種子の沈降速度との対応関係を表した (図 3)。また、図 4 には算出した土砂粒子の沈降速度を級間隔として、種子の沈降速度の頻度分布を表した。沈降速度が最も大きいヤハズエンドウは粗砂 (粒径 0.5 - 1.0 mm)、最も小さいヒメムカシヨモギやオオアレチノギクは粗粒シルト (粒径 0.0381 - 0.062 mm) の粒子に相当する沈降速度をもっていた。しかし、測定した 61 種のうち 32 種は微細砂 (粒径 0.062 - 0.125 mm)、21 種は細砂 (0.125 - 0.25 mm) の粒子に相当する沈降速度をもっており、全体の 86.9%がこの階級に含まれていた。すなわち、河床の砂礫地に生育する草本植物の種子の大半は、粒径 0.062 mm から 0.25 mm の微細砂または細砂と同等の沈降速度をもつことが明らかになった。特に、顆粒型の種

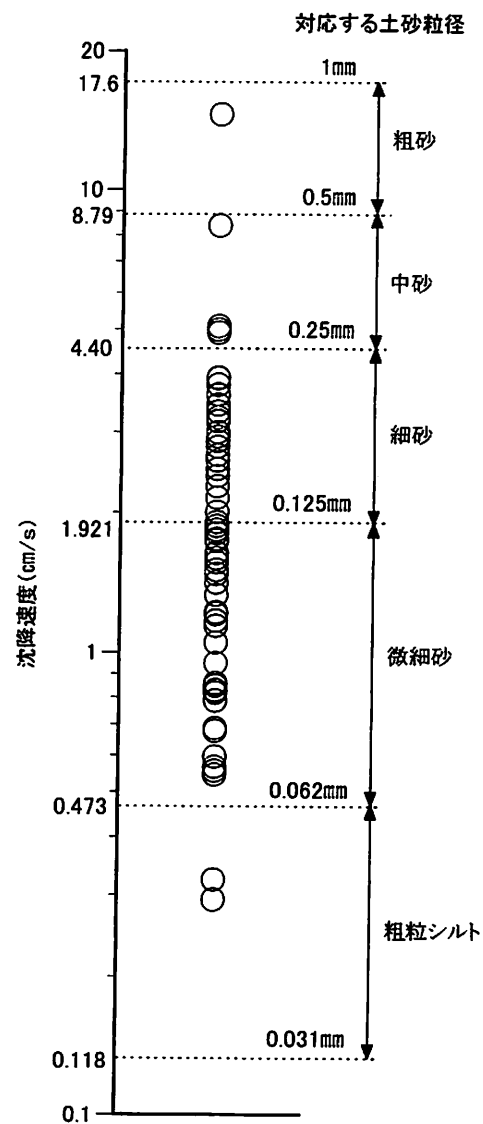


図 3. 種子と土壌粒子の沈降速度の関係
(吉川・岩田・星野 (未発表))。

子は微細砂，小堅果型の種子は細砂に相当する沈降速度をもつものが多くを占めていた。

このことは砂礫堆積地における種子の定着に関しては，基質への付着よりも水中での沈みやすさが，より重要であることを示している。細粒土砂の粒子と類似した顆粒型または小堅果型の形状をもつ比重の大きい種子は，流速が弱まったときに細粒の土砂粒子とともに堆積すると考えられる。

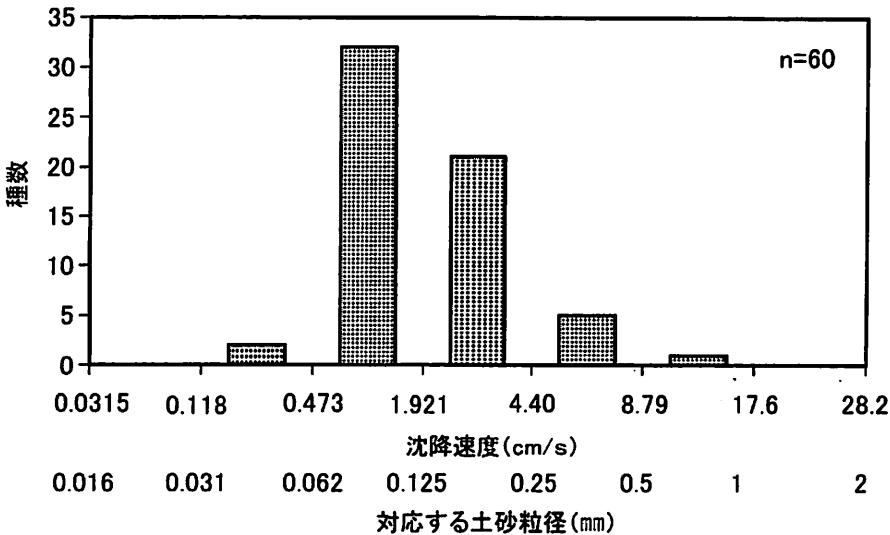


図4. 種子の沈降速度別の頻度分布（吉川・岩田・星野（未発表））

6. 河床植物群落の種組成と種子沈降速度との関係

多摩川の新しい堆積地において先駆的に形成される植物群落の構成種は砂，特に粒径 0.2 mm 以下の細砂と同程度の沈降速度の種子をもつものが多かった。特別に浮くための構造をもっていない種子でも河川の水流によって散布されていることは，いくつかの研究でも知られている。

実際に新しい堆積地に成立する初期の植物群落の種組成が種子の沈降特性とどの程度関係があるのか知るために，多摩川の河床にみられる 2 つの春季の一年生植物群落の構成種の種子の沈降速度を比べてみた。

表 1 には，多摩川の河床にみられる春季の一年生植物群落の種組成と，構成種の種子の沈降速度を示した。群落 A（カワヂシャ・オオカワヂシャ群落）は水際に沿って帯状に形成される群落で，カワヂシャ，オオカワヂシャ，タネツケバナ，ムシクサなど水湿地生の植物と，ネズミムギ，オオスズメノカタビラ，スズメノテッポウなどのイネ科草本が主体であり，カワヂシャ・カズノコグサ群集に相当する。群落 B（ネズミホソムギ・カキネガラシ群落）は水際から離れた砂州上に形成される群落で，群落 A の構成種に加えてコマツヨイグサ，ヨモギ，ヤエムグラ，セイヨウアブラナ，ナガミヒナゲシ，メマツヨイグサなどが生育する。既報の群集ではコセンダングサ・アキノエノコログサ群集に相当するもので，群落 A より出現種数は多いが，植被率は低くまばらな群落である。それぞれの立地は，表層堆積物の粒径からみると，群落 A が砂質または中礫質主体，群落 B が細礫質主体の堆積物となっている。構成種の種子の沈降速度をみると，群落 A の構成種は浮遊性のものも含め，さまざまな沈降速度の種子が含まれているのに対して，群落 B ではほとんどが沈降速度 1.21cm/s 以上であった。沈降速度が遅い種子は，群落 B が形成されるような堆積条件では土砂とともに沈積しないものと考えられる。群落 A に出現しない種の沈降速度の下限は（約 1.2cm/s）は，粒径 0.1 mm 程度の粒子の沈降速度と一致しており，群落の種組成からみても，このサイズの粒子の量が群落の種組成を決める重要な因子になっているといえる。

表1. 多摩川の河床砂礫地に発達する春季1年生草本群落の
種組成と種子の沈降速度(吉川・岩田・星野(未発表)).

A:カワヂシャ-オオカワヂシャ群落, B:ネズミホソムギ-カキネガラシ群落
ローマ数字は常在度階級値. V:80-100%, IV:60-80%, III:40-60%, II:20-40%, I:10-20%, +:5-10%, r:<5%.

	群落		種子特性	
	A	B	沈下特性	沈降速度(cm/s)
カワヂシャ	V	IV	沈降性	0.54
オオカワヂシャ	V	III	沈降性	0.78
ネズミホソムギ	IV	V	沈降性	3.41
タネツケバナ	V	IV	沈降性	0.94
オオスズメノカタビラ	IV	V	吸水沈降性	2.13
ムシクサ	IV	III	沈降性	0.59
オランダガラシ	IV	I	沈降性	1.58
スカシタゴボウ	III	III	浮遊性	-
ウシハコベ	III	IV	沈降性	2.64
エゾノギシギシ	II	IV		
スズメノテッポウ	IV	III	吸水沈降性	1.49
ヒエガエリ	III	IV	吸水沈降性	1.46
ヒロハホウキギク	IV	III	浮遊性	-
オオイヌタデ	III	IV	沈降性	2.97
イヌガラシ	III	II	吸水沈降性	1.20
ユウゲショウ	II	III	沈降性	0.68
ハルシヤギク	II	II		
ナガバギシギシ	III	IV	浮遊性	-
ノゲシ	II	IV	吸水沈降性	0.55
オオイヌノフグリ	II	V	沈降性	2.57
スズメノカタビラ	II	IV	沈降性	1.16
オオアレチノギク	II	IV		
オオブタクサ	II	I	吸水沈降性	5.02
ツメクサ	I	II	沈降性	1.13
ノミノフスマ	II	I		
ヒメジョオン	I	II		
ヒメムカシヨモギ	I	III	半浮遊性	0.29
コハコベ	I	III	沈降性	3.14
シロツメクサ	I	III		
マメグンバイナズナ	I	III	沈降性	1.04
カモジグサ	I	III		
オランダミミナグサ	I	III	沈降性	1.32
ヤハズエンドウ	I	III	沈降性	14.45
オヤブジラミ	I	III	吸水沈降性	3.13
ナズナ	II	II	沈降性	0.56
カズノコグサ	II	I	浮遊性	-
カキネガラシ	I	IV	沈降性	1.82
ケアリタソウ	I	IV	半浮遊性	1.72
ノミノツツリ	I	IV	沈降性	1.85
ヨモギ	r	III	半浮遊性	0.81
キュウリグサ	+	III	沈降性	1.62
コマツヨイグサ	r	III	吸水沈降性	2.9
ハハコグサ	+	III		
メマツヨイグサ	.	III	浮遊性	1.45
チチコグサモドキ	.	III		
イヌムギ	.	III		
ヤエムグラ	r	III	沈降性	4.94
タチイヌノフグリ	.	III	沈降性	1.21
セイヨウアブラナ	r	III	沈降性	3.89
ナガミヒナゲシ	.	III	沈降性	1.74
ホトケノザ	.	III	沈降性	1.99
ヤブジラミ	.	II		
オッタチカタバミ	r	II	沈降性	1.21
ヘラオオバコ	r	II		
ウラジロチコグサ	r	II		
シロザ	r	II	沈降性	3.29
キツネアザミ	r	II		
アメリカフウロ	+	II		
カナムグラ	.	II		