

### 3. 植物群落の特性を生かした河川環境整備 ～植生の時空間分布と河川の流れと相互作用～

1. はじめに
2. 現地調査
3. 河道内植生の分布性状調査
  - 3-1 現地調査地点
  - 3-2 中坪地区における調査結果および考察
  - 3-3 荒川橋付近における調査結果および考察
  - 3-4 横断面の特徴
4. 地形と流れに与える影響
  - 4-1 過去の流況の確認および考察
  - 4-2 水際帶状植生が河川の流れに与える影響  
に関する基礎的研究（その1）
  - 4-3 水際帶状植生が河川の流れに与える影響  
に関する基礎的実験（その2）
5. 総括

宇都宮大学工学部 須賀 兜三

宇都宮大学工学部 池田 裕一



## 1. はじめに

従来の植生水理に関する研究は、植生の存在する流れ場のみに関心があるようである。しかし、植生と流れおよび地形は相互に影響しあい、変化していくものであり、様々な枠組みで流れ場を吟味していく必要性がある。例えば、現状では高水敷上の河岸に直線的に植生を配置した実験がほとんどであるように思われる。これに対して、植生と流れの相互作用の解明のためには河川地形や植生分布を考慮に入れていく必要があろう。

そこで本研究では、以下の手順で、河川中流部の砂州上における植生および流れのパターンについて、若干の検討を行うこととした。

- 1) 実際の河川の多種多様な植生及び地形の現状を、複数の河川において複数地点を観察することにより、分布性状のパターン分けを行い、共通点や相違点を抽出する。
- 2) それらが顕著に現れている地点において現地調査を行い、植生分布の現状を把握する。さらに継続して調査を行うことにより、その時間変化を捉える。
- 3) 植生分布パターンのうち、いくつかについては基礎的実験を行い、流れ・地形・植生の相互作用を検討する。

なお、本論文は文献 18)～ 20)の要約である。

## 2. 現地調査

詳細な現地調査を行うのに先立って、植生の基本的なパターンを理解するために観察を行った。観察を行った地点は、利根川・鬼怒川・那珂川・荒川（那珂川支川）・内川（那珂川支川）・小貝川・五行川・田川・江川（鬼怒川支川）などの、河川の中流部である。その結果、河川の規模が異なるため、植生や地形には異なる点も少なからず見られるものの、複数河川に共通の、植生の基本的なパターンが認められ、以下の 5 つの分布形態を分類することができた。

- ① 水辺に沿って帶状に分布するもの (写真 1、 2)
- ② 水際から大群落を形成するもの (写真 3)
- ③ 土手際から大群落を形成するもの (写真 4、 5)
- ④ 裸地に点在するもの (写真 4、 5)
- ⑤ 増水時の漂着物を元に生えるもの (写真 6)

パターンごとの特徴としては、①はまず平水時に水際に帶状に一年草が生え、小規模な増水時にもこれらの周辺に細かな砂が堆積する。これにより、土壌を形成し、多年草へ遷移するのが見られた。②の群落はこれが成長したものと言える。この場所にはツルヨシが主に生えていた。③は土手際の低く湿った部分に端を発しており、②と同様にツルヨシ、ススキが地上茎、地下茎を伸ばして生育範囲を広げている。④は①②と③の中間地帯で、その表面には土壌があまり形成されていず、主としてレキが分布しているところに生育する。今回の調査では、セイタカアワダチソウ、マツヨイグサなど限られた種類のみが見られた。⑤については増水時の水際線に沿って多く見られた。



写真1 (那珂川水系荒川 三箇地区)

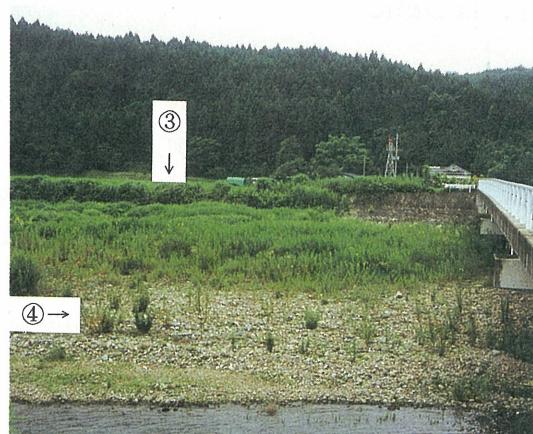


写真4 (那珂川水系荒川 荒川橋付近)



写真2 (那珂川水系荒川 中坪地区)

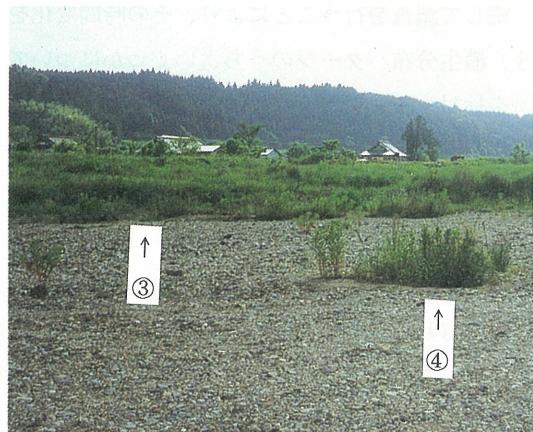


写真5 (那珂川水系荒川 中坪地区)



写真3 (鬼怒川水系 桑島大橋付近)



写真6 (那珂川水系荒川 荒川橋付近)

### 3. 河道内植生の分布性状調査

#### 3-1 現地調査地点

第2章における現状の特徴をふまえて、植生分布の現地調査に適した地点を探し出した。条件としては調査の容易もさることながら、先に植生の基本パターンとして得た5つのものが、共に存在するような地点、河原が候補となる。特に水際の植生に注目して、以下の現地調査地点を決定した調査を行った。

現地調査地点 那珂川水系荒川 那珂川合流点より上流約29km地点の河原

(栃木県喜連川町早乙女 中坪地区)

那珂川水系荒川 那珂川合流点より上流約31km地点の河原

(栃木県喜連川町 荒川橋付近)

#### 3-2 中坪地区における調査結果および考察

1992年8月に行った調査結果を図1に示す。これによれば、河川の湾曲の頂点付近より下流においては、水辺に沿った帶状の一年草（アメリカセンダングサ・オオイヌタデ）が存在しており、頂点より上流は多年草（ヨシ・ツルヨシ）が大群落を形成している。旧流路跡と思われる土手際の低地には、夏には用水が放水されており、その水辺沿いに一年草が見られ、また土手際から繁茂してきた多年生の植物も生えている。裸地には、測量は行わなかったばつぱつと点在する植物（セイタカアワダチソウなど）が見られた。流れ着いた植物の死骸や土壤の塊をきっかけとして繁茂しているものは、水辺よりかなり離れたところにおいて見られ、さほどの大群落とはなっていない。土手際より大群落を形成する群落は広く河原をおおっており、そこでは旧流路跡と思われるうねりや崖状の高低差はあっても、しっかりとした土壤が形成されている。

図2は1993年8月の植生分布を示したものである。先の1992年8月のと比べると、砂州の頂点より上流側ではツルヨシが勢力範囲を伸ばしており、砂州の頂点より下流側では帶状に生える植生の幅が広くなっているのが分かる。水際に生える植生に注目すると、1992年には一年草であるアメリカセンダングサ・オオイヌタデを主として分布していたが、1993年にはその場所に多年草であるカワラヨモギ、ツルヨシ、そしてヤナギが分布はじめ、これより水際に近いところにみオオイヌタデが見られた。特にオオイヌタデの根元には6月から9月にかけての冠水により、粒径の細かい砂が堆積していた。この帶状植生の中間地帯側にはセイタカアワダチソウが分布しており、単に帶状の分布域が広がっているだけではなく、植種の多様化と住み分けが見られるのは興味深いところである。また、1992年には裸地であったところに、セイタカアワダチソウ、マツヨイグサが生えており、裸地への先駆者の存在であることが伺える。土手際にはツルヨシ、ススキの多年草が繁茂し、ツルヨシは地上茎（ストロン）により生育範囲を広げている。

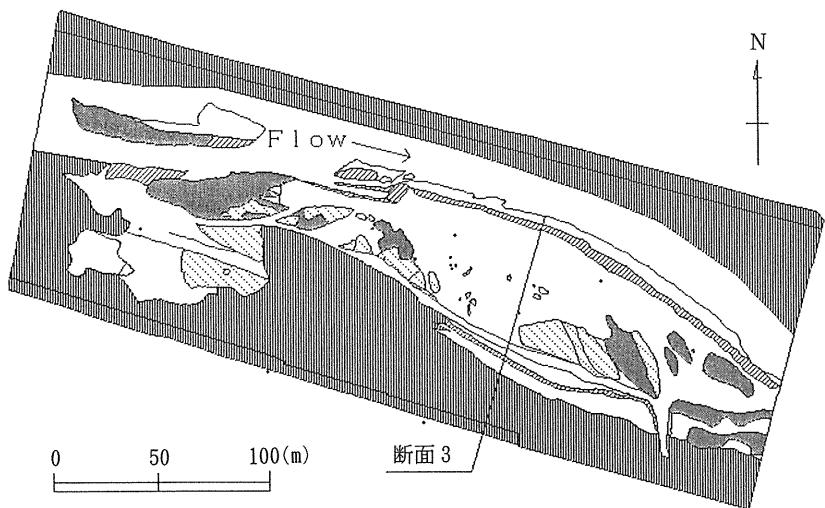


図1 植生分布図（中坪地区1992年8月）

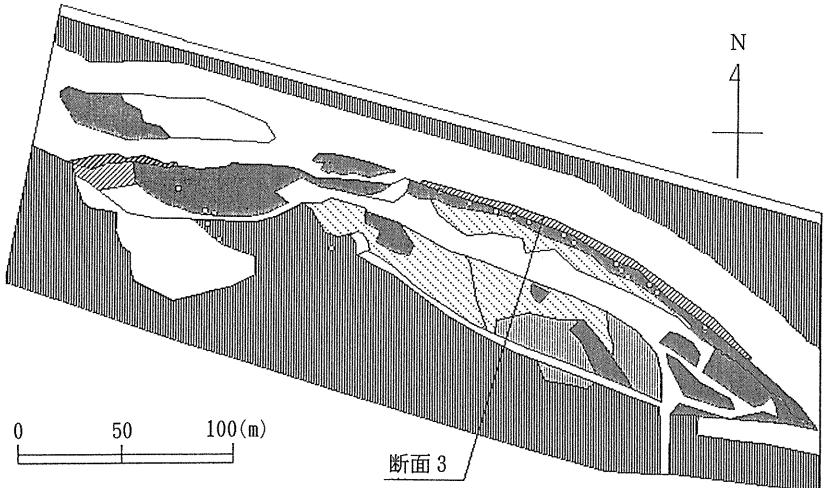


図2 植生分布図（中坪地区1993年8月）

■ セイタカアワダチソウ	■ ススキ・ヨシ・ツルヨシ
■ アメリカセンダングサ・オオイヌタデ	■ マツヨイグサ
■ ツルヨシ・カワラヨモギ	■ ヒメジュオン

○ ヤナギ

### 3-3 荒川橋付近における調査結果および考察

現地調査において得られた植生分布図を図3に示す。中坪地区と同様に、水辺に沿って帶状に植生が分布しており、特に、上流側の砂州においてはっきりととらえられる。下流側の砂州において、橋がすぐ上流（断面13）には水際にツルヨシ群落があり、ヤナギがはえている。帶状に生える一年草からの遷移によるものだと思われる。土手際にはツルヨシが繁茂し、砂州下流部にはツルヨシ、上流部にはヒメジュオンの群落が目立つ。また、中坪地区と同様に、中間地帯にはセイタカアワダチソウ、マツヨイグサが見られた。

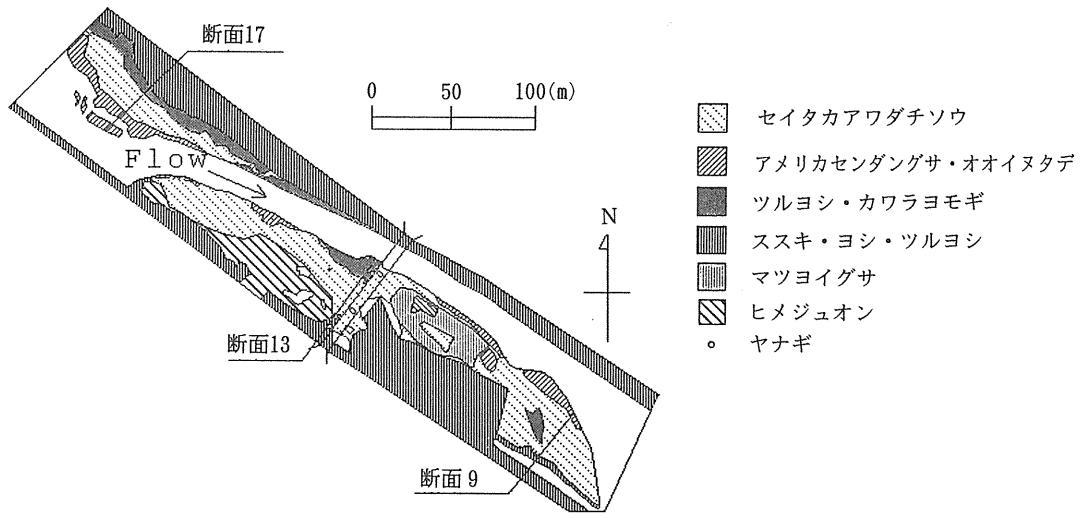


図3 植生分布図(荒川橋付近1993年8月)

### 3-4 横断面の特徴

植生の種類別の詳細な繁茂状況を知るために、いくつかの断面において、比高および代表的な種類の被度と高さを調査した。図4は断面3における比高図であり、図5は同断面における代表的な3種類の被度を示したグラフである。水際にアメリカセンダングサ、中間地帯にセイタカアワダチソウ、土手際にツルヨシ、というように3種類の住み分けがはっきりと捉えられる。

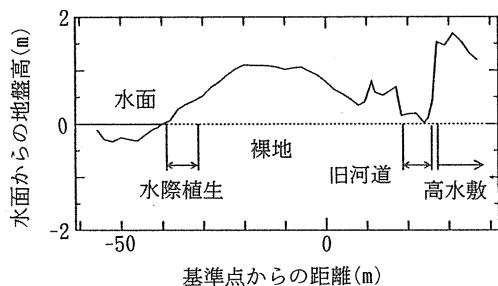


図4 横断面の比高(断面3)

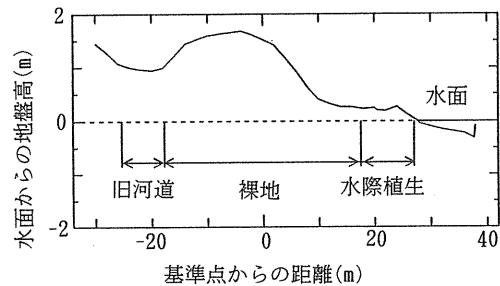


図6 横断面の比高(断面17)

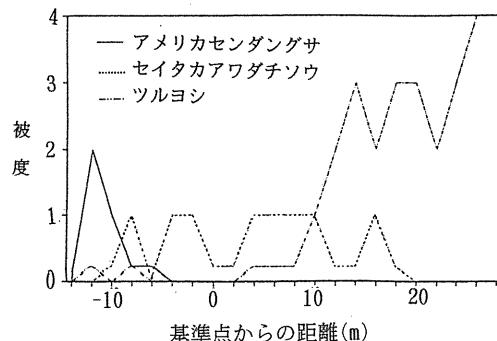


図5 横断面内の被度の変化(断面3)

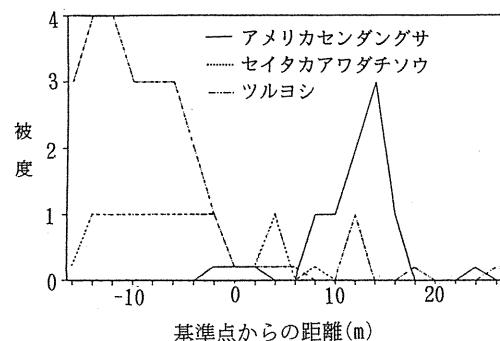


図7 横断面内の被度の変化(断面17)

図6、図7は断面17における比高および被度を表わしたグラフである。図5と同様、水際にアメリカセンダングサ、中間地帯にセイタカアワダチソウ、土手際にツルヨシが分布し、2地点とも同様な住み分けがなされているのが分かる。

### 3-5 河床材料の粒度分布

図8は断面3での河床材料（表面20cm）の粒度分布を示したものであり、図4に示す4つの領域区分ごとの平均を表している。ただし、「水際（表層）」というのは、増水によって砂州上に堆積したものであり、「水際（レキ層）」はこの表層を除いた元来きの砂州の材料を意味している。この図を見ると、水際（レキ層）は裸地の粒度特性はほとんど一致している。興味深いのは、水際（表層）と高水敷で同様な傾向を見せていることである。高水敷下にはやはりレキ層が見られたので、現在の高水敷も水際と同様な土砂の堆積により形成されたものと推測できる。

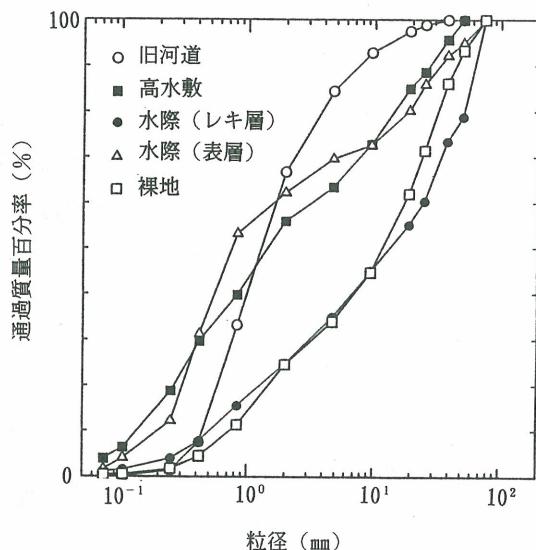


図8 河床材料の粒度分布

## 4. 地形と流れに与える影響

### 4-1 過去の流況の確認および考察

調査を行った地点（中坪地区）の過去の流況を、航空写真によって確認した。得られた写真は1963、1969、1982、1990年のものである。これらの航空写真により、調査地点近辺において荒川は直線的な河道を持ち、さらに河道内に交互砂州を形成しながら流れていることが判った。調査地点の現在と1990年における流況（流路）を比較したものを図9に示す。

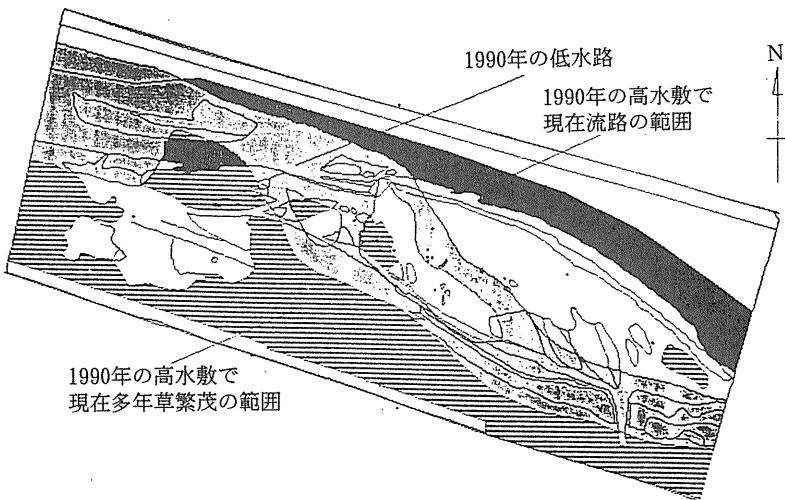


図9 流況（流路）比較（1990年－現在）

一般に交互砂州は、前進するものであると言われているが、現在の砂州・地形が、1990年当時の砂州が前進したものなのかは判らない。しかし、交互砂州およびその地形上の植生は定常的なものではなく、絶えず変化してきたものであることが確認できる。このため、大型の灌木といったものが余り見られない訳である。特に1990年と現在（今回の調査により得られたデータや特徴）を比較すると、1990年に植生があったと思われるところであっても、現在は流路または裸地となっているところがある。このように地形および植生は変化してきている。また、現在多年草が繁茂しており、土壌がしっかりと形成されているところは1990年当時も高水敷であり、種別は判らないが植生の存在が航空写真によって確認できる。もちろん多年草が繁茂しているところは、これからも常に高水敷であるとは言えない。

#### 4-2 水際帯状植生が河川の流れに与える影響に関する基礎的研究（その1）

基本的な植生分布パターンのうち、①の水辺に沿って帶状に分布する植生に注目して、簡単な実験を行った。それは写真7のように直線水路において、波長2mの交互砂州をモデル化した河床形状を作り、平水時の水辺に沿って模擬植生を植え付け、それが水に浸かる程度の増水時の流速分布を測定したものである。図10は各断面における流速分布を表したもので、植生付近では流速の低減が見られ、植生がとぎれてもそれによる影響がでている。このことからも、平水時に発達した水辺の帶状に生える植生が増水時の流れに多大な影響を及ぼすことが伺える。

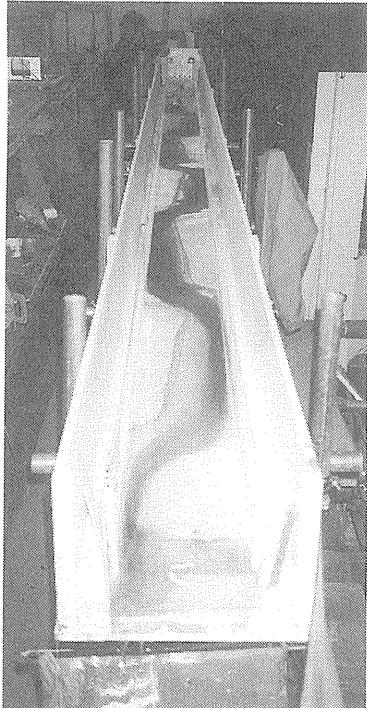


写真7 植生配置の様子

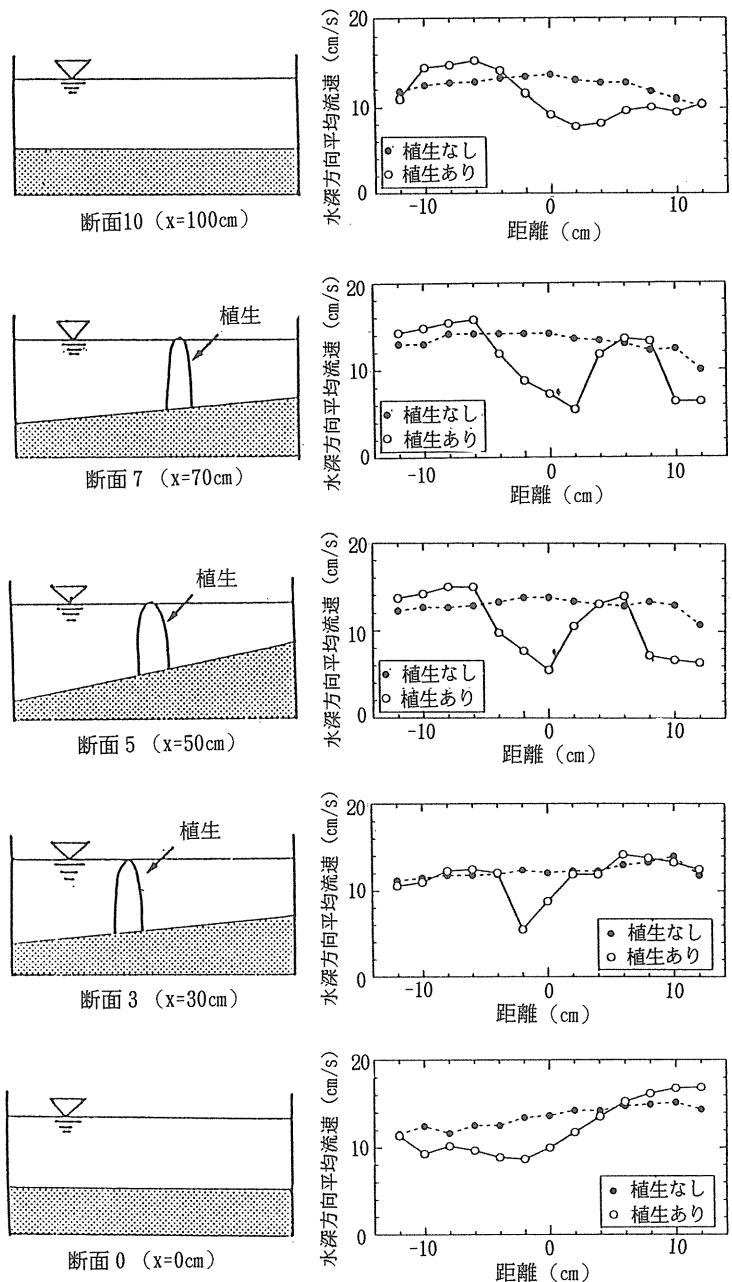


図10 各断面における流速分布

#### 4-3 水際帯状植生が河川の流れに与える影響に関する基礎的実験（その2）

今回の実験には長さ16m、幅50cmの可変勾配水路を使用し、勾配は1/500とした。模擬植生は透過係数38cm/sの多孔質体を用い、植生幅10cm、波長2m、となるよう写真8のように周期的に配置した。実験条件は流量8.41/s、平均水深8cm、フルード数Fr=0.24である。図11に示すように半波長を5断面に分け、各断面の主流速分布と断面流況を測定した。流速測定には電磁流速計を用いた。



写真8 植生配置の様子

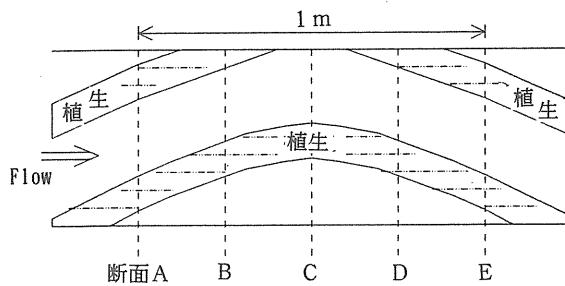
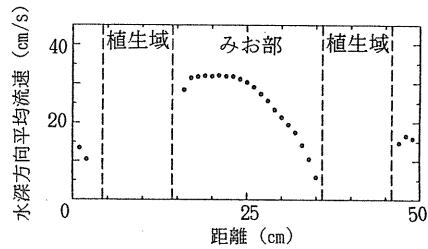


図11 実験装置配置図

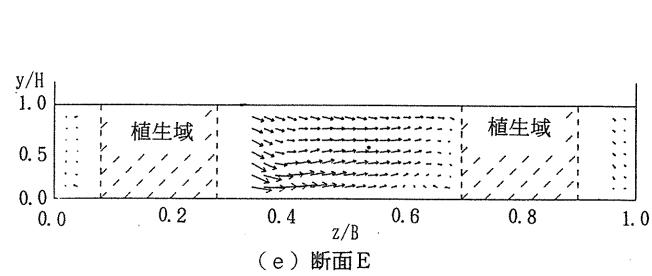
図12に各断面の水深方向に平均した流下方向の流速分布を示す。断面Aは砂州の始まりの地点に相当し、平水時のみお部において、右岸側に流れの集中が見られ、流速が大きくなっている。断面B・Cは断面Aでの影響がそのまま残り、植生付近で強い流れが見られる。また、断面C・Dにいくにつれて植生付近で流速が減少している。これまで行われてきた植生を水路に直線配置したときの流速分布は、植生付近で植生の抵抗を受け流速が小さくなり、植生から離れるに連れて大きくなっていた。しかし、今回の実験では最大流速は植生付近で見られた。断面D付近から左岸側の流速が徐々に増していく、断面Eで流速分布が逆転している。これは断面の取り方に違いはあるが連続湾曲水路における流れと同様な傾向を示している。また、植生帯に囲まれている平水時の砂州部の流速分布から平水時の水際よりもむしろ河岸付近の流速が速くなると推測できる。

図13に各断面流況を示す。断面A・Bは右岸側の植生帯によって流向が曲げられており、植生域の脇で大きな流速成分が生じている。断面Cではみお部と砂州部の両方でらせん状の二次流が形成され

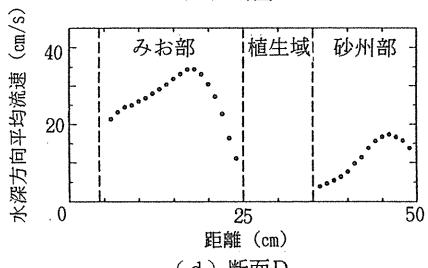
ている。みお部の二次流については、断面Cではその中心が底面付近にあるのに対し、断面Dでは水面付近に移っている。このことから二次流は底面付近から発達するものであろうことが分かる。これは連続湾曲水路でも見られる現象である。



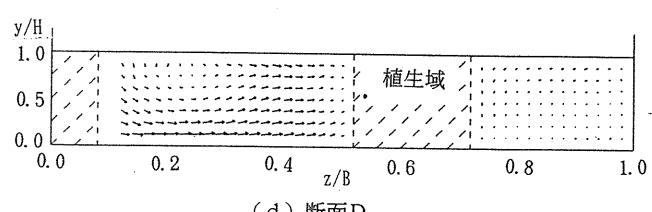
(a) 断面A



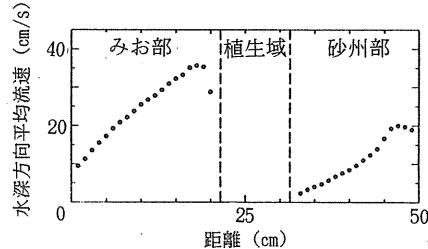
(a) 断面A



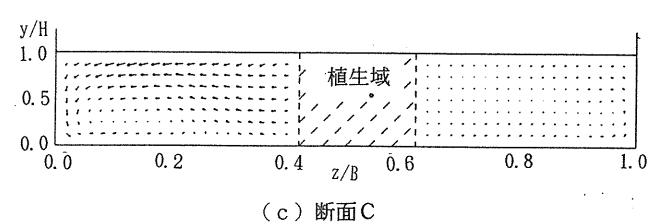
(b) 断面B



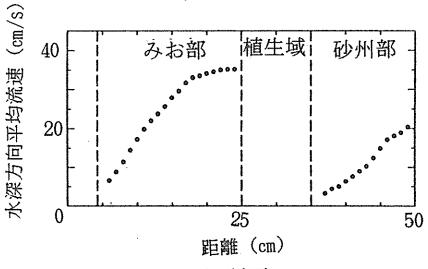
(b) 断面B



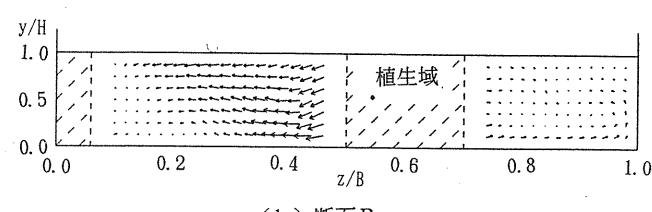
(c) 断面C



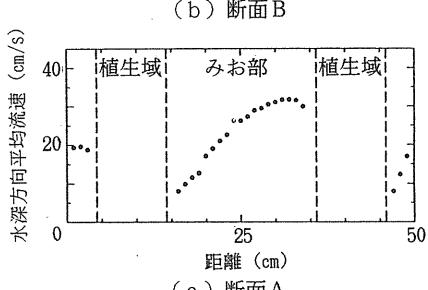
(c) 断面C



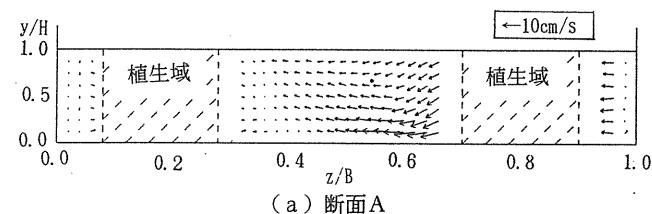
(d) 断面D



(d) 断面D



(e) 断面E



(e) 断面E

図12 水深平均した主流速分布

図13 断面流況

## 5. 総 括

本研究では現地調査を行うことにより、植生分布の基本パターンおよびそれらの遷移を把握し、あるパターンについて基礎的実験を行ってきた。その結果、得られた知見をまとめると以下のようである。

- (1) 植生の分布は以下の 5 つのパターンに分けられる。
  - ① 水辺に沿って帯状に分布するもの
  - ② 水際から大群落を形成するもの
  - ③ 土手際から大群落を形成するもの
  - ④ 裸地に点在するもの
  - ⑤ 増水時の漂着物を元に生えるもの
- (2) (1)で述べたパターンごとに遷移の過程が多少違い、①に関しては、始め 1 年草が生え、幾度かの冠水により堆砂し、これを土壤として多年草（ツルヨシなど）が生える。その後よりしっかりした土壤が形成されるとヤナギなどが生え始める。②、③は既に土壤が形成されており、ツルヨシなどが地上茎により生育範囲を伸ばす程度で植種の変化はない。④については、始め裸地への先駆者であるセイタカアワダチソウが生え、それらが枯れ土壤を形成するとツルヨシが生える。その後ツルヨシの地上茎（ストロン）により生育範囲を伸ばしていく。⑤については④に似ており、既に土壤となるものがあり、そこにまず 1 年草などが生え、その後ツルヨシなどの多年草に取って代わられる。
- (3) 航空写真などが流況および植生分布の状況を捉えるのに有効な手法として活用できることが分かった。
- (4) ①のパターンについて基礎的実験を行ったが、それにより帯状植生付近では砂が堆砂しやすく、現地で見られた横断面での粒径の違いの理由づけができた。基礎的実験（その 2）において、植生の直線配置実験では見られない流れを捉えることができた。
- (5) 以上のことから分かるように、植生分布の基本パターンは非常に重要な捉え方と言える。それぞれのパターンについて関係する諸因子を整理し、あるいは必要に応じて定量化も行い、植生環境の創生あるいは保全に生かしていくことが肝要である。

## 参考文献

- 1) 秋草勲：水制に関する研究、1960.
- 2) 辻本哲郎、土木学会水理委員会：植生を伴う流れの水理、第27回水工学に関する夏季研修会講義集Aコース、91-A-5、1991.
- 3) 高木不折、土木学会水理委員会：欧州における近自然河川工法、第27回水工学に関する夏季研修会講義集Aコース、91-A-4、1991.
- 4) 福岡捷二、荒井田浩、佐藤健二：オギの河岸浸食抑制機構と耐力の評価：水工学論文集、第36巻、pp. 81-86、1992.
- 5) 湯城豊勝、芦田和男、江頭進治、岡部健士：低水路の形成と変動機構、水工学論文集、第36巻、pp. 75-80、1992.
- 6) 高橋和明、石川忠晴：河道内に繁茂するカワヤナギの成長速度に関する研究、土木学会第46回年次学術講演会論文集、II-221、pp. 482-483、1991.
- 7) 岡田敏治、北村忠紀、辻本哲郎、西村秀樹：河道内植生の群落分布性状に関する野外調査、土木学会第47回年次学術講演会論文集、II-186、pp. 422-423、1991.
- 8) 萱場祐一：低水路河岸における植生の繁茂状態とその条件に関する研究、土木学会第47回年次学術講演会論文集、II-188、pp. 426-427、1992.
- 9) 有澤俊治、山本晃一、藤田光一：土砂の分級、堆積がつくる河道景観、土木学会第47回年次学術講演会論文集、II-194、pp. 438-439、1992.
- 10) 池田駿介：単列交互砂州の波長と波高、第27回水理講演会論文集、pp. 689-695、1983.
- 11) 玉井信行、池内幸司、山崎晶：連続わん曲における流れの実験的研究、土木学会論文集、第 331 号、pp. 83-94、1983.
- 12) 泉曲洋、池田駿介、伊藤力生：流水抵抗及び浮遊砂濃度に及ぼす植生の効果、第33回水理講演会論文集、pp. 313-318、1983.
- 13) 沼田真 著：植物生態学論考、東海大学出版会、1987.
- 14) 沼田真 編：植物生態の觀察と研究、東海大学出版会、1978.
- 15) 井口昌平：川を見る－河床の動態と規則性、東京大学出版会、1979.
- 16) 石戸忠：実践的植物検索小図鑑、講談社ブルーバックス、1979.
- 17) 日野幹雄：明解水理学、丸善、1983.
- 18) 河森克至、池田裕一、三浦哲也、須賀堯三：高水敷における植物群落の分布性状に関する野外調査、土木学会第48回年次学術講演会論文集、II-178、pp. 454-455、1993.
- 19) 鈴木倫久、池田裕一、河森克至、須賀堯三：砂州上植生の分布パターンと経年変化に関する基礎的研究、土木学会第49回年次学術講演会論文集 2-B、II-107、pp. 214-215、1994.
- 20) 池田裕一、鈴木倫久、河森克至、須賀堯三：砂州上における植物群落の分布形態に関する基礎的研究、環境システム研究 Vol. 22、pp. 198-203、1994.