

# 河川における草本類管理について

## PLANTS MANAGEMENT IN THE RIVER

研究第四部 主任研究員 高田 晋  
研究第四部 次長 石橋 良啓  
研究第四部 主任研究員 竹内 義幸  
株東京建設コンサルタント 幸 弘美  
株東京建設コンサルタント 肥田 幸子

洪水の流下に障害とならずかつ、豊かな河川環境を保全・再生するために、河道内の植生を適切に管理することは極めて重要である。河道内樹木については、試案とはいえ、管理の考え方や管理方針が明確化されたのに対し、草本に関しては近年調査・研究事例は各河川で蓄積されているが、体系的に整理されるまでには至っていない。本調査研究は、これらの河道内草本に関する調査・研究事例を体系的に整理し、さらに、未解明な課題を現地調査等で補足し、植生の管理・活用のための基本的な考え方に関わる技術資料をとりまとめるものである。

本調査研究の結果、堤防の草本に関しては、草本の治水機能としての耐侵食機能、耐越水機能等についての知見をとりまとめ、あわせて、草刈りについての考え方について、“堤防草本管理の手引き”として堤防草本管理の参考となるようとりまとめた。高水敷の草本類については、全国実河川におけるフィールド調査や水路実験より得られた結果を基に、草本の粗度管理に関する基本的な考え方として、水理量と倒伏の関係、さらに粗度係数との関連を整理し、河道計画及び草本管理のための参考となるよう整理した。

しかしながら、高水敷草本についての課題はまだ多く残されており、現場での管理への適応については十分に配慮し、その結果得られた成果を蓄積し再検証することが必要であると考える。

**キーワード：**高茎草本、堤防草本、高水敷草本、粗度係数、維持管理

It is extremely important to appropriately manage the vegetation in the river channel so as not to become a trouble for the flood's flowing and to conserve and restore rich river environment. The idea of management and the management policy were clarified about trees in rivers even though tentatively, but no systematic arrangement has been made so far about plants in rivers although investigation and research cases have come to be accumulated for plants in each river. This research survey arranges systematically investigation / research examples about plants in these rivers, supplements further information on subjects not yet clarified by the field survey, etc., and collects the technical data in connection with the fundamental view for management and practical use of vegetation.

Finding of the erosion-proof function and overflow-proof function, etc. as the flood control functions of plants was arranged for plants on the river embankment as a result of this surveillance study, and it was arranged that it additionally became reference of the embankment plants management as "Guidance on riverbank vegetation management" about the idea of mowing. The guidance on plants rooted in the major bed of a river concerning relation between falling of plants and hydraulic data including roughness coefficient were arranged based on the results from the field survey and water channel experiments throughout the country to be served as a reference to river channel planning and plants management.

However, many subjects about plants rooted in the major bed are still left behind, and thoughtful consideration on the adaptation in the spot seems to be necessary, and the results should be accumulated and be utilized for re-verification.

**Key Words :** High stalk plants, embankment plants, plants rooted in the major bed, roughness coefficient, operation and maintenance

## 1. はじめに

これまでの河川内の草本類管理は、堤防草本に関しては、主として治水面から堤防点検を目的として、通常年2回程度の草刈りが実施されているのに対し、高水敷草本に関しては、環境もしくは利活用を目的とした管理が主となっており、治水面に配慮した管理が少ないのが実態である。

近年、河川内の草本類に関する治水面、環境面等の効果、影響について、研究成果や現場での調査データの蓄積が進みつつあるが、体系的・定量的に整理されるにいたっておらず、明確にされていない課題も多くある。特に、高水敷草本の倒伏については、倒伏範囲の段階的な進行のプロセスと、倒伏-非倒伏の違いによる粗度係数の変化の関係等、定量的に評価できる調査・研究成果が明確にされていないという課題が残されている。

そこで、本調査研究では、高水敷の草本類の機能や影響について、全国の河川や実験等で明らかとなっている技術的知見を収集・整理すると共に、今回、フィールド調査や、水路実験を実施し、その結果を整理し、草本管理の留意事項としてとりまとめた。

堤防草本については、特に管理（草刈り）と生育する草本及び草本の有する治水面での機能、花粉症や病害虫といった生活環境面での課題に着目し、調査・検討を進め「堤防草本管理の手引き」をとりまとめた。

本稿においては、新たに調査・実験を行った高水敷草本について、とりまとめる。

なお、本調査研究は、広島大学大学院工学研究科福岡 捷二教授を委員長として、行政委員等で構成される「河川における草本類管理に関する検討会」が設置され、この検討会を中心に研究を進めている。

## 2. 高水敷草本に関する検討

### 2-1 目的

高水敷や水際に大規模に繁茂するヨシなどの背が高く茎の太い草本は、洪水時には粗度として作用し、水位上昇を引き起こす可能性がある。しかし、倒伏してしまえば、その影響は小さくなると考えられるため、倒伏するか否かで管理方針も異なる。

そこで高水敷草本については、主に高水敷草本の粗度としての作用及び粗度管理という観点から調査・研究を行った。

### 2-2 現在の課題

約10年前に水深 $h$ と草丈 $h_v$ の比と草本の粗度係数 $n$ の関係が建設省技術研究発表会で発表され、それが現在、新河道計画等で活用されている（図-1）。しかし、

この図の $n$ と $h/h_v$ の関係では、倒伏による粗度の変化が明示されておらず、 $h/h_v$ が同じであれば、流速の大小に関わらず同じ $n$ になるという問題（草本の倒伏、非倒伏の違いによる粗度の変化が表現できないという問題）があった。

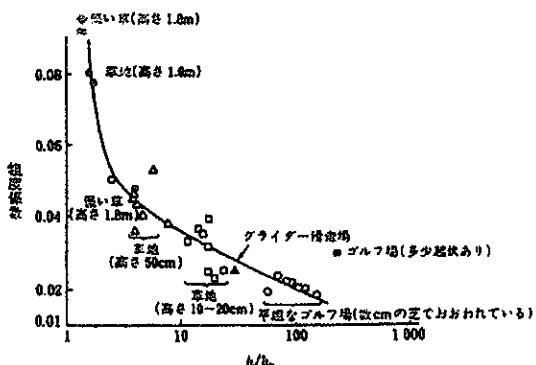


図-1 粗度係数 $n$ と水深 $h$ /植生高 $h_v$ との関係

このため、土木研究所では平成9年に草本を直立、たわみ、倒伏の3タイプに分け、摩擦速度によるタイプの推定法及びタイプ別の $h/h_v$ と $n$ の関係を示した（図-2）。

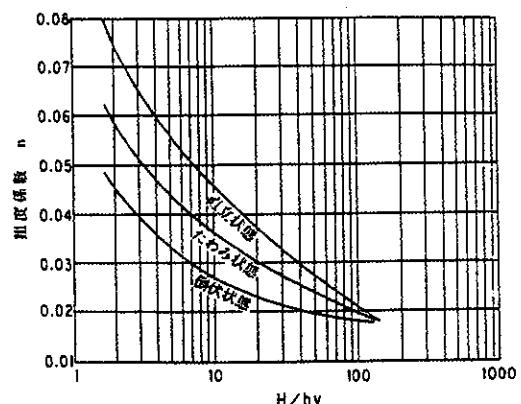


図-2 たわみを考慮した植生の粗度係数

図-2は、図-1のデータをもとに草本の状態を3タイプに分類したものである（図-3）。

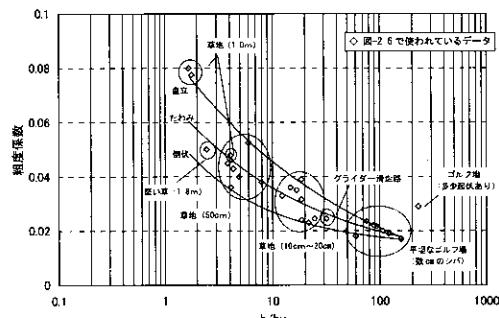


図-3 図-1と図-2の関係

これらのグラフを用いた、現在の粗度係数推定方法には以下のような課題が残されている。

- ①グラフに用いられているデータが古く、最近の粗度に関する研究結果が反映されていない。
  - ② $h/h_c$ が2より小さい領域には適用できない。すなわち、高水敷に繁茂するヨシなどの高茎草本について、粗度係数の評価が適切にできない。
  - ③横軸の $h/h_c$ が倒伏前の草丈となっており、水理的なパラメータ、すなわち、洪水の外力が粗度係数に反映されていない。
  - ④実現象としては、草本の倒伏範囲は洪水外力の増加に伴い拡大するものであり、倒伏域と非倒伏域で粗度係数が異なるものである。現在用いられている粗度係数の推定方法は、一次元的なものであり、倒伏進行（範囲の拡大）のメカニズムを表現することができない。
- そこで本調査研究は、フィールド調査、水路実験、準二次元不等流解析等を行い、これらの4つの課題解決に取り組んだ。

### 2-3 草本の倒伏に関するフィールド調査

洪水流の外力と高茎草本の倒伏状況との関係を、全国67河川で調査した。調査は、洪水時の外力と倒伏状況の関係、倒伏の平面状況等を把握し、前述した課題①～④の解決に資することを目的とした。また、倒伏の有無は外力だけでなく草本そのものの物理的な特性（草丈、茎の太さ、密度等）にも関係する。表-1に現地で調査した項目の一覧を示す。

表-1 観測項目と調査方法

| 観測項目    |      | 調査方法  |
|---------|------|---|
| 外<br>力  | 水深   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査地点に糧水板を設置し時系列の水位を調査</li> <li>・水位を水深に換算するために、洪水後に糧水板の零点高を調査</li> </ul>         |
|         | 水面勾配 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水後に痕跡水位を調査、可能であれば調査地点に2つ以上の糧水板を設置し時系列の水面勾配を調査</li> </ul>                       |
| 草本の倒伏状況 |      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・事前に調査地点を写真で撮影</li> <li>・洪水中の草本の状況をビデオもしくは写真で撮影</li> <li>・洪水後に倒伏高さを調査</li> </ul> |
| 草本の物理状況 |      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・密度、草丈、茎の太さ、葉の枚数及び面積について洪水後に調査</li> </ul>  |

フィールド調査により結果が得られた5河川を、単断面河道（低水路部の草本を含む）と複断面河道（高水敷部）に分け、それぞれ倒伏状況を調査した結果、次のような特徴を確認した。

### ＜単断面河道＞

- ・中州に生育する草本の倒伏の有無には、低水路幅に対する草本生育域の幅（中州の幅）が影響している傾向がみられた。主流部の幅と中州の幅の比が大きいほど草本は倒伏しにくくなる。これは、草本によって形成される低流速域が河道全体の流れに大きな影響を及ぼさないためと推察される。
- ・中洲がない河岸に生育する草本は草本生育域の幅によらず倒伏しやすい。

### ＜複断面河道＞

- ・セグメント1の河川でも $h/h_c$ が小さければ倒伏しにくい。
- ・ $h/h_c$ が同程度の河川でも、水面勾配に大差がある場合、それが倒伏の有無に影響する。
- ・セグメント2-2、3で高水敷一面に複数の草本種が群落を形成する場合（吉田川）は、茎の柔らかな草本が倒伏し、そこがみず道となり、他では顕著な倒伏がみられていない。すなわち、連続した流れ易い場が形成されると、そこに流水が集中し、その周辺の草本は倒伏しない傾向となると考えられる。また、利根川や庄内川のように一面同一種の草本が生育する場合には、低水路の速い流れの影響を受け易い低水路に近い範囲だけが倒伏し、その範囲は横断面内の比高の影響もあるが概ね高水敷幅の1/2～1/3程度である。

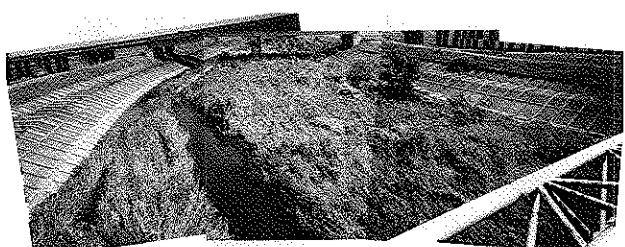


写真-1 全面倒伏した単断面河道（波瀬川）



写真-2 低水路に近い草本が倒伏した複断面河道（庄内川）

なお、草本の倒伏と洪水の外力（勾配）の関係は、次項の水路実験にあわせて示す。

## 2-4 草本の倒伏と粗度係数に関する水路実験

倒伏状況と粗度係数の変化について、ヨシの繁茂した水路を用いて実験を行った。この実験は、前述した課題①～③の解決に資することを目的とした。また、同種の草本の粗度係数に関する既往の水路実験結果、及び現地観測の結果を併せて整理し、これらのデータをもとに草本の倒伏状況に応じた粗度係数について検討した。その際、洪水による外力も反映できること、 $h/h_v$ が2より小さい領域にも適用できることを配慮した。

実験水路は、図-4に示す様に、延長80m、幅4m、深さ2m、河床勾配約1/830の長方形水路である。ポンプの最大流量は3.5m<sup>3</sup>/sであり、河床勾配は変更できないため、下流端に設置された可動堰により水面勾配を調整し、色々な外力を想定して実験を行った。

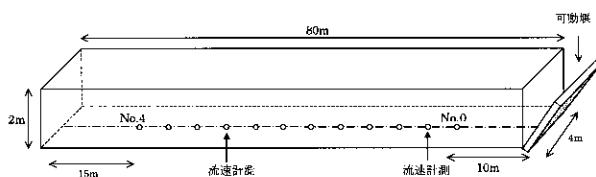


図-4 実験水路

また、水路内のヨシは、図-5、写真-3に示すように、草丈1m～2mとなっている。（国土技術政策総合研究所河川研究室所有）

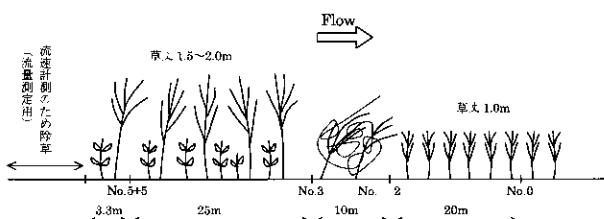


図-5 草本の生育状況



写真-3 実験水路の状況

実験は、水深及び外力（水面勾配）の変化に応じたヨシの倒伏状態と粗度係数の関係を知るため、水深 $h$ と草丈 $h_v$ の比が0.3～1.5、水面勾配が1/500、1/1000、1/2000程度となるケースで、流速、草本の倒伏高さ、草本の物理特性等を計測した。

実験より得られた粗度係数と水深 $h$ と草丈 $h_v$ の比を図-6に示すが、これまでデータが得られていなかった $h/h_v$ が2より小さい領域についてもデータが得られている。

その結果、同じ $h/h_v$ でも粗度係数のばらつきがあり、 $h/h_v=0.7$ の場合で、粗度係数の範囲は0.06～0.18となっている。また、図中の①の様に、倒伏していても粗度係数が0.21と大きな値を示しているケースもある。

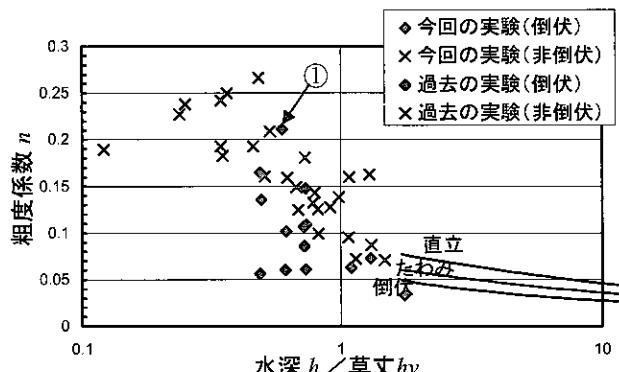
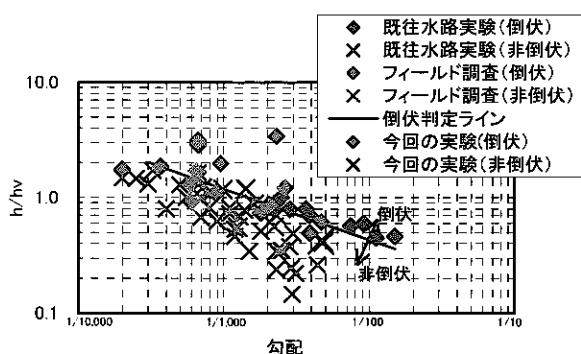


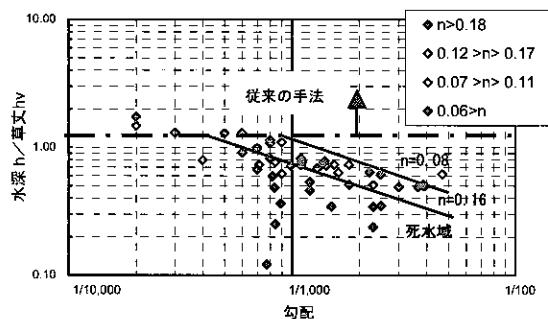
図-6  $h/h_v$ と粗度係数の関係

また、外力を反映させるために、図-7に横軸を勾配、縦軸を $h/h_v$ として再整理した。

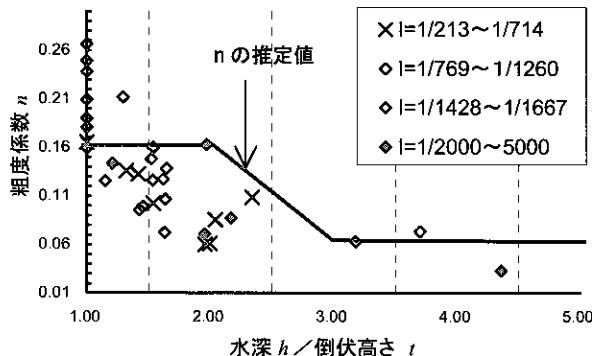
図-7に、草本の倒伏域と非倒伏域の境界を示すライン（倒伏判定ライン）を設定し、勾配（外力）と水深、草丈を用いて草本の倒伏判定を可能にした。なお、図中には既往の水路実験結果及びフィールド調査結果についてもあわせて示している。

図-7  $h/h_v$ 、勾配と倒伏の有無の関係

実験で得られた粗度係数を用いて、粗度係数との関係を図-8に整理した。これにより、図-7に示す倒伏の状況に応じた概略の粗度係数を推定できる。

図-8  $h/h_v$ 、勾配と粗度係数の関係

草本の倒伏高さを基に粗度係数との関係を図-9に整理した。これにより、草本の倒伏後の高さが既知であれば、粗度係数を推定できることとなる。

図-9  $h/h_v$ 、勾配と粗度係数の関係

以上、図-6～9より、外力による倒伏と粗度係数について、 $h/h_v$ が2より小さい領域も含めて、その関係を明らかにすることができた。

## 2-5 外力の変化に応じた粗度係数の試算

前述した課題④に示した様に、現在の粗度係数推定方法は、一次元的なものであり、倒伏進行（範囲の拡大）のメカニズムを表現することができない。

そこで、本調査研究では、「水深と流速の作用によって倒伏し、粗度係数が小さくなる。粗度係数が小さくなると流速が増加し、さらなる倒伏を引き起こす」というメカニズムを取り入れた水位の試算を、データが得られた利根川上流H13.9台風15号洪水を対象に行った。

計算は準二次元不等流計算を用い、図-10のフローに示すように、高水敷を5分割した各分割断面で繰り返し計算（収束計算）を行った。

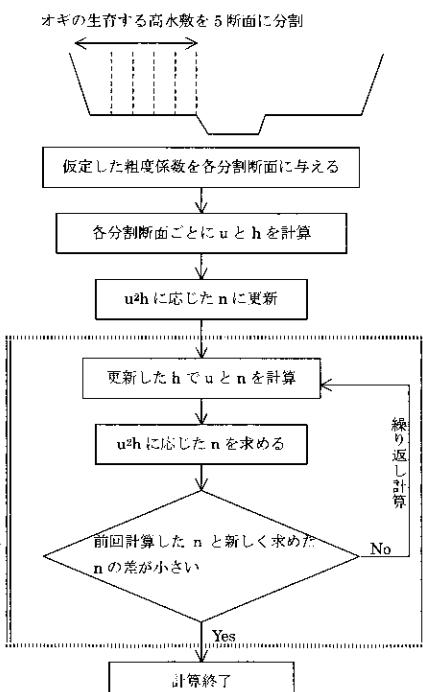
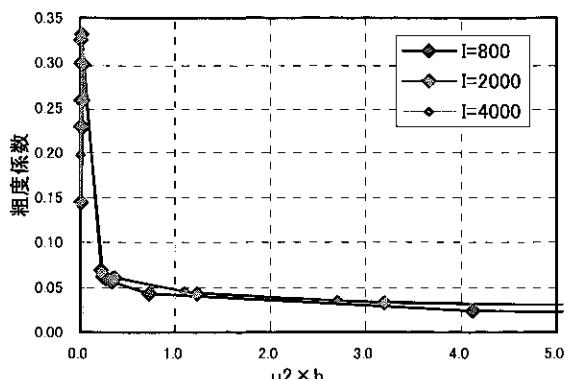


図-10 繰り返し計算フロー

また、繰り返し計算に用いた流速 $u$ と水深 $h$ および粗度係数の関係は、土木研究所で考えられている倒伏モデルを用いて作成した図-11を用いることとした。

図-11  $(u^2 \times \text{水深})$  と粗度係数の関係

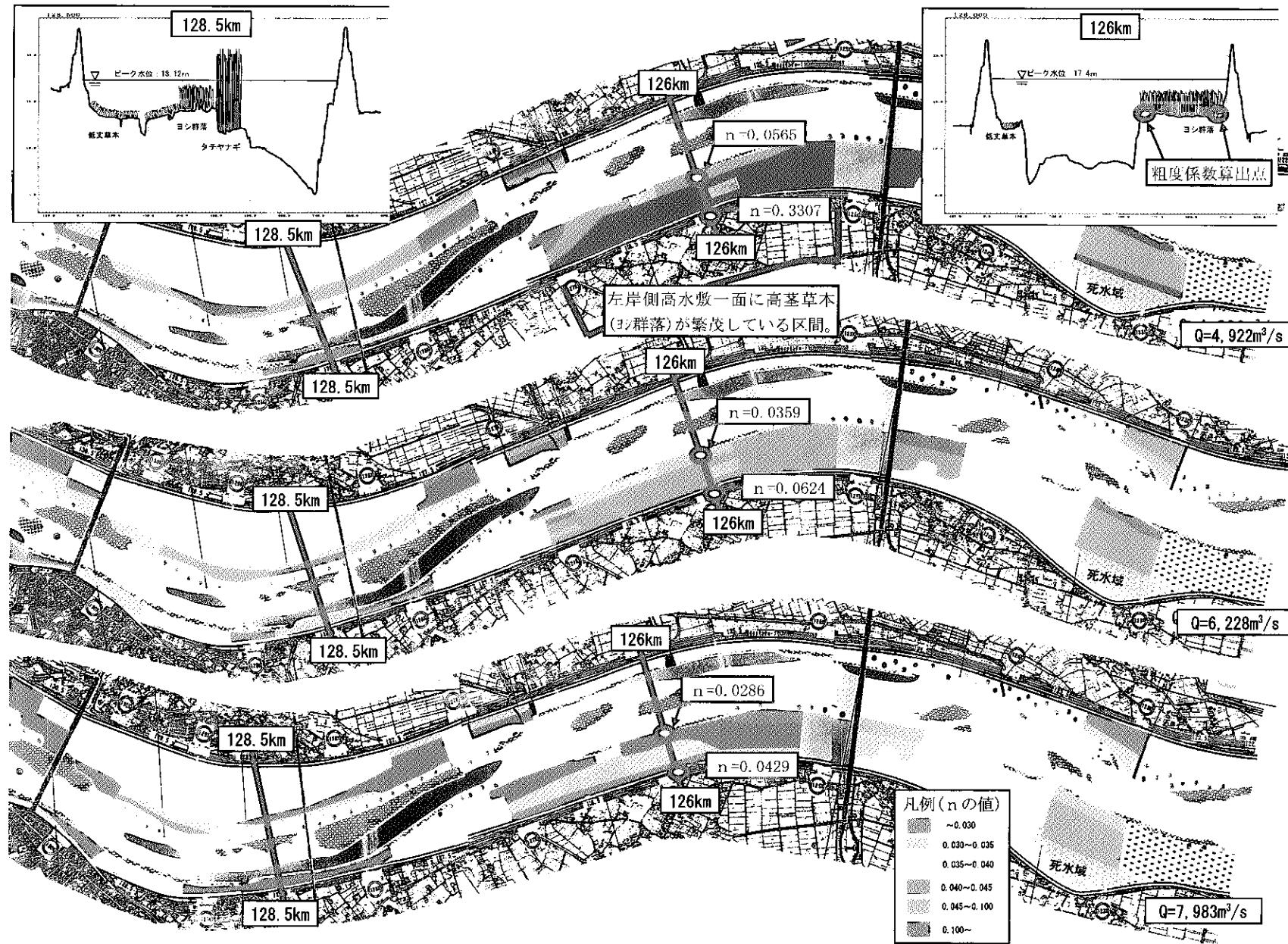


図-14 流量の増加に伴う高水敷粗度係数の関係

図-12に水位計算結果の縦断図を示す。これより、痕跡水位と計算水位の差は最大12~13cm程度となり、洪水位を再現できたと考えられる。なお、図中の痕跡水位の平均値とは、左右岸の痕跡水位の平均を取ったものである（ピーク流量による水位計算）。

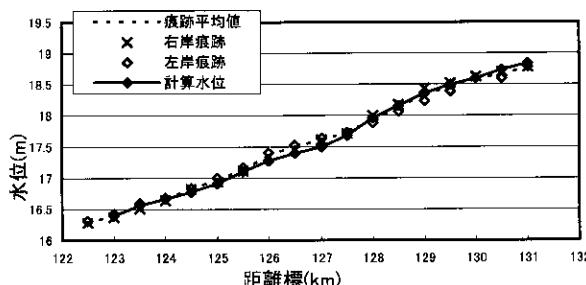


図-12 倒伏プロセスを考慮した水位計算結果

また、図-13に示す実際の洪水ハイドログラフより、洪水の上昇期の流量2ケースと、洪水のピーク流量1ケースの、計3ケースの流量で計算を行い、流量の違いによる高水敷の粗度係数の変化を算定した。比較を行う断面としては、図-14に示す高茎草本が高水敷一面に繁茂している126km右岸側の高水敷の堤防側と水際で粗度係数の比較を行った。その結果、図-14、および表-2に示すように、126km地点右岸側で比較すると、同一流量時の堤防側と水際の粗度係数は、水際の粗度係数が小さくなる。また、流量増に伴い、堤防側、水際ともに粗度係数が小さくなるという、実現象に近い結果を得ることができた。

しかしながら、この手法については、他の河川等で検証を行い、倒伏モデルの精緻化、高水敷分割の適正化、収束計算に用いたパラメータ $u^2 h$ の評価を行う必要があることなど、課題は多く残されている。

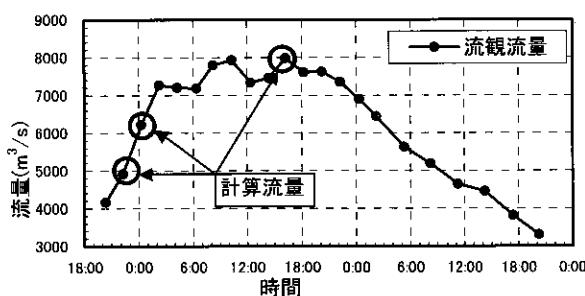


図-13 流量ハイドロと計算流量

表-2 流量と粗度係数の関係

|     | 流量(m³/s) | 水深(m) | 流速(m/s) | 粗度係数   |
|-----|----------|-------|---------|--------|
| 堤防側 | 4922     | 1.65  | 0.1     | 0.3307 |
|     | 6228     | 2.22  | 0.4     | 0.0624 |
|     | 7983     | 3.11  | 0.7     | 0.0429 |
| 水際  | 4922     | 1.45  | 0.7     | 0.0565 |
|     | 6228     | 2.17  | 1.1     | 0.0359 |
|     | 7983     | 3.18  | 1.5     | 0.0286 |

## 2-6 粗度管理の必要な河川の判定方法の提案

草本が倒伏することが明確な河川については粗度管理の必要性は小さい。したがって、ここでは、草本の繁茂状況、 $h/h_v$ による倒伏判定、水位に対する影響等を考慮した草本粗度管理の必要のある河川の判定方法を図-15の様に提案した。

適用に当たっては、対象河川の特性を考慮したフローを考える必要があることは当然である。

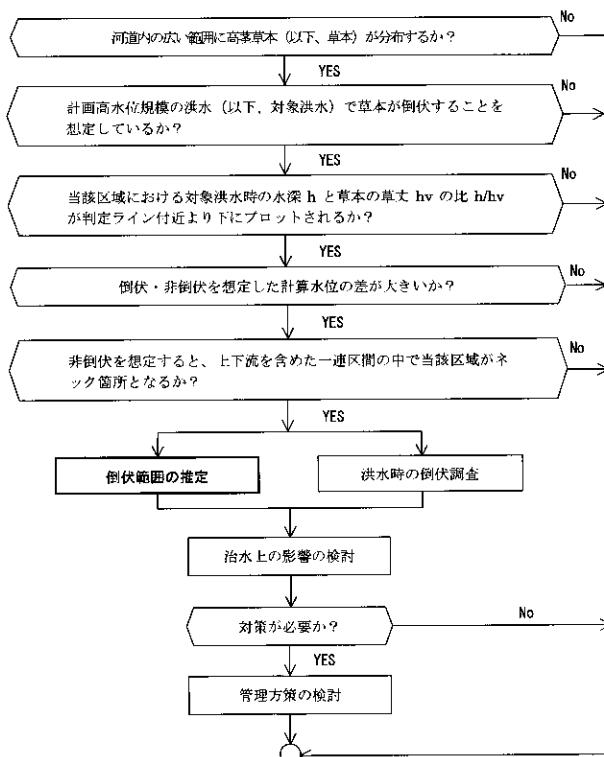


図-15 粗度管理の必要性の考え方

また、図-15のフロー中に示した、草本倒伏の平面的な範囲の推定については、不明な点が多く残されている。ここでは、今までに得られている知見を基にした倒伏範囲の推定フローを図-16に示す。適応に際しては、現地の草本の生育状況や、実際の洪水による倒伏状況について十分に配慮し、その結果を再検証していくことが必要である。

- ①河道全体の流れが単断面か複断面かでの判断を行う。単断面であれば、 $h/h_v$ とiによる倒伏・非倒伏の判定ライン（図-7）で判断する。
- ②高水敷上に部分的に高茎草本が生育する場合、粗度としての作用が小さいので、ここでは①と同様に、 $h/h_v$ とiによる倒伏・非倒伏の判定ラインで判断する。
- ③高水敷全面に高茎草本が生育する場合は、次のように考える。

- ・水深が深く、 $h/h_v$ とiによる倒伏・非倒伏の判定ラインで明らかに倒伏すると判定される場合は全面倒伏する。
- ・全面倒伏が明確でないときの倒伏範囲の推定には、既往洪水による倒伏状況や、現地での草本の物理定数調査を行い判断することが必要である。

その際、一つの計算手法としては、前項で示した粗度係数の試算により推定し、以下の様な判断を行うことが大切である。

- ・低水路の速い流速が作用する範囲では倒伏判定が満たされると倒伏（粗度係数が低下）する。
- ・低水路の影響を受けない範囲は、それ以外の範囲に流れが集中するため、死水状態に近い（粗度係数が大きい）流れとなり倒伏しない。

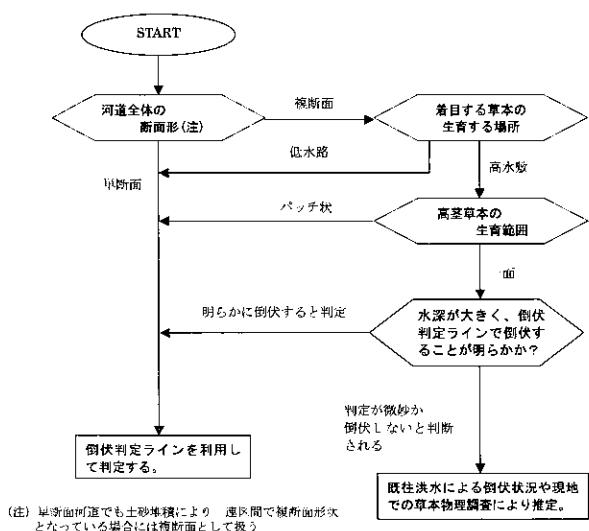


図-16 倒伏範囲の推定

### 3. おわりに

本稿では、草本の倒伏と粗度係数の関係について行った調査研究を主にとりまとめたが、高水敷草本の平面的な倒伏の判断については考え方を示すにとどまっている。今後は、この高水敷草本に関する残された課題について、現場での管理を行う上で十分に配慮した適用を行い、その結果得られた知見を蓄積し再検証することが必要であると考える。

本研究を進めるに当たり、広島大学大学院工学研究科 福岡 捷二教授、国土交通省河川局治水課、中国地方整備局をはじめとする各地方整備局、国土技術政策総合研究所、土木研究所などの関係者の方々に多大なるご支援とご協力を頂きました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

### <参考文献>

- 1) 土木研究所資料第3489号、洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工、粘性土、植生の挙動、建設省土木研究所河川部河川研究室、平成9年11月
- 2) 堤防の植生管理について（中間報告）、第49回管内技術研究会、建設省中国地方建設局山口工事、平成10年度
- 3) 土木研究所資料第2074号 越水堤防調査最終報告書－解説編－昭和59年3月、建設省土木研究所
- 4) 福岡ら、堤防法面張芝の侵食限界、水工学論文集第34巻
- 5) 福岡ら、越水を伴う洪水流による堤防被災機構の調査およびその解析、土木技術資料30-3、1988年
- 6) 多自然型川づくりにおける植生護岸の耐侵食性的評価、平成9年度管内技術研究発表会論文集、建設省近畿地方建設局猪名川工事事務所、平成9年7月
- 7) 耐侵食性業務委託報告書、建設省四国技術事務所、平成6年、7年
- 8) 荒川下流河川環境管理業務報告書、建設省関東地方建設局荒川下流工事事務所、平成8～12年
- 9) 堤防植生管理指針（案）、建設省東北地方建設局河川部河川管理課、平成11年4月
- 10) 平成10年度堤防環境管理業務報告書（木曽川下流）概要版、平成11年3月
- 11) 芝堤の耐力試験に関する調査業務報告書、建設省東北地方建設局岩手工事事務所、平成8年
- 12) 藤田ら、植生の耐侵食機能を考慮した侵食防止シートの開発、土木技術資料、2000年