

千代川における砂州上の植生管理に関する研究

藤田正治・広重敬嗣・檜谷 治*・梶川勇樹*

* 鳥取大学工学部

要 旨

河道における過剰な植物の繁茂はその河川の治水上の弱点になることがあるが、一方、河川環境の一要素として重要でもある。したがって、適切に植生を管理する必要があるが、その際自然洪水が植生の流失にどの程度貢献するのかを明らかにする必要がある。本研究では、鳥取県千代川で2004年に発生した洪水前後の砂州上の植生の変化を写真解析と水理計算から検討する。また、従来の植生の遷移過程に関する従来の知見を使って植生の経年変化をシミュレーションし、伐採や人工洪水が植生分布に与える影響について検討する。

キーワード: 植生, 砂州, 洪水, 河川管理, 河床変動

1. はじめに

近年、わが国では、山地流域からの土砂流出量の減少や上流域に建設された貯水池の影響により、河川中下流域では一般的に河床低下にあることが指摘されている(末次,2004)。その結果、多くの河川では水みちが深くなり、砂州が固定化され、砂州上の植生が樹林化している箇所も少なくない。過剰な植物の繁茂は洪水の疎通能力を低下させ、その河川の治水上の弱点になるだけでなく、流木の発生源にもなることから問題視されている。一方、植生は河川生態系を構成する一要素としても重要であり、適度な頻度で適度な攪乱が河道に与えられることが植物の多様性に重要であることが指摘されている。好ましい植生の状態がどのようなものであるかという問題に対して、明確な答えが得られているわけではないが、今後この点を明らかにして治水と環境の観点から適切な目標を設定し、植生を管理する必要がある。

植生管理の上で、確率的に与えられる様々な規模の自然洪水のインパクトを考慮しながら、植生の遷移過程を正しく評価しておく必要がある。そのような検討の中で、自然洪水の役割と限界を見極め、必要に応じて人工洪水や伐採などの手法を用いて、植生管理を適時行うことも必要となろう。

本研究は、以上のような観点から、まず、鳥取県

千代川を対象にして、2004年9月および10月に発生した自然洪水前後の河道内の植生の変化について衛星写真等を用いた解析と水理計算から検討する。また、様々な規模の洪水による植生の流失を従来の知見を使って評価しながら、植生の遷移過程をシミュレーションし、伐採や人工洪水が植生分布に与える影響についても検討する。

2. 千代川の概要と解析対象洪水

2.1 解析対象区域および植生分布

千代川は鳥取県八頭郡智頭町の沖ノ山に端を発し、佐治川、八東川、私都川、袋川などの支川を合流しながら鳥取県東部を流れている。本研究で対象にする千代川および袋川の流域面積はそれぞれ1190km²、95.5 km²、流路長はそれぞれ52km、24kmである。Photo 1は千代川と袋川の衛星写真で、写真中の10~34の番号は本研究で植生地の面積変化の解析の対象とした地点番号である。

2002年の植生調査(国土交通省, 2002)によると、千代川ではツルヨシ群落は河口から3~26km、オギ群落は河口から1~24kmに分布しているのが確認されており、本河川の植物群落において最も広い面積を占めている。河川管理、公共施設の建設等の目的で造成された場所、洪水の影響を受けた場所など

には、ヨモギ・メドハギ群落、メヒシバ・エノコログサ群落、シナダレスズメガヤ群落が広く分布しているのが確認されている。また、ヤナギ高木林は 6～11km の高水敷に分布している。

袋川は河床勾配が急で、中・上流域では滞筋が複雑になり、環境が多様になると共に、土砂が堆積した場所にはツルヨシ群落が発達し、その外側にオギ群落やクズ群落やカナムグラ群落、セイタカアワダチソウ群落等が分布している。

2.2 最近の洪水履歴と検討対象洪水

Fig.1 は 1996 年以降の主な洪水記録を示したものである。図中には、洪水資料から求められた各確率洪水流量も示されている。最近では、1998 年 10 月の洪水が最も大きく、流量は約 $3600\text{m}^3/\text{s}$ で、20 年確率洪水流量を超える洪水であった。続いて、2004 年の 9 月と 10 月の洪水が大きく、流量は $3000\text{m}^3/\text{s}$ 程度で、それらは 10 年から 20 年確率の洪水である。これらの洪水の間の期間は、それほど大きな洪水は記録されておらず、2 年から 5 年確率の洪水がときどき発生している程度である。

本研究では、洪水前後の植生分布の変化を調査し、洪水が植生に与えるインパクトを明らかにすることが目的のひとつであるが、解析の対象洪水とするのは 2004 年の 9 月と 10 月の洪水である。

2.3 用いた写真および資料

2004 年の 2 つの洪水が植生に与えるインパクトを調べるために、Table 1 のような資料を用いた。まず、2004 年の 2 つの洪水の前後の状態として、2004 年 3 月

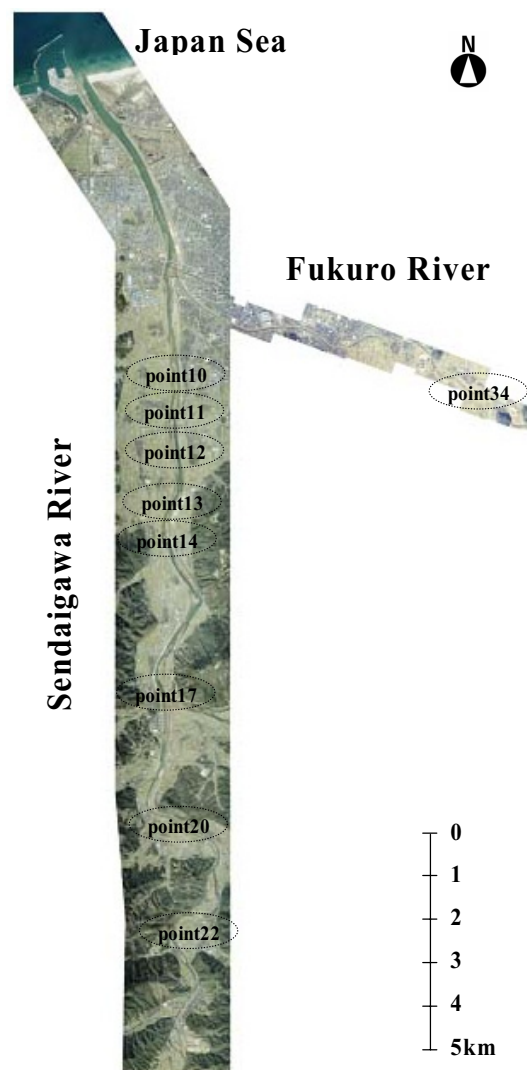


Photo 1 Investigation reach in Sendai River and Fukuro River
(Photo: NTT DATA CORPORATION/CNES/Spot Image Distribution)

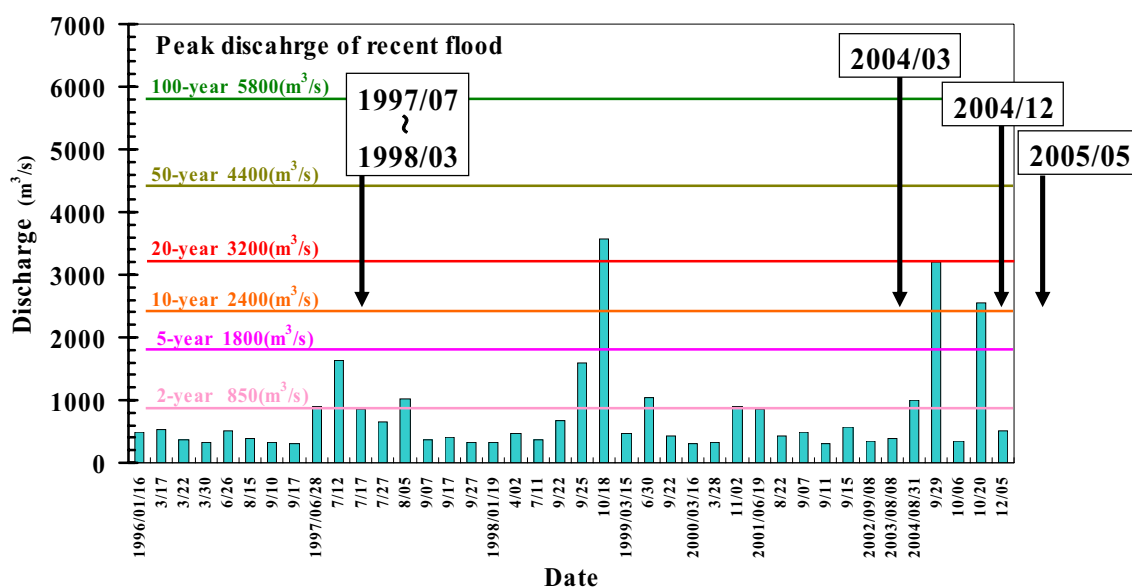


Fig.1 Flood record at Gyotoku station of Sendai River

19日および2005年5月4日のSPOT衛星写真を用いる。これらの写真の解像度は2.5mである。2004年12月には航空写真が撮られており、洪水直後の状況としてこれも活用する。また、1997年7月から1998年3月に、千代川水系において、河道調査と植生調査が行われている（国土交通省中国地方建設局鳥取工事事務所、1998）。そこで、以前の砂州の形状、植生の分布を知るためにこの資料もあわせて解析した。これらの資料が洪水履歴の中のどの時期に相当するのかは、Fig.1に示すとおりであり、1998年3月の植生調査後、同年10月に20年確率以上の洪水を受けた後、2年確率程度の洪水が続いていたが、2004年に20年確率程度の洪水を2回受け、その前後の衛星写真と航空写真が解析素材として用いられる。

さて、このような資料に基づき河道内の植生地や裸地の面積変化を解析するにあたり、下記のような問題点が挙げられる。

- ① それぞれの資料で流量が異なるため、陸域面積が異なる。
- ② 写真撮影や調査季節が異なるため、植物の繁茂状況に差がある。

このような問題点に対してデータを補正することは難しいので、ここではこのような問題点による誤差があることを念頭において解析を進めることにする。

3. 洪水による植生の流失

3.1 概説

2004年の洪水は20年確率程度の洪水であったが、このような洪水で河道内の植生がどの程度流失し、裸地が増加するのか、また、1998年以降の植生分布の変化の実態を探るために、衛星写真や航空写真の輝度分布解析および資料調査を行った。

辻本ら(2001)および砂田ら(2002)は、河道内を植生域、裸地域、水域に分類し、それぞれの面積を求めるために、輝度やRGB値の分布を指標とした解析を行っている。しかし、水面の輝度が他の地域とオーバーラップすることなどの理由により、全域を正確かつ機械的な方法で植生、裸地、水域に分類することは困難であるとしている。そのため、一度目視によって河道内全体を植生、裸地、水域に分離しなければならぬと指摘している。このような結果を踏まえ、本研究では目視による判別が容易な水域をあらかじめ解析の対象から除外し、抽出した陸域のみに対して、植生と裸地に分類し、その面積を求めることを試みた。また、より客観的かつ機械的に河道内の陸域を分類するために、各種陸域間の輝度の

Table 1 Analyzed data

Date	Material
July, 1997 to March, 1998	Report
March 19, 2004	SPOT Image Distribution (Resolution of 2.5m×2.5m)
December, 2004	Aerial photo
May 4, 2005	SPOT Image Distribution (Resolution of 2.5m×2.5m)

閾値を適切に決める方法および各種陸域の輝度の確率分布を最小二乗法によって合成し、各種陸域の比率を求める方法を考えた。

解析の対象として、Fig.1の範囲内のうち、現地調査の結果、河川工事等の人為的な影響の少ないと思われる千代川の地点10～22、および袋川の地点34を選択した。これらの地点の写真の例として、Photo 2に地点11の2004年3月および12月、2005年5月の写真を示す。これらの写真を見ると、裸地（白っぽい箇所）、草本（淡い緑）、木本（濃い緑）、その他（枯れ草のような箇所）がある程度識別されることがわかる。また、2004年3月と2004年12月の写真より、2004年9月と10月の洪水により、砂洲の上流側が侵食され、植生も消失し、裸地化していることがわかる。また、2005年5月の写真から、木本類は残存していることも伺える。

3.2 解析方法

(1) 解析の準備

植生地と裸地を分離し、それぞれの面積を求めるための準備として、下記のような処理を行う。

- ① 各資料・写真から同じ対象範囲を切り出す。
- ② 目視によって堤内地と滞筋を除外し、河道内の陸域を抽出する。
- ③ 陸域の中で、目視によって明らかに植生または裸地であると判断できる地域のみをサンプルとして選択し、それぞれの輝度の平均および標準偏差を求める。

植生地をさらに細かく木本、草本、その他（枯れ草等）に分離し、それぞれの面積を求めるための準備として、下記のような処理を行う。ただし、その他（枯れ草等）という分類は、写真上で草本と裸地の判別が難しい、例えば礫河原に疎らに草本が繁茂した地域や、明度の高い枯れ草に対して、草本と裸地の中間域として便宜的に設けたものである。そのため、枯れ草等のサンプルに対する輝度の正規分布は、草本と裸地の輝度の確率分布の平均値と分散値を平均して作成する。

- ① 各資料・写真から同じ対象範囲を切り出す。
- ② 目視によって堤内地と滞筋を除外し、河道内の



Photo 2 Samples of Spot image distribution and aerial photo

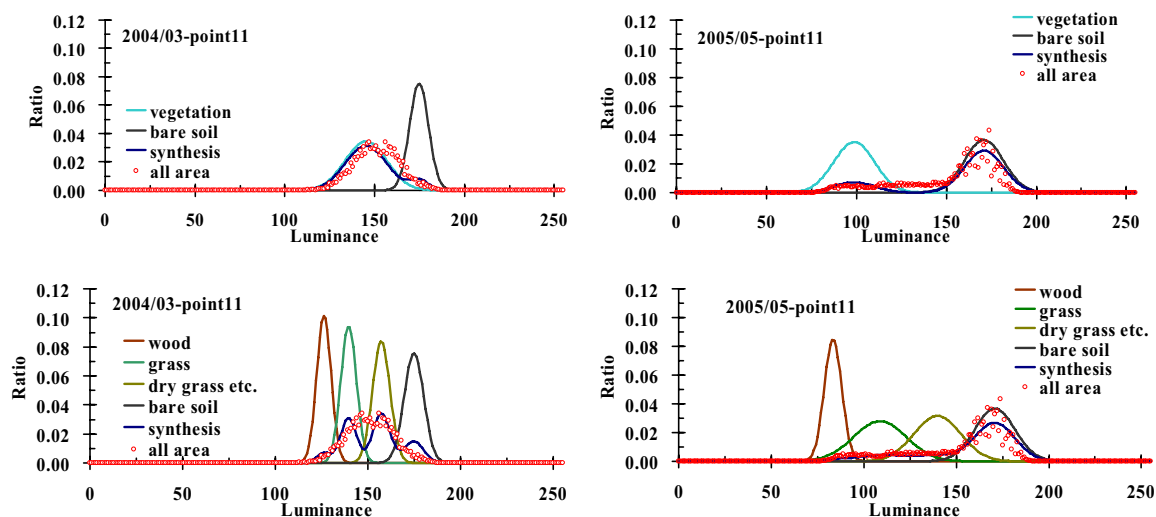


Fig.2 Result of synthesized p.d.f. of luminance

陸域を抽出する。

- ③ 陸域の中で、目視によって明らかに木本、草本、その他（枯れ草等）、または裸地であると判断できる地域のみをサンプルとして選択し、それぞれの輝度の平均および標準偏差を求める。

(2) 閾値を用いた分離法 (Method 1)

(1)の準備により、植生・裸地、または木本・草本・枯れ草・裸地の輝度の平均値と標準偏差が求められている。植生地と裸地の分離は、それぞれの輝度の確率分布を正規分布と仮定し、植生の超過確率と裸地の非超過確率が等しくなる輝度を植生と裸地の閾値として行う。同様に、木本と草本、草本と枯れ草、枯れ草と裸地の超過確率と非超過確率が等しくなる輝度をそれぞれの閾値とし、植生地をさらに細かく

分類する。

解析対象の陸域全体の輝度の確率分布をこれらの閾値で分割し、分割された部分の確率から全体に占めるそれぞれの割合を算定する。

(3) 確率分布の重ね合わせによる方法 (Method 2)

まず、植生と裸地に分ける方法について述べる。輝度を整数として、植生の輝度の確率分布を離散化したものを F_1 、裸地のそれを F_2 とする。ある陸域に植生地と裸地が $m : (1-m)$ の比率で含まれているとすると、離散化した陸域全体の輝度の確率分布 S は以下のように表される。

$$S(l) = m \cdot F_1(l) + (1-m) \cdot F_2(l) \quad (1)$$

ここで、陸域全体を対象にした各輝度の頻度のデータを G とする。

m は最小自乗法により,

$$H = \sum_{l=1}^{255} \{S(l) - G(l)\}^2 \rightarrow \min \quad (2)$$

に対する値として求められ, これから, 植生と裸地

の面積比が計算される。

木本, 草本, 枯れ草等, 裸地の分類も同様の方法で各比率が同定される。しかし, 各係数が負の値や, 1 より大きくなる場合があり, そのときには, 各比率が 0 以上 1 以下という条件の下で, この最小問題

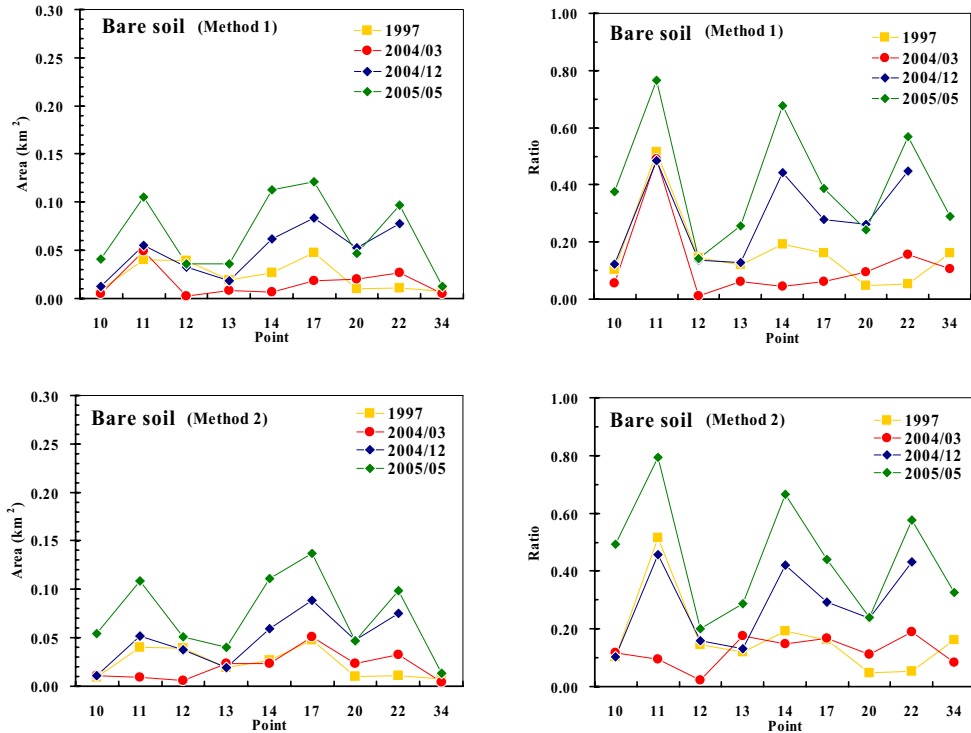


Fig.3 Change of bare soil area

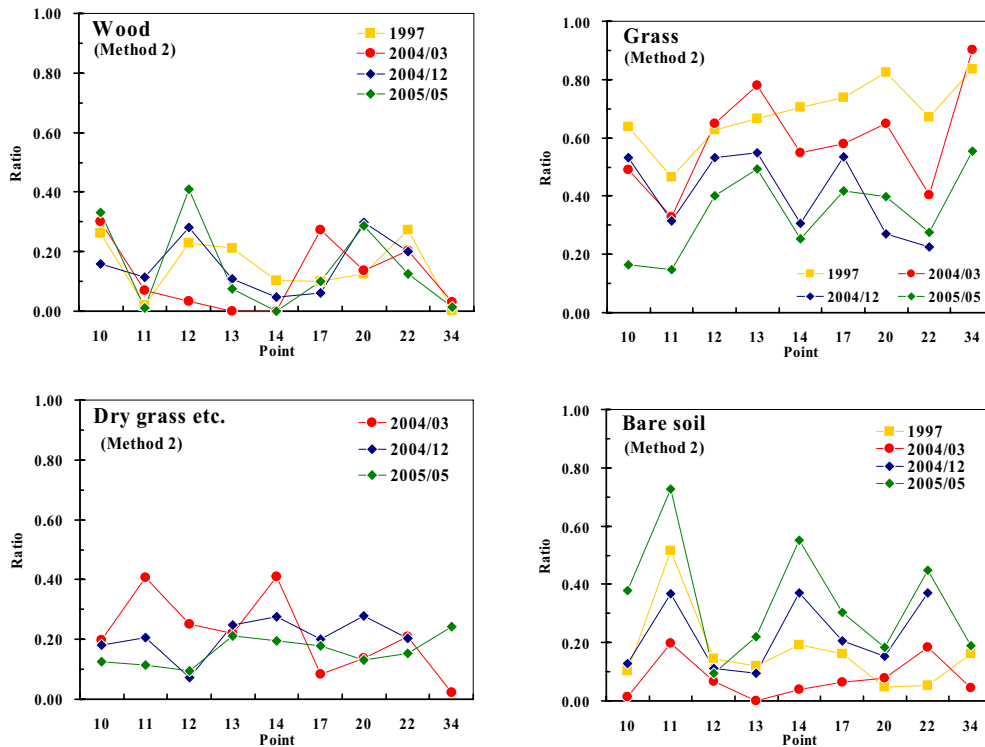


Fig.4 Change of bare soil area, grass area, wood area and dry grass area

を解かなくてはならない。

Fig.2 は千代川の地点 11 における各陸域の輝度の確率分布を合成した結果とその地点の陸域全体の輝度の確率分布を比較したものである。必ずしも、合成した確率分布は全体の確率分布と等しくないが、両者はある程度一致しており、各種陸域の比率としては適切な値が求められたと考えられる。

3.3 洪水による裸地の拡大

陸域を植生地と裸地に分類する解析結果から、2004 年の洪水によって裸地がどの程度拡大したのかについて検討する。また、1997 年の資料から、図面から求めた木本と草本の繁茂する面積の合計を植生地の面積として、裸地面積と植生地面積を求める。

Fig.3 は 3.2 で述べた 2 つの方法による裸地面積と陸域に占める裸地の割合を求めた結果を示したものである。閾値による方法と確率分布の重ね合わせの方法を比較すると、2004 年 3 月の結果が地点によっては異なる評価となったが、その他の時期についてはどちらの方法でも概ね近い結果となった。そこで、以降は後者の方法による結果を用いて考察する。

Fig.3 より、1997 年から 2004 年 3 月までの変化を見ると、ほとんどの地点で裸地が増加していることがわかる。この間には 1998 年 10 月に 20 年確率を超える洪水が生じているが、その後、6 年間大きな洪水がなく、その間に植物が繁茂していったものと考えられる。2004 年 3 月と 2004 年 12 月を比較すると、この年の 9 月と 10 月の洪水によって植生の一部が流出し、陸域の半分近くが裸地化し、すべての地点で裸地が増大している。2004 年 12 月から 2005 年 5 月には、さらに植生が減少、裸地が増加している。この要因として、一部の植生は 2004 年の洪水後残存していたが、地形変化や河床材料の変化のため半年のうちに衰退していったということが推察される。あるいは 2005 年の融雪出水で流失したことが主要因かもしれない。12 月から 5 月にかけて、通常であれば植物の繁茂量は増大するものと思われるが、時期的な影響を差し引いても通常とは逆の変化を見せていることから、このような要因が植生に大きな影響を及ぼしているものと想像される。

3.4 洪水による木本、草本の流失

Fig.4 は、植生を草本、木本、その他（枯れ草等）に分類して、裸地とともに、それぞれの面積および占有面積率の変化を示したものである。ただし、1997 年の資料には木本、草本、裸地域は示されているが、枯れ草等に対応する分類がないため、1997 年の枯れ草のデータはなく、枯れ草の面積は草本に

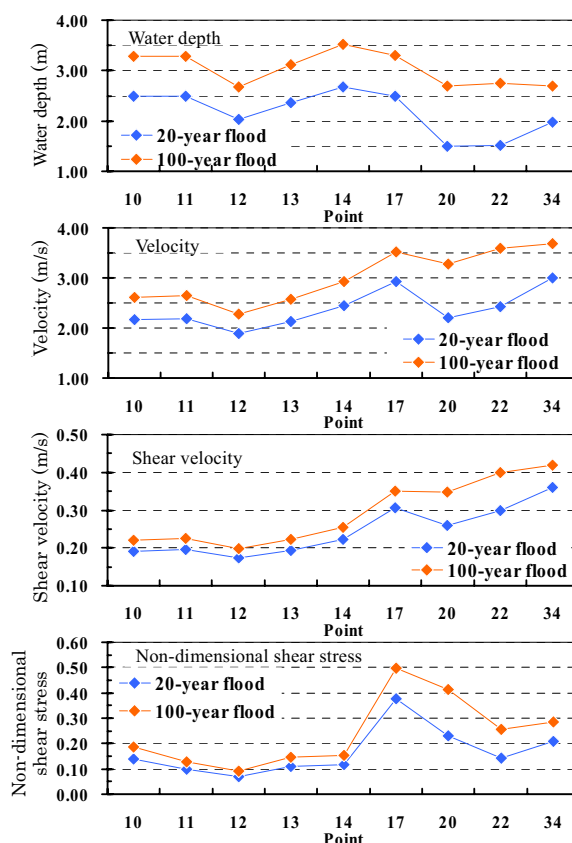


Fig.5 Hydraulic condition for 20 year flood and 100 year flood

含まれているものと思われる。

2004 年 3 月から 2004 年 12 月にかけては、木本は増加した地域と減少した地域があるが、全般的にはあまり変化していない。したがって、千代川において、20 年確率規模の洪水は木本の流失を引き起こすほどの影響を与えないものと推測される。一方、草本については全域的に減少、裸地については全域的に増加する傾向を見せた。2004 年 12 月から 2005 年 5 月にかけても、木本はほとんど変化を見せず、草本は減少、裸地は増加している。この理由は前述の通りである。

3.5 考察

植生の流失は洪水時の掃流力と関係していると考えられる。すなわち、掃流力がある基準値を超えると、植生が流失するものと考えられる。そこで、このことを確かめるために、簡単な水理計算を行って、掃流力と植生の流失の関係を考察する。

水理計算は、20 年確率洪水流量の条件下で、粗度係数に Bray 式を用い、等流を仮定して行われた。参考のため 100 年確率洪水に対しても計算を行っている。また、千代川の河床材料の 50%粒径（国土交通

省，2003）を用いて，無次元掃流力も求めた。Fig.5 はその結果を示したもので，各地点の水深，平均流速，摩擦速度，平均粒径に対する無次元掃流力の値を示している。2004 年の洪水と同等の 20 年確率の洪水に対しては，無次元掃流力は 0.08～0.4 の範囲にあり，本川の地点 14 を境に，上流側と下流側で値が大きく変化している。

さて，植生が流失するときの平均粒径に対する無次元掃流力の基準値については，多摩川と千曲川で調査されている（国土技術政策総合研究所，2004）ので，ここではこれを引用する。その結果によると，ヨモギは無次元掃流力が 0.05～0.10 の間で，クズは 0.07～0.11 の間で，ツルヨシは 0.11 以上で，オギは 0.13 以上で流失する。すなわち，大きく分類すると，無次元掃流力が 0.05～0.10 で流失する洪水耐力の弱い草本と，0.10～0.15 で流失する強い草本に分けられる。この結果を Fig.5 に示した等流計算の無次元掃流力と照らし合わせると，本川下流の地点 10～14 では，2004 年の洪水時，洪水耐力の弱い草本のみが流失するが，本川上流の地点 17～22 および袋川の地点 34 においては，すべての草本が流失し得ることが推察される。Fig.3 および 4 を見ると，上流ほど植生地の裸地化が進んでいる傾向があり，水理計算による結果とその傾向がほぼ一致する。

4. 数値計算による植生の流失に関する検討

4.1 平面 2 次元河床変動計算

平面 2 次元の流況および河床変動の数値解析モデルとして，浅水流方程式と混合砂礫の 2 次元河床変動計算に基づく檜谷・梶川の解析プログラムを使用する。彼らのモデルでは，植生の流れに対する影響については，付加抵抗を基礎式に導入することとはせず，植生域に相応の粗度係数を与えることで考慮している。また，河床変動計算では，局所的な河床勾配の影響も考慮している。流砂としては，掃流砂のみを対象としている。数値計算には MacCormack 法を用いている。

計算対象区間は袋川の地点 34 に架かる新麻生橋の約 100m 上流から上河原堰下流までで，ここは千代川合流地点から約 7.8～8.5km の区間にあたる。Photo 3 はこの区間の 2004 年 3 月と 2005 年 5 月の衛星写真を示したものである。これらの写真を比較して分かるように，2004 年 3 月時点で左岸側に偏っていた流路が 2005 年 5 月には右岸側にも形成されるなど，2004 年の洪水による河道地形の大きな変化がみられ，植生の流失も顕著である。

計算に用いた河床形状は 2006 年 11 月に測量によ



2004/03/19.



2005/5/4

Photo 3 Reach for 2-D flow and bed variation analysis

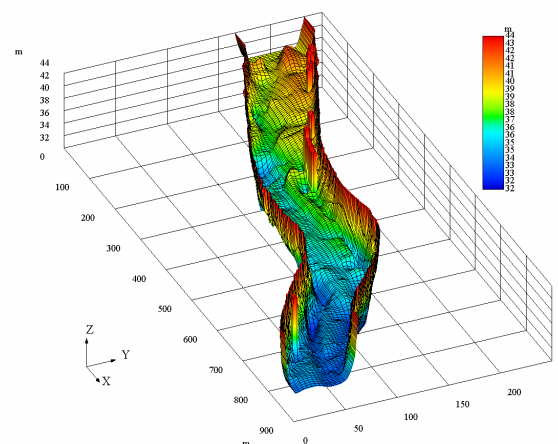


Fig.6 Topographical data for simulation

り作成した。測量は約 50m 間隔で行われたが，データが密な地域と疎な地域があり，データの疎な地域はデータを補完する必要がある。また，計算は 2m 格子で差分計算を行うが，そのために，測量データおよび補正データから内挿によって格子点における河床位を求めた。さらに，その格子データを現地の写真と比較して，実態に合うように修正し，計算の都合上，上下流端に 40m ずつ仮定の整流区間を設け，

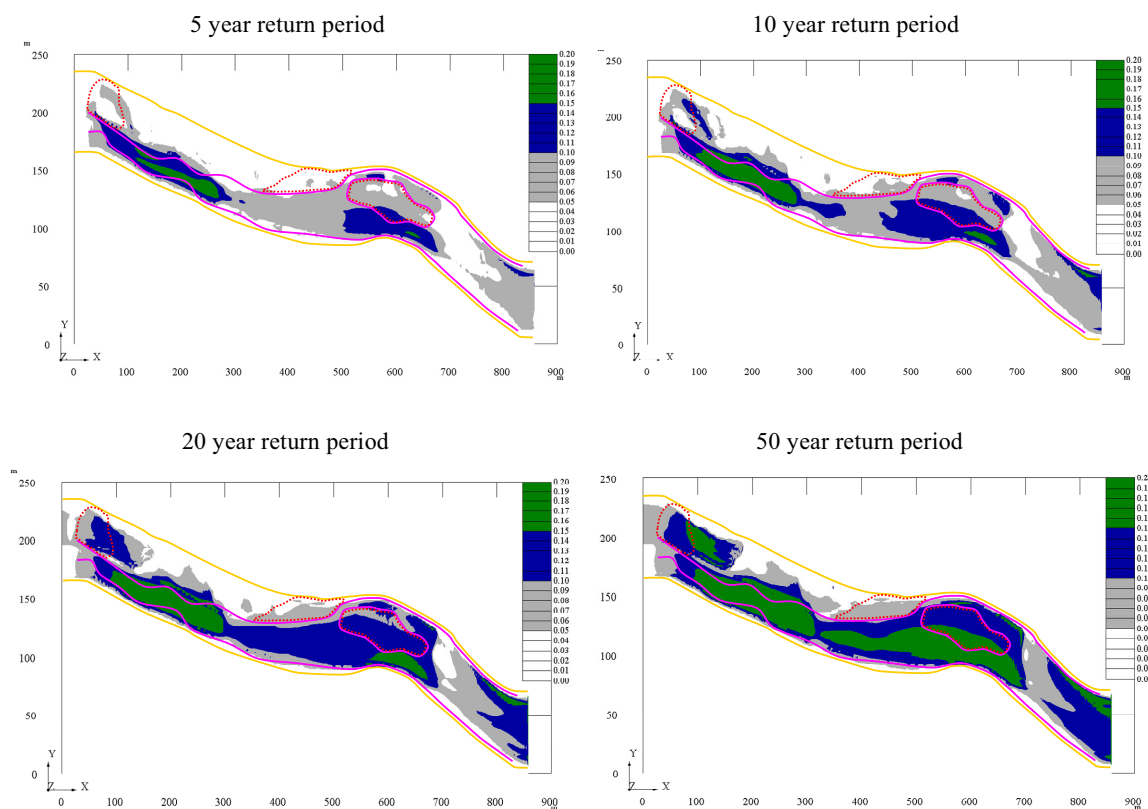


Fig.7 Distribution of non-dimensional bed shear stress

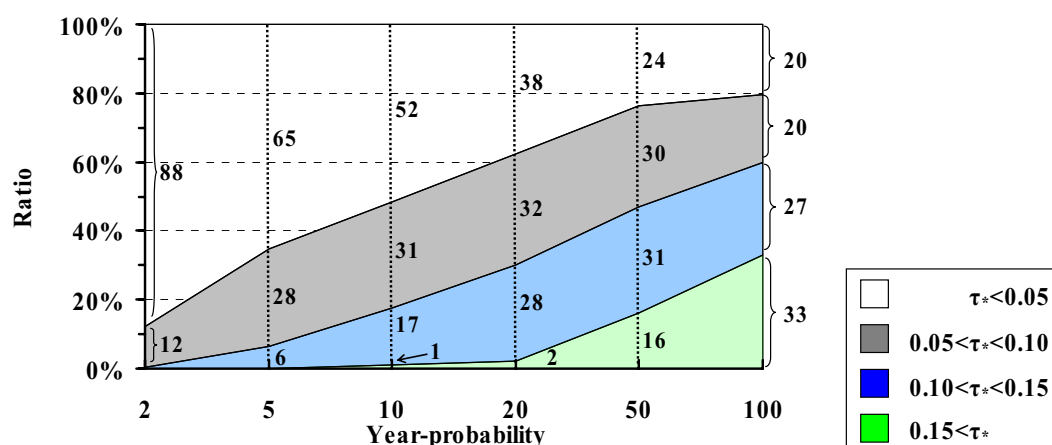


Fig.8 Ration of area for the ranges of non-dimensional bed shear stress

左右堤防から水が溢れることのないように、河道以外の範囲では仮定の壁を設けた。また、現地測量時に河岸に見られた樹木の密生地域は死水域と考え河床を側壁と同じ高さに設定した。Fig.6はこのようにして作成された河床位データを示したものである。

4.2 洪水規模ごとの植生消失の予測

様々な規模の洪水に対する地形変化や裸地面積の

変化を調べる。流量は千代川行徳地点における確率年洪水流量を参考に、行徳地点と袋川宮ノ下地点の計画高水流量の比から袋川の2年、5年、10年、20年、50年、100年確率洪水流量を求めた。

Fig.7は2006年11月時点の河道に、5、10、20、50年確率洪水が1時間与えられたときの、無次元掃流力のコンターを示したものである。図中には洪水前の砂洲の形状も示されている。

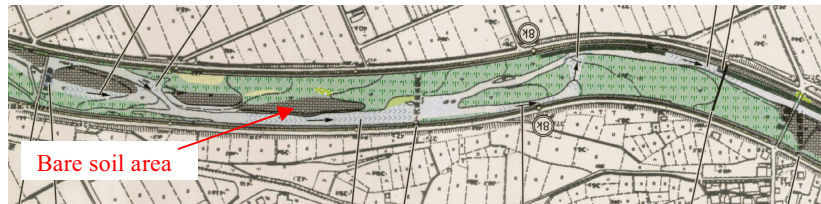


Fig.9 Situation of Point 34 in Fukuro river, in 1997 (Ministry of Construction, Tottori Construction Office, 1998)

まず、各確率年洪水規模に対する河床位変化は図示していないが、その概要は下記のようなものである。流量が増えるに従って徐々に河道地形が均され起伏が減り、流量が50年確率洪水($440 \text{ m}^3/\text{s}$)になると上流部の河岸上もかなり平たくなり、下流部の砂州がはっきり分からなくなるようになる。Fig.7では、無次元掃流力が $0.05 \sim 0.10$ の部分は灰色、 $0.1 \sim 0.15$ は青色、 0.15 以上は緑色で図示されているが、5年確率洪水では、流路からの比高の小さい砂州部と流路に近い河岸部にしか、植生の流失をもたらす 0.05 以上の掃流力は働かないことがわかる。10年確率洪水になると、砂洲上にも無次元掃流力が 0.10 を超えるような掃流力が働き、50年確率洪水になると比高の大きい部分を除く河道内のほぼ全域で無次元掃流力が 0.10 以上になっている。

種々の規模の洪水によって陸域の何%が裸地になるのかを知るために、各洪水規模に対して、平時の陸域全体を4つの無次元掃流力範囲に分割し、それぞれの無次元掃流力が働く面積割合を算出した。Fig.8はその結果を示したものである。図中の灰色の部分は洪水耐力の弱い草本が流失するような条件の場所の割合、水色の部分は洪水耐力が強い草本も流失するような場所の割合を示す。

5. 植生管理に関する一考察

5.1 概説

好ましい河川生態系として、河道内の植生に攪乱を与えることが重要であることは指摘されているところであるが、適切な攪乱の規模と攪乱の頻度に関しては、まだ明確な答えが出されていないのが現状である。自然洪水によっても植生に攪乱を与えることはできるが、もしも上流に貯水池が建設され、十分大きな規模の洪水の発生確率が低くなる場合、人工洪水や伐採といった人的な管理が必要になるであろう。そこで、自然洪水によって植物の分布がどのように変化し、また、人工洪水や伐採といった行為がどのような影響を与えるのかといったことについては、十分検討しておく必要がある。そこで、千代

川支流の袋川の地点34に対して、既往洪水による植生分布の変化、人工洪水の及ぼす植生分布への影響、伐採の影響などについて検討する。

5.2 草本類の流失条件

千代川の植生調査によれば、袋川の地点34には、一年生草本ではカナムグラ群落が分布し、多年生草本ではヨモギ群落、クズ群落、ツルヨシ群落、オギ群落、セイタカアワダチソウ群落、ヤブガラシ群落が繁茂している。木本としてはヤナギ群落が分布している。ここでは、簡単のために、これらの中で洪水による流失条件の知見が得られているヨモギ、ツルヨシ、オギ、クズの4種がこの一帯の植生遷移の要素となっていると考える。前述したように、多摩川と千曲川の植生が流失する無次元掃流力の結果を平均すれば、ヨモギは洪水の無次元掃流力が $0.05 \sim 0.10$ の間で、クズは $0.07 \sim 0.11$ の間で、ツルヨシは 0.11 以上で、オギは 0.13 以上で流失するという結果が得られている。ここでは、これらの値を各草本が流失する基準値とする。

Fig.9は1997年の現地調査資料から抜粋した地点34の植生・裸地分布図を示したものである。1997年の調査直前には5年確率規模の洪水が発生しているが、Fig.9では対象区間上流部の左岸側流路沿いが裸地となっている。これと、Fig.7の5年確率洪水時の無次元掃流力分布を照らし合わせると、該当部分には $0.10 \sim 0.15$ の無次元掃流力が働くと推測され、前述した基準値を用いると草本がすべて流失することになる。このことは、ここで設定した草本の流失条件が適切であることを示唆するものである。

写真解析では、洪水前の2004年3月と洪水後2005年5月で、木本は3%から2%へ1%減少、草本は91%から67%へ24%減少、裸地は6%から31%へ25%増加という結果となっている。一方、Fig.8の数値計算による20年確率洪水による無次元掃流力の分布割合では、30%の範囲で 0.10 以上の無次元掃流力が働き裸地化することが推測されている。このように、写真解析と数値解析の結果を比較すると、両者の示した結果はおよそ一致していることが分かる。

5.3 植生の遷移過程のシミュレーション

多摩川および千曲川において調査された草本植生の出現・遷移形態(国土技術政策総合研究所, 2004)をまとめると、ヨモギは洪水後裸地化した地域にいち早く進出し、洪水で破壊されるまで群落を維持するタイプ、クズは速やかに他の群落に侵入するがその後1~2年で衰退するタイプ、オギは他の植物群落に侵入し自らの群落を維持し続けるタイプ、ツルヨシは自らが洪水後も残存している限り群落を維持し続けるタイプである。そこで、このような知見と各草本の流失条件、規模の異なる洪水時の砂州上の無次元掃流力の分布を使って、植生遷移の簡易なシミュレーションを行う。ただし、このシミュレーションは植生遷移過程に対する土砂水理学的条件の経年変化の影響を見ようとするものであり、植物の生理的な条件をも考慮した精度のよい解析を行っているものではない。

千代川行徳地点における1979年以降の年最大流量の履歴をFig.10に示す。このような洪水履歴に対して、1979~1992年の14年間の地点34における植生変遷について大まかな予測を行う。ただし、1979年の洪水直前は陸域全体に4種全ての植物が繁茂しているものと仮定する。また、1979年時点での河道内の植生状況や地形は分からないが、Fig.7と同様の掃流力が働くという仮定の下で議論を進める。また、1979~1992年に自然発生した洪水は、1979年は50年確率、1980年は5年確率、1981~1989年は2年確率、1990年は10年確率、1991年は洪水なし、1992年は2年確率の規模であると簡略化する。

シミュレーションは、実際の洪水のみの影響を受ける場合と人工的な管理を行ったと想定した場合であり、人工的な管理は次の三つを考えた。

① 管理1 (50年確率規模の人工洪水を1度発生)

1981~1989年は9年連続で2年確率規模の洪水が発生しているが、その中間の1985年に、50年確率規模の人工洪水を発生させる。

②管理2 (10年確率規模の人工洪水を4度発生)

2年確率規模程度の自然洪水しか発生しない時、その翌年(1982, 1984, 1986, 1988年)に、10年確率規模の人工洪水を起こす。

③管理3 (植生伐採を2度)

1983年と1988年の2度、つまり5年に1度の間隔で、陸域内の比高の大きな50%の地域で植生伐採を行う。

Fig.10には、1979~1992年の14年間の洪水履歴と、管理1~管理3の人的管理のタイミングを示している。

管理しない場合および3つの管理に対する植生変

化の予測結果をFig.11にまとめて示す。図中では、1年ごとに2つの棒グラフを示している。左の棒グラフはその年の洪水直前における陸域の植生分布状況を、右の棒グラフは洪水直後の植生分布状況を示している。また、棒グラフの上の地域ほど洪水の攪乱を受けやすい、つまり比高の小さな地域を表しており、下の地域ほど攪乱を受けにくい、比高の大きな地域を表している。ただし、ツルヨシとオギについては、同じ挙動を示すものとして、図中においてオギは省略している。以下で、各シナリオの予測結果に対して考察を行う。

① 管理なし(自然洪水のみ)

洪水による攪乱を受けにくい比高の大きな地域は、あまり植生の変化が起きない。比高の小さな地域では、毎年のようにわずかな部分が攪乱を受け、裸地とヨモギが繰り返えられるが、全体的に大きな経年変動はあまり見られず、単調な植生となる。

② 管理1 (50年確率規模の人工洪水を1度発生)

50年規模の洪水を発生させた1985年の直後は比高の小さな地域で、一度植生の繁茂がリセットされたものの、その影響は長く続かず、数年で管理なしの状態と同様になる。

③ 管理2 (10年確率規模の人工洪水を4度発生)

10年確率洪水の影響が及ぶ範囲ではある程度植生の更新が繰り返されるが、ここでは定期的に人工洪水を与えたため、植生の変動も周期的となっている。

④ 管理3 (植生伐採を2度)

洪水だけでは攪乱を受けない地域にも影響が及ぶため、当然ながら全域的に植生の出入りが繰り返される。人工伐採による管理では、伐採を行った比高の大きな地域での変化も活発になるが、伐採域における植生の多様性は低下している。

6. おわりに

本研究では、まず、河道内の裸地面積および植生地の面積を算定するための写真解析法について提案し、その適用性を検証した。撮影時期の違いによって写真の画質が変化するために、異なる時期の写真では、本質的に輝度分布に違いが生じるが、それぞれの時期で、各種陸域のサンプルをとれば、かなり精度よく解析が行えることが示された。ついで、2004年の洪水前後の裸地面積の変化の実態を示すとともに、簡単な水理計算によってその変化が説明しうることを示された。また、平面2次元流れの解析によって、様々な規模の洪水時に砂州に作用する掃流力の分布を求め、各洪水時に草本類が流失する面積率

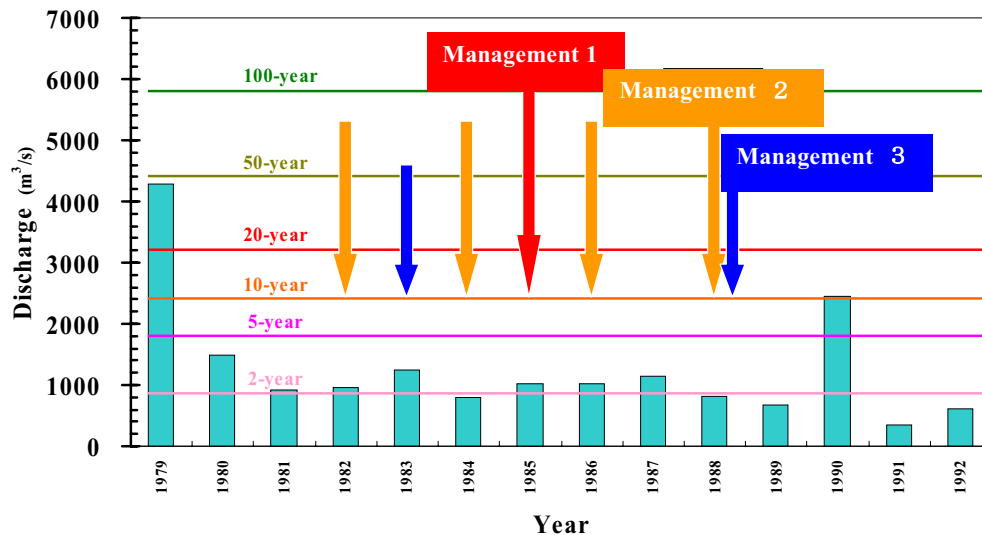


Fig.10 Annual maximum flow discharge in Sendai river and the timing of management

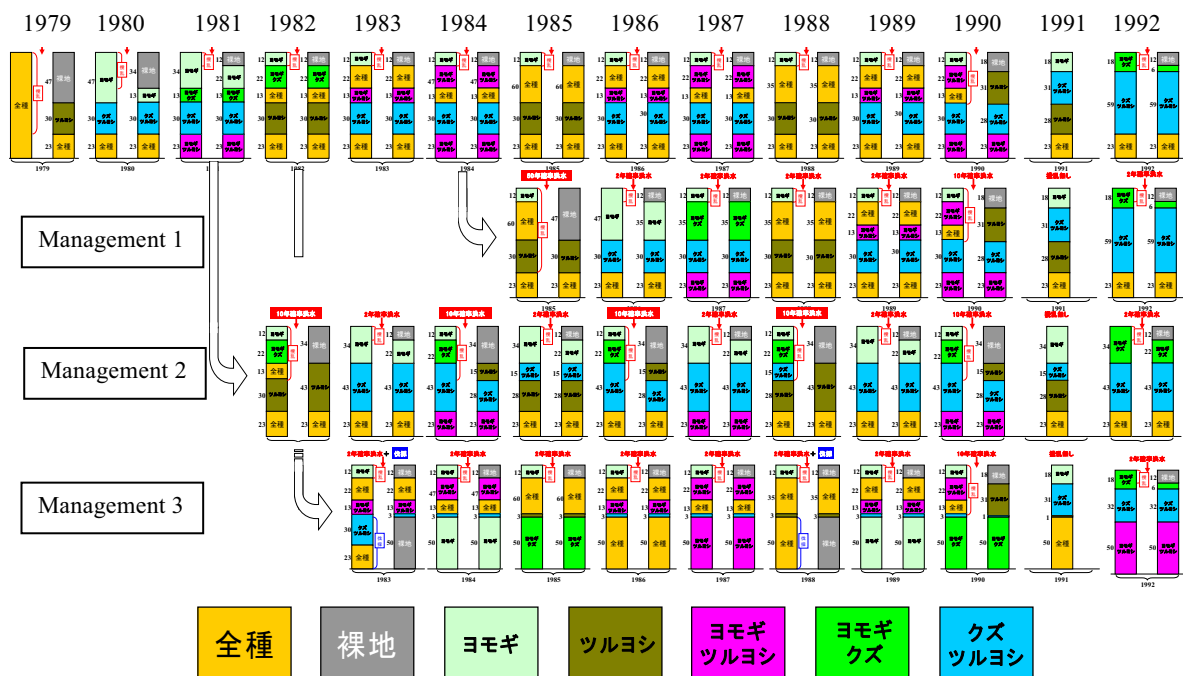


Fig.11 Transition of vegetation components in Fukuro river

を求めた。さらに、典型的な草本類の遷移過程に関する知見から、千代川支川袋川の草本類分布の変化に関するシミュレーションを行った。また、人工洪水や伐採といった手法によって、植生分布の遷移過程がどのように異なるのかについても検討し、人工洪水が植物の多様性に多少効果があることが示された。

謝 辞

本研究で使用した衛星写真は、株式会社NTT DATAに提供していただいたものである。また、研究

遂行にあたり、研究資料および航空写真の提供では国土交通省中国地方整備局鳥取河川国道事務所に、現地調査では鳥取大学工学部土木工学科水工学研究室の皆様にご協力いただいた。ここに記して関係各位に御礼申し上げます。

参考文献

国土技術政策総合研究所(2004)：国土技術政策総合研究所資料 No.161『礫床河川に繁茂する植生の洪水攪乱に対する応答、遷移および群落拡大の特性

—多摩川と千曲川の礫河原を対象として—』
国土交通省(2002)：河川水辺の国勢調査植物調査編
建設省中国地方建設局鳥取工事事務所(1998)：千代
川水系植物調査業務
国土交通省中国地方整備局鳥取河川国道事務所
(2003)：千代川河床材料調査業務
末次忠司(2004)：河川の減災マニュアル，山海堂，

pp.174-179.

砂田憲吾，大石哲，飯田祥二(2002)：河川植生の分
布特性の計量とその河道水理特性との関係につ
いて，水工学論文集，第46巻，pp.941-946.
辻本哲郎，村上陽子，安井辰弥(2001)：出水によ
る破壊機械の減少による河道内樹林化，水工学論
文集，第45巻，pp.1105-1110.

A Study on Vegetation Management on Sand Bars in the Sendai River

Masaharu FUJITA, Keiji HIROSHIGE, Osamu HINOKIDANI* and Yuki KAJIKAWA*

* Faculty of Engineering, Tottori University

Synopsis

In many rivers, the sand bars have been hardly fixed and covered by vegetation. The vegetation is an obstacle for flood control. However, it is also an important factor creating a biological variety. Therefore, we need to keep the botanical situation much better from a point of flood mitigation and also from an ecological point of view. Firstly, we have investigated the change of vegetation caused by a heavy flood in the Sendai River. Secondly, we have predicted the vegetation disappearance by various scales of flood. These results are fundamental data for vegetation management for a preferable botanical situation. Finally, we have discussed the effect of artificial floods and vegetation cutting on the botanical situation.

Keywords: vegetation, sand bar, flood, river management, bed variation