

洪水流による礫床河川高水敷土壌および 植生の変化に関する現地観測

FIELD OBSERVATIONS ON EFFECTS OF FLOOD FLOW ON SOIL
AND RIVERINE VEGETATION ON FLOOD PLAIN IN A GRAVEL RIVER

戸田祐嗣¹, 池田駿介², 熊谷兼太郎³

Yuji TODA, Syunsuke IKEDA and Kentaro KUMAGAI

¹正会員 学士(工) 東京工業大学助手 工学部土木工学科 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

²フェロー会員 工博 東京工業大学教授 工学部土木工学科 (同上)

³学生会員 学士(工) 東京工業大学大学院学生 理工学研究科土木工学専攻 (同上)

It has been known that the growth of the vegetation on flood plain is much affected by the transport of substances by flood flow. Field observations were performed at Tama-river during July in 1998 and August in 1999, in which water qualities of flood flow, contents of organic matter and nutrients in the soil on flood plain and distribution of riverine vegetation were measured. The results of the observations show that the riverine vegetation on the left side flood plain was removed by the flood flow, which yields the decrease of contents of phosphorus and organic matter in the soil.

Key Words : gravel river, vegetation, soil, flood, organic matter, nutrients

1. はじめに

河川高水敷上に繁茂する植生は高水敷土壌中の水分・栄養塩をその生理活動に利用し生息している。一方、洪水時の河川の流れは、高水敷上の物質を大量に輸送し、高水敷土壌の性質に大きな影響を与える。従って、高水敷植生の生息環境を明らかにしていくためには、植物の生理的特性のみならず、洪水流による物質輸送の影響を含めた総合的な研究が必要となっている。

このような背景から、近年、河川工学の分野において、洪水流の影響を考慮した高水敷植生の生息環境に関していくつかの研究が行われるようになった。李ら¹⁾、清水ら²⁾は、それぞれ多摩川、渡良瀬川を対象として、洪水による土砂堆積と植生分布の調査を実施しており、洪水流による微細土砂の堆積と高水敷上の樹木の繁茂が密接に関連していることを報告している。しかし、これらの調査は、植生の生育環境を土砂堆積の側面から検討したものであり、植生の生産活動に必要な栄養塩などの輸送特性は考慮されていない。一方、戸田ら³⁾は洪水時の流れや高水敷の植生・土壌環境に関して、有機物や栄養塩まで含めた調査を実施しており、洪水流に伴って有機物・リンの輸送が生じることなどを報告している。

本研究では戸田ら³⁾の上記の調査に加えて、高水敷

表面の構成材料の粒度分布や洪水後の植生の生産活動の特性を併せて検討し、洪水流が高水敷の土壌・植生環境に与える影響を総合的に明らかにすることを目的とする。

2. 観測概要

(1) 観測地

現地観測は多摩川河口より59.0km地点(東京都青梅市)に位置する200m程度の礫床河道区間で実施した。(図-1)観測対象地の平均的な河床勾配は約1/200、平水時の河川流量は夏期で10~12m³/sである。

(2) 観測期間および方法

現地観測は1998年7月21日~1999年8月3日の期間実施され、河川水質、地形・土壌、植生に関する調査を行った。1998年8月28日から8月30日には台風4号、同年9月15日から9月17日には台風5号の関東圏への接近による大規模な出水が観測された。

a) 河川水質観測

1998年7月21日から10月14日の期間に、1週間間隔で定時(午前10時)に河川水を採水し、懸濁態物質濃度を計測した。また、出水期間中である1998年8月28日12:00~同年8月30日0:00および1998年9月15日

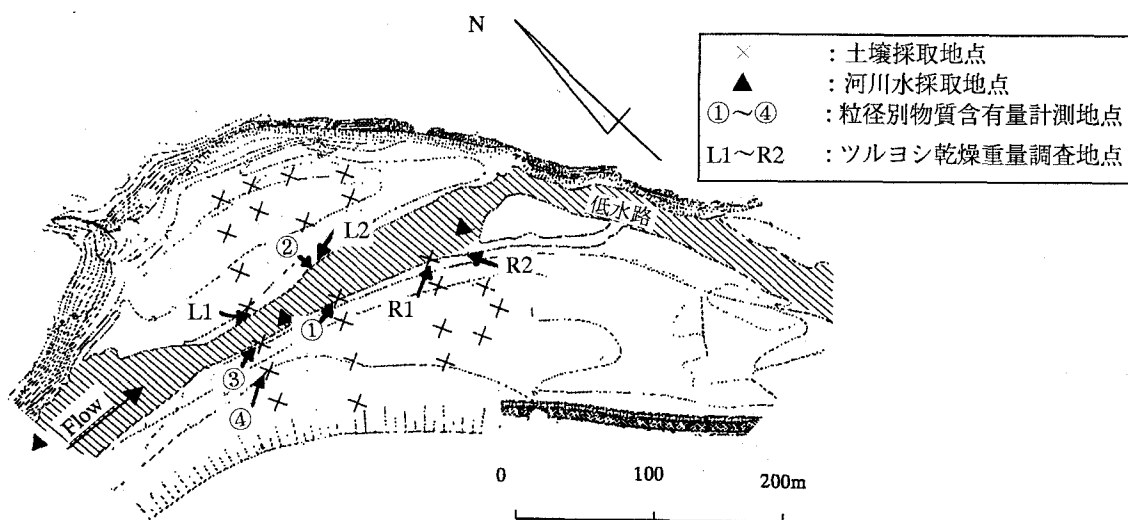


図-1 観測地地図

18:00～同年9月16日16:00の間は、観測地より300m程上流に位置する下奥多摩橋より2時間間隔で河川水を採取し、懸濁物質濃度の計測を実施した。これらの調査時には栄養塩濃度や強熱減量の測定も実施したが、その結果は既報³⁾を参照されたい。

b) 地形・土壌観測

1998年7月21, 22日に観測対象域の地形測量を実施した。距離測量には光波測距儀(株SOKIA製)、水準測量にはレベル(株SOKIA製)を用いた。1998年7月21日(出水前)、同年10月14日(出水後)には、高水敷表層材料(本研究では表面から深さ10cmまでの土砂・有機物等と定義する)中の強熱減量、リン含有量を調査した。表層材料のサンプリングは図-1中に×印で示された地点で行い、各地点で面積:25cm×25cm程度の採取を行った。表層材料採取では、サンプリング誤差が入りやすい10cm以上の径の礫を除き、それらの間隙に存在する小礫、砂・シルト分のみを採取した。また、表層材料の分析時には植生の根や葉などの大きな固形の有機物は取り除いてある。1999年8月2,3日の観測時には、高水敷表面の被覆状況の違いに対応して再度表層材料採取を行い、粒径の大きな礫を含めた粒度分布、強熱減量、リン含有量、窒素含有量の測定を行った。また、図-1中①～④地点では、篩い分け後に各粒径毎に強熱減量、リン含有量、窒素含有量を計測した。

c) 植生観測

出水の影響による高水敷植生分布の変化を捉えるため、1998年7月22日(出水前)、同年10月14日(出水後)に、高水敷上の植生分布を調査した。植生分布の調査では、観測対象地を10m間隔の格子に区切り、格子内の優占植生種を調べ記録した。また、高水敷植生の生産活動が活発になる春期から夏期(1999年5月13日、6月2日、7月4日、8月3日)には、図-1中L1、

L2, R1, R2地点のソルヨシ群落を対象として、植生密度の測定を実施するとともに、群落内の平均的な高さの植生3～5本程度を採取し乾燥重量を計測した。

3. 観測結果

(1) 洪水の概況

図-2(a), (b)に1998年7月22日～同年10月14日までの河川流量、懸濁態物質濃度の変化を示す。流量データに関しては、東京都多摩川第3発電所によって観測地より7km上流地点(御岳橋)で測定されたものである。

流量の変化(図-2(a))に関して、8月28日～8月30日には台風4号、9月15日～9月17日には台風5号の関東圏への接近によって流量が増加している様子が観察される。台風5号時の最大流量は560.0m³/sであった。この流量は確率年では3年程度に相当するものであるが、ここ7年間では200m³/sを上回る流量は記録されておらず¹⁾、近年では比較的大規模な出水であった。

図-2(b)に示すとおり、台風の接近期間中は、河川水中の懸濁態物質濃度が平水時の10ppm程度から100～2100ppm程度まで上昇した。特に台風5号接近時には、観測地より20km上流にある小河内ダムで、メインゲートからの放流が行われたため、ダム湖に堆積していた土砂の放出により、台風4号による出水時と比較して、高い懸濁態物質濃度(最大濃度:2139ppm)を記録した。

(2) 植生分布の変化

図-3(a), (b)に1998年7月22日(出水前)、1998年10月14日(出水後)における高水敷上植生分布の変化を示す。

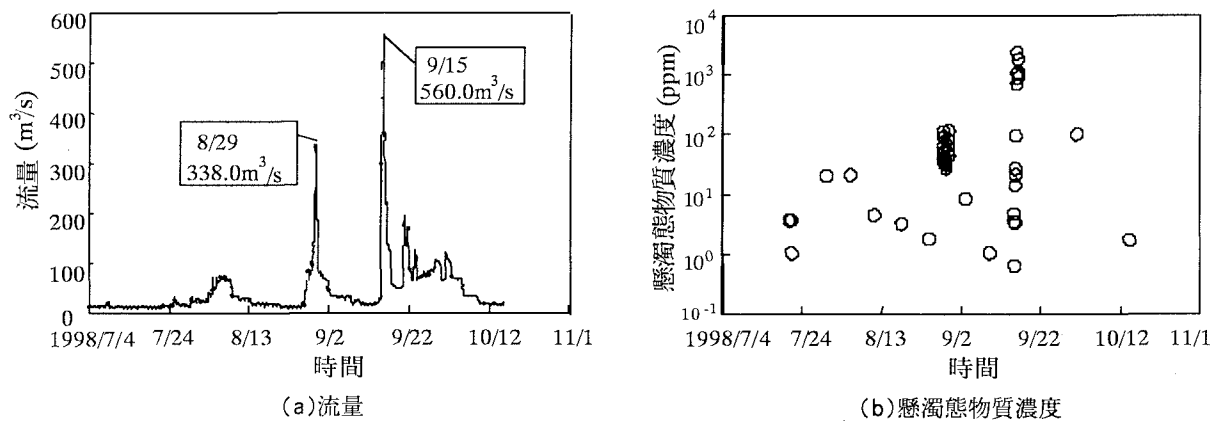


図-2 河川流量と懸濁態物質濃度の変化

出水前後を比較すると、左岸側高水敷上の低草地、ツルヨシ、オギ、ススキの群落が出水により流出していることが分かる。本観測地の河道は緩やかに湾曲しており、左岸側はその外岸側に位置している。そのため、出水時においては、左岸側で大きな流速が生じ、河床洗掘とともに左岸高水敷の植生を流出させたものと思われる。右岸側高水敷では $(x,y)=(150\text{m}, 220\text{m})\sim(300\text{m}, 100\text{m})$ 付近のツルヨシ群落が洪水流の影響でなぎ倒され、地上部の葉茎が枯死している様子が観察された。出水後の現地踏査より、右岸側高水敷全域のおおむね半分程度は冠水したと思われるが、前述のヨシ群落の倒壊、枯死しているところ以外に、植生分布の大きな変化は見られなかった。このことは、右岸側高水敷は湾曲の内岸側に位置しており、冠水時の高水敷上流速が小さく、水際に生息していた一部のヨシ群落以外は出水の影響をあまり受けなかったものと思われる。従って、出水が植生群落に与える影響を考えるためには、冠水頻度だけでなく、出水時の流れに起因した掃流力の空間的な違いを考えることが必要であることが分かる。

(3) 高水敷土壌の変化

図-4(a)に出水前後の単位重量表層材料中の強熱減量の変化を示す。出水流の影響を強く受け、植生の流出が生じた左岸側では、全体的に強熱減量が低下している。これは左岸高水敷上の植生によって作られた有機物含有率の高い土壌が植生とともに流出したものと思われる。右岸下流側の高水敷においてはおおむね強熱減量が増加している。この地点はツルヨシ群落の地上葉茎部が枯死していた地点であり、冠水の影響を比較的強く受けるものの流出するには至らなかった植生群落によって出水時に河道内を流下する有機物が捕捉されたものと推測される。右岸上流側においては地点間の変化に大きなばらつきが見られ、系統的な変化は見られなかった。

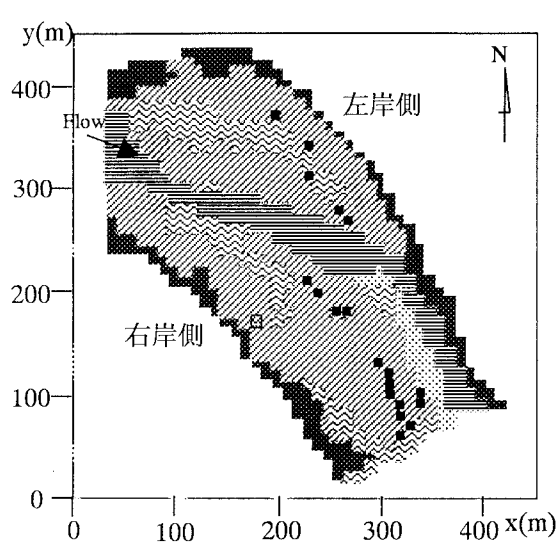
図-4(b)に出水前後の単位重量表層材料中のリン含

有率を示す。左岸側に関しては、植生群落が流出した地点において、リン含有率が減少しており、平水時に植生群落によって形成されたリン含有率の高い土壌が植生とともに流出したものと思われる。右岸側に関しては出水前後の変化の地点間格差が大きく、系統的な変化は観察されなかった。

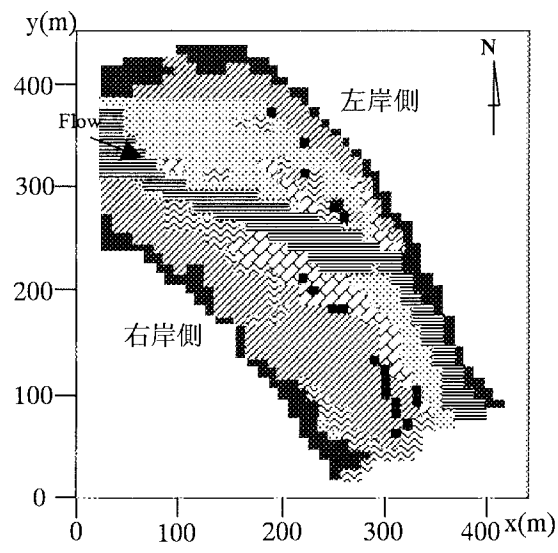
図-5(a)に1999年8月3日に調査した高水敷表層材料の粒度分布を示す。粒度分布には3つの特徴的な変化が見られ、それぞれをAタイプ、Bタイプ、Cタイプと分類した。Aタイプと分類された地点は、10mm以上の礫が表層10cm内の大部分を占めており、細粒分の含有率が小さいことが分かる。Bタイプと分類された地点では、0.6mm以下の砂・シルト分が40～70%程度存在し、礫と細粒分が混在している。現地踏査時の観察から判断すると、これらの地点ではごく表面付近の礫の間隙まで細粒成分が堆積した状態であった。またCタイプでは表層材料の90%以上が0.2mm以下の粒径によって占められており、表面はほぼ細粒分のみによって被覆されている。

以上の3タイプの表層材料が高水敷上でどのように分布しているかを示したものが図-5(b)である。左岸側高水敷は下流側の一部を除きAタイプに分類され、高水敷表面はおおむね礫で被覆されている。左岸下流側の出水時に流出しなかったニセアカシヤが生育している付近にはCタイプが見られる。右岸側高水敷では3つのタイプが混在しているものの、出水時に地上部ツルヨシ群落が枯死した地点近傍ではBタイプ、Cタイプの表層材料となっている。このことより、観測対象とした高水敷では、洪水流の影響を強く受けた左岸側で細粒成分の流出による礫河原の形成が生じ、洪水流の影響を強く受けたものの植生が流失しなかった地点では、細粒成分の堆積作用が進行したものと推察される。

図-6(a), (b), (c)に図-1中①～④地点における、各粒径毎の単位重量表層材料中強熱減量、リン含有量、窒素含有量を示す。強熱減量に関して、④地点におい



(a)1998年7月22日（出水前）



(b)1998年10月14日（出水後）

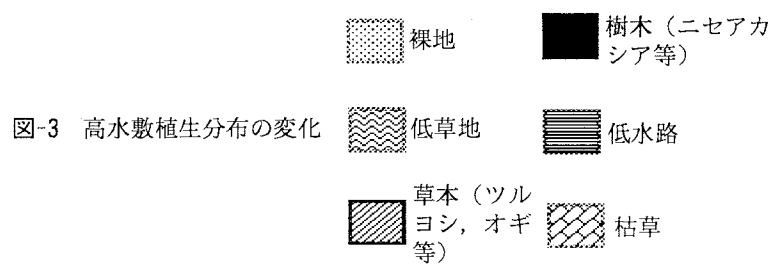
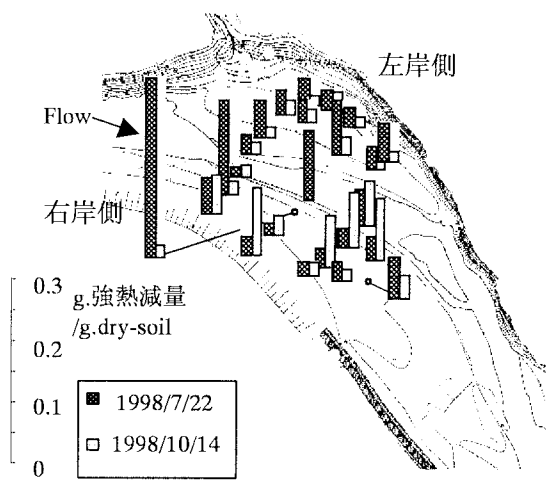
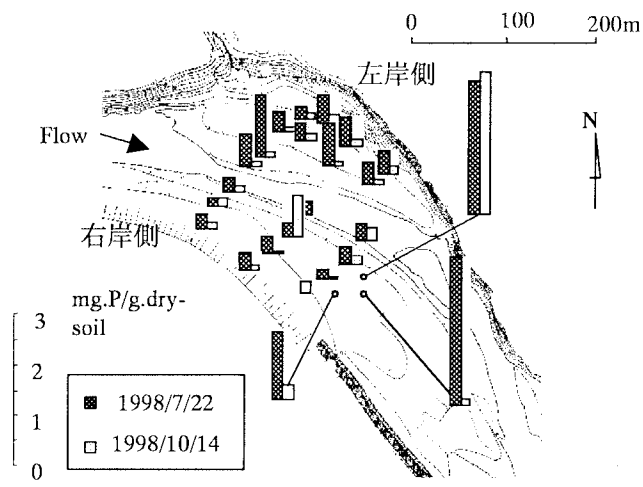


図-3 高水敷植生分布の変化



(a)強熱減量



(b)リン

図-4 高水敷表層材料中の有機物・リンの変化

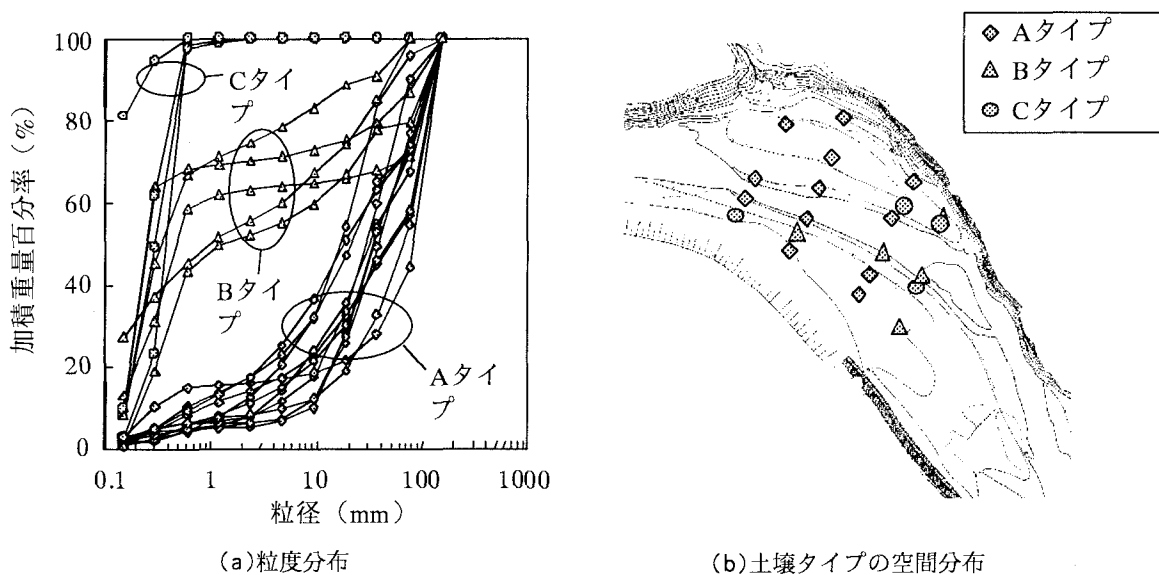


図-5 高水敷土壌の粒度

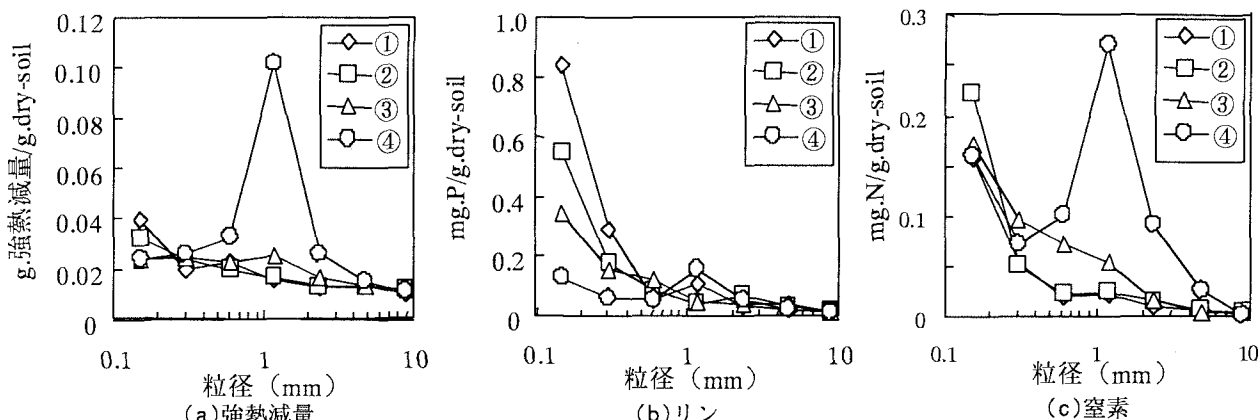


図-6 粒径別物質含有率

て1.18mmの粒径成分にピークが見られるが、その他の地点では粒径が小さくなるほど強熱減量が若干増加する傾向が見られる。リンに関しては、粒径が小さくなるほどリン含有率が上昇する傾向が顕著に見られる。このことは、粒径が小さくなるほど単位重量あたりの表面積が増加するため、土砂表面に吸着したリン量が増加することに起因しており、本観測においては0.3mm以下の粒径よりその傾向が顕著に現れている。また、④地点においては、強熱減量のピークに対応して、粒径1.18mmに小さなピークが見られ、これは有機態リンに起因したものと考えられる。窒素量に関してもリンと同様に粒径が小さくなるほど含有率が高くなる傾向が見られる。しかし、④地点においては、1.18mmにリンよりも明瞭なピークが現れている。このことは吸着力がリンよりも弱く、有機物中の含有率がリンよりも高い窒素に関して、より有機態窒素の寄与が強く現れたためである。これらのことより、河道内での栄養塩輸送を考えると、リンに関しては0.3mm以下の細粒成分に吸着した形態での輸送が重要であり、窒素に関しては細粒成分に加えて有機態での輸送過程

が重要であることが分かる。

(4) 洪水後の植生の繁茂

洪水流によって高水敷が裸地化あるいは植生地上部が枯死した地点における植生の回復過程を定量的に考察するため、図-1中L1, L2, R1, R2地点における1999年春期～夏期にかけてのツルヨシ群落の地上部乾燥重量の変化に関して検討を行った(図-7)。左岸と右岸を比較すると、測定開始時の現存量の差は小さいが、その後、右岸側ツルヨシの現存量が大きくなっていることが分かる。すなわち、出水時に流れの影響を強く受けた左岸の方が、翌年の地上部葉茎の生産力が低下していると言える。このような生産力の違いを生じさせた原因については、1)出水による地下茎流出の有無、2)左岸と右岸での土壌環境の違いが考えられる。1)の影響に関して、右岸のツルヨシ群落は、出水時に地上部葉茎が枯死したが流出は生じていなかったため、地下茎は流出せず生息しており、翌年に高い生産力を発揮したことが予想される。一方、左岸側のツルヨシ群落は、出水により地上部植生とともに地下茎も流出し、

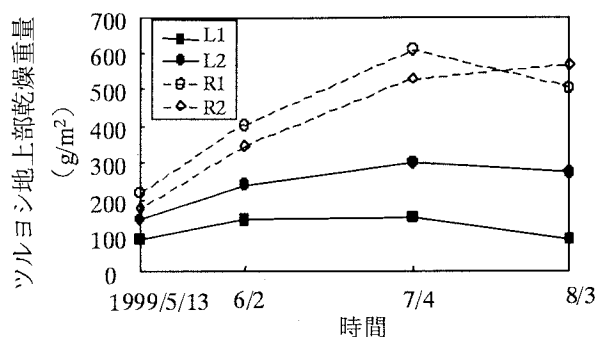


図-7 ツルヨシ群落（地上部）の成長

生産力が低下したものと推察される。このように地下茎流出の有無が生産力に与える影響を定量的に明らかにするためには、地下茎量に関する調査が必要であり、今後の課題である。なお、裸地化された左岸側におけるツルヨシの生育が周辺からのほふく根によるものか実生によるものかは現段階では明らかではない。2)の左岸・右岸での土壌環境の違いについては以下で考察を行う。

表-1に1999年春期～夏期にかけてツルヨシの生育によって吸収されたリン・窒素量、同地点における単位面積表層材料中のリン・窒素含有量を示す。ツルヨシによる栄養塩吸収量は、8月2日の地上部葉茎乾燥重量の観測値に、既往の研究で報告されているヨシの地上部葉茎/地下茎乾燥重量比(=2.28)⁴⁾とリン、窒素含有率(リン:0.17%, 窒素:1.81%)⁴⁾を用いて算出している。単位面積表層材料中のリン・窒素含有率は、1999年8月2, 3日に測定した土壌試料中のリン、窒素総量をサンプリング面積で除して算出したものである。以上の換算の際に用いられている地上部葉茎/地下茎乾燥重量比や表層材料サンプリング面積の値は誤差が大きいので、表中の数値はかなり粗野なものではあるが以下のような特徴が見られる。表層材料中のリンは、ツルヨシの生産に取り込まれた量に対して十分に存在しているが、窒素に関しては不足している。本観測では表層材料の採取を深さ10cmまでしか行っていないため、ツルヨシの生育に対して本当に窒素が不足しているかどうかは明確では無いが、栄養塩が制約となるような場合には、窒素制約となる可能性が高いことが推察される。表層材料中の栄養塩量は、左岸と右岸では右岸側が多く、それが右岸のツルヨシの生産力を増加させた可能性が示唆される。

4. 結論

本研究で得られた主たる知見は以下の通りである。

1)出水によって植生群落が流出する地点では、高水敷

表-1 ツルヨシによる栄養塩吸収量と表層材料中の栄養塩量

地点番号	ツルヨシによる栄養塩吸収量 (g/m ²)		表層材料中の栄養塩含有量 (g/m ²)	
	リン	窒素	リン	窒素
L1	0.2	2.3	1.4	1.1
L2	0.7	7.1	1.5	1.1
R1	1.2	13.0	1.9	1.5
R2	1.4	15.0	3.8	2.0

表層中の有機物やリンが流出し、冠水するものの流出するには至らなかった植生群落は有機物を捕捉する傾向がある。

2)高水敷表層材料中のリンは0.3mm以下の細粒成分に吸着しているものが多く、窒素に関しては細粒分に吸着したものに加えて有機態で存在しているものが多い。
3)春期から夏期にかけてのツルヨシ群落の生産力は、出水により地下茎の流出が生じ、表層材料中の栄養塩量の小さい左岸側で小さな値を示す。

謝辞:本研究の実行にあたり、東京都多摩川第3発電所の岡田敏資氏から流量データを提供していただいた。水質分析時には東京工業大学総合理工学研究科石川忠晴教授および石川研究室学生諸氏の援助を受けた。また、本研究は文部省科学技術研究費基盤研究(A)(2)(課題番号:11305035, 研究代表者:池田駿介)および河川環境管理財団河川美化・緑化助成(課題番号:河財発138号, 研究代表者:戸田祐嗣)の補助を受けたものである。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 李参熙, 藤田光一, 山本晃一: 礫床河川における安定植生域拡大のシナリオ—多摩川上流部を対象にした事例分析より—, 水工学論文集, 第43巻, pp.977-982, 1999.
- 2) 清水義彦, 小葉竹重機, 新船隆行, 岡田理志: 礫床河川の河道内樹林化に関する一考察, 水工学論文集, 第43巻, pp.971-976, 1999.
- 3) 戸田祐嗣, 池田駿介, 熊谷兼太郎: 礫床河川における洪水前後の高水敷植生の変化と栄養塩・有機物の輸送に関する現地観測, 河川技術に関する論文集, 第5巻, pp.71-76, 1999.
- 4) 堀江毅, 細川恭史, 三好英一, 関根好幸: 植物体(ヨシ)による浄化能力の検討, 港湾技研資料, No.591, pp.2-18, 1987.

(1999.9.30受付)