

土壌の違いがツルヨシの生長に与える影響 と出水時の匍匐茎の役割

STUDY ON GROWTH OF *Phragmites japonica* BY A DIFFERENCE OF SOIL
CONDITION, AND CAPTURE OF LITTER BY RUNNER DURING A FLOOD

坂本健太郎¹・木村皓平²・浅枝隆³・西村達也⁴

Kentaro SAKAMOTO, Kouhei KIMURA, Takashi ASAEDA and Tatsuya NISHIMURA

¹非会員 工修 株式会社建設技術研究所 東京本社環境部
(〒330-0071 埼玉県さいたま市浦和区上木崎1-14-6 CTIさいたまビル)

²非会員 学士 埼玉大学大学院博士前期課程 理工学研究科環境制御工学専攻
(〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)

³正会員 工博 埼玉大学大学院教授 理工学研究科環境制御工学専攻(同上)

⁴正会員 工博 株式会社建設技術研究所 東京本社河川部
(〒330-0071 埼玉県さいたま市浦和区上木崎1-14-6 CTIさいたまビル)

In a sandbar and a stone riverbank, we observed *Phragmites japonica*. This observation was performed once a month in different five spots of grain distribution. Furthermore, during a flood, we observed about capture of litter by runner of *P. japonica*.

As a result, the following was shown. At the place where sand excels in, *P. japonica* lets horizontal rhizomes grow up and lets roots grow up at the place where a stone excels in. In addition, the place where nutrient was accumulated was similar. Runner of *P. japonica* lets sand accumulate in the back, and litter supplies nutrient of the high density from the neighboring soil. Thus, *P. japonica* inhabiting a stone riverbank becomes more dominant than other plants because of getting nutrient by a flood.

Key Words : *Phragmites japonica* , grain distribution , horizontal rhizomes , roots , runner , litter , nutrient , flood

1. はじめに

多年生抽水植物は極めて高い形態的環境順応性を有している¹⁾。特に、ツルヨシ (*Phragmites japonica*) は生産量が大きく、河道内において重要な一次生産を担う植物である。

ツルヨシの繁殖行動は、種子による有性生殖の他に、匍匐茎や地下茎による栄養繁殖がある。特に、匍匐茎による繁殖能力は高く、短期間に群落を形成していくことから、礫河原や砂州に新しく侵入した場合に樹林化の促進や砂州の固定化に影響を及ぼすと言われている。

ツルヨシは東アジア固有の主として、様々な研究がなされてきている。ツルヨシがもつ多様な繁殖形態は、形態的環境順応性にも反映されており、周囲の環境に応じて様々に形態を変化させることから、生活史の把握を単一の環境条件の元でのみ行うことは、極めて危険である。

本研究では、こうした視点にたち、異なる土壌条件での元で、ツルヨシの形態的環境順応性を把握することを目的としている。また、ツルヨシのパイオニア的な性質からくる、場に根付く上での戦略についても現地観測を踏まえて実証的に考察を行ったものである。

2. 現地調査

(1) 調査地点

図-1に示すように、観測は埼玉県熊谷市付近を流れる荒川中流部に位置する熊谷大橋上流の砂州内で、礫が卓越する2地点(St.1, St.2)および砂が卓越する3地点(St.3, St.4, St.5)の合計5地点で、2006年4月から8月まで月に一度の生長観測を行った。また、出水後のリター捕捉状況調査は、梅雨前線の影響により発生した2006年4月以降で最も大きな出水直後の2006年7月22日に、

砂州下流端対岸の礫河原で実施した。なお、この出水を含め2006年4月から砂州内が冠水した痕跡は確認されなかった。

(2) 調査方法

a) 生長観測

2006年4月の初回観測時にSt.1～St.5の観測地点の土砂を地表から30cm程度の深さまで掘り取り、持ち帰った後ふるい分け試験により粒径分布を求めた。なお、この掘り取り時にはツルヨシの根、地下茎も見られた。図-2に示すように、各地点の粒径はSt.1, St.2では1～10mmの礫質土壌であり、St.3, St.4は0.1～0.5mmの砂が多く、St.5は0.1～0.2mmの砂が多い砂質土壌であった。

ツルヨシの観測は25×50cmのコドラート内または株ごとに、現場で地上部を切り取った後、地下部を土壌ごと掘り出し、それぞれ持ち帰り試料とした。持ち帰った試料は、地上部は葉、茎に分類し、地下部は土を洗い流した後、地下茎支持部、地下茎、根に分類して、それぞれを85℃で24時間乾燥させ乾燥重量を測定した。

また、8月の試料はCHNコーダー（YANAKO MT-5）を用いて全窒素（T-N）の測定し、モリブデン青吸光度法を用いて生物利用可能リン（BAP）の測定を行った。

さらに、7月の観測時には各地点の地下部が存在する最深部付近の土砂を持ち帰り、含水率の測定、および土壌に含まれる栄養塩として全窒素（T-N）、生物利用可能リン（BAP）を上記と同様の方法で測定し、酸化分解法で全リン（T-P）を測定した。

b) 出水後のリター捕捉状況調査

出水直後の砂州付近の礫河原では、ツルヨシの匍匐茎に大量のリターが捕捉されているのが確認され、図-3に示すように匍匐茎を挟んだ上下流では比高差があり下流部には砂が堆積しているのが見られた。

さらに、冠水部のツルヨシは図-4に示すように川の流水方向に対して様々な方向に匍匐茎が伸びており、大量のリターが捕捉されているのが確認された。

調査は、現地で匍匐茎に捕捉されたリターを節ごとに採取し、匍匐茎を挟んだ上下流での比高差の測定、土砂の採取を行い実験室に持ち帰った。採取したリターは85℃で24時間乾燥させ乾燥重量を測定し、土砂はふるい分け試験により粒径分布を求めた。さらに、リターと土砂は、生長観測と同様に全窒素（T-N）、全リン（T-P）、および生物利用可能リン（BAP）の測定を行った。

また、冠水部のツルヨシは、現地にて流水方向との角度を測定後、匍匐茎をリターとともに乱さないように持ち帰り試料とした。持ち帰った試料は、リターが着いたままの状態を節ごとに切り取り、節の長さ、リターが着いている部分の長さを測定した。測定後、リターだけを取り出して水で洗い流した後、85℃で24時間乾燥させ、乾燥重量を測定しそれぞれの匍匐茎が捕捉したリターの分布状況を求めた。

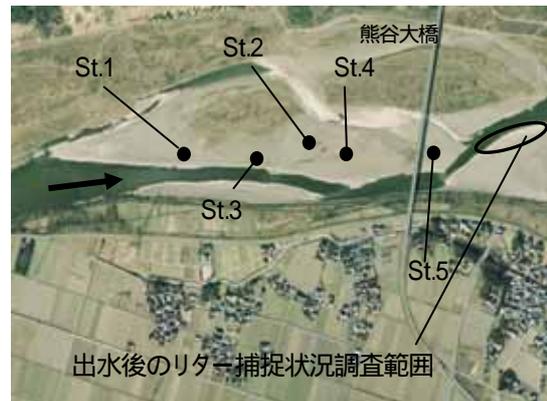


図-1 調査地点位置図

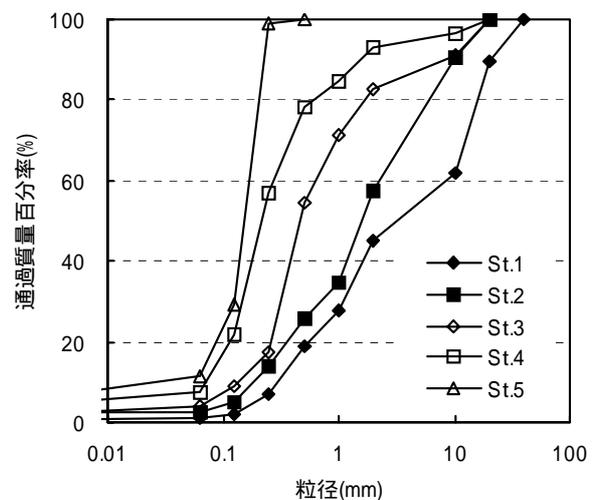


図-2 各調査地点の粒径分布

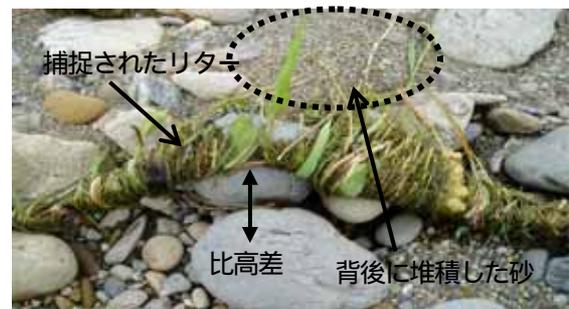


図-3 匍匐茎のリター捕捉状況



図-4 冠水部のツルヨシの株から伸びる匍匐茎

3. 結果

(1) 生長観測

a) 生長状況

図-5に地上部（葉，茎の生きていた部分）の乾燥重量の変化を，図-6に地下部（地下茎支持部分，地下茎，根の生きていた部分）の乾燥重量の変化を示す．

地上部は全地点とも5月から生長を続けており，5月から6月にかけては，St.3,St.4,St.5の砂質土壌の地点の生長が，St.1,St.2の礫質土壌の地点よりも大きくなっている．

一方，地下部は前年に蓄えた栄養を利用するため，全地点で5月までは減少したが，5月以降はSt.3,St.4,St.5の砂質土壌の地点では増加を続け，St.1,St.2の礫質土壌の地点では5月から6月にかけては多少減少するものの，6月以降は増加し生長し，8月になると地点による差は見られなくなった．

さらに，地下部について生きていた地下茎の乾燥重量の変化を図-7に，生きていた根の乾燥重量の変化を図-8に示す．

地下茎は，5月までは前年の蓄えていた地下部の栄養を利用するため減少していく．St.3,St.4,St.5の砂質土壌の地点では5月以降の生長期間になると増加を続けたが，礫質土壌の地点のSt.1では少しずつ生長したものの，St.2は停滞していた．

一方，根については，地下茎と逆の傾向を見せ，St.3,St.4,St.5の砂質土壌の地点では4月から5月にかけては，地下部の栄養が利用されるのに伴い減少したが，5月以降は6月にかけて大きく増加したもののそれ以降はあまり増加しなかった．St.1,St.2の礫質土壌の地点では，4月から6月にかけては，地下部の栄養が利用されるのに伴い減少したが，6月以降は増加に転じ，その後も増加を続けた．

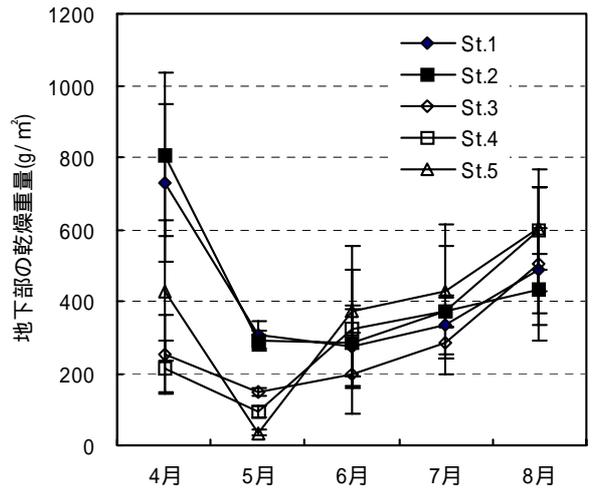


図-6 地下部の乾燥重量の変化

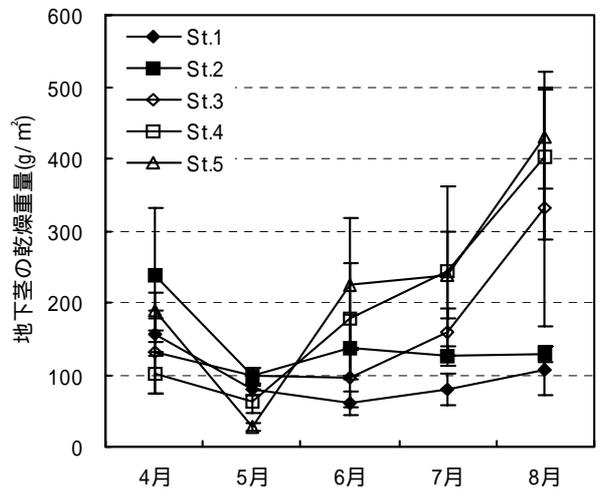


図-7 地下茎の乾燥重量の変化

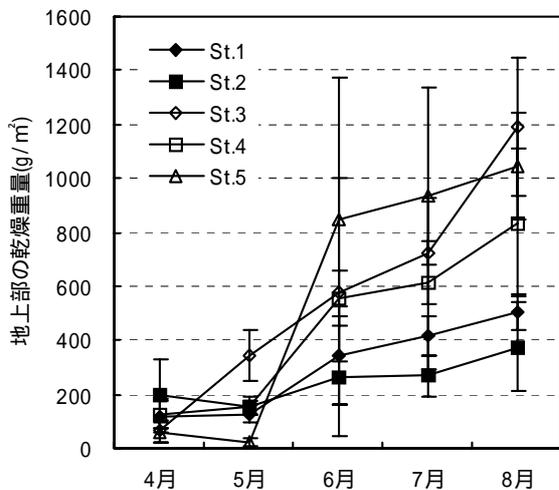


図-5 地上部の乾燥重量の変化

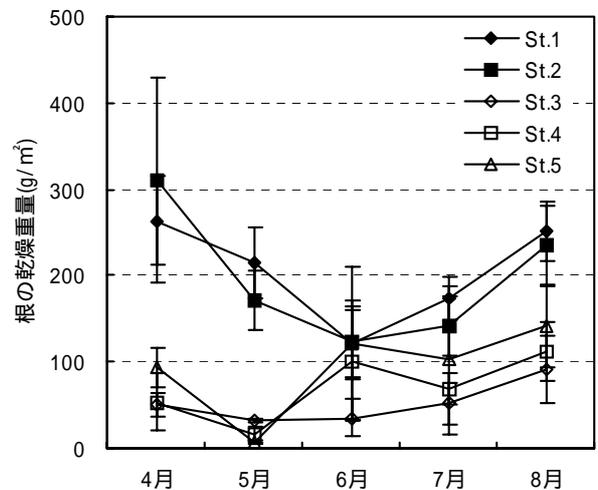


図-8 根の乾燥重量の変化

b) 土壌の含水率と栄養塩濃度

図-9に各地点の含水率を、図-10に土壌の栄養塩濃度を示す。各地点の含水率は、St.1, St.2の礫質土壌の地点と比べ、St.3, St.4, St.5の砂質土壌の地点の方が高かった。一方、栄養塩濃度については、T-N, BAPはSt.1, St.2の礫質土壌の地点の方がSt.3, St.4, St.5の砂質土壌よりも高く、T-Pは、St.1とSt.4で比較的高かったが土壌による違いは見られなかった。

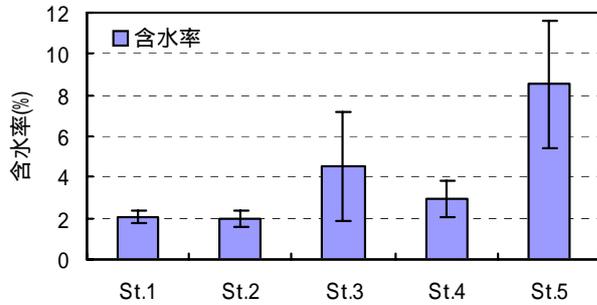


図-9 各地点の含水率

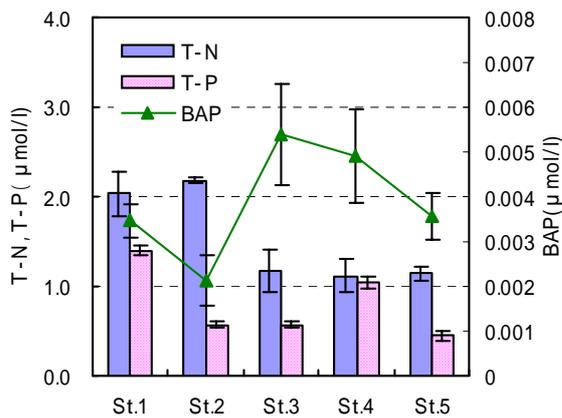


図-10 各地点の栄養塩濃度

(2) 出水後のリター捕捉状況調査

a) リター捕捉特性と砂堆積

図-11に匍匐茎上流側の50%超過粒径別の比高差とリターの捕捉量との関係を示す。粒径が大きくなるほど、比高差も大きくなり、また、捕捉されるリターの量も粒径が大きくなるにつれ多くなっていった。

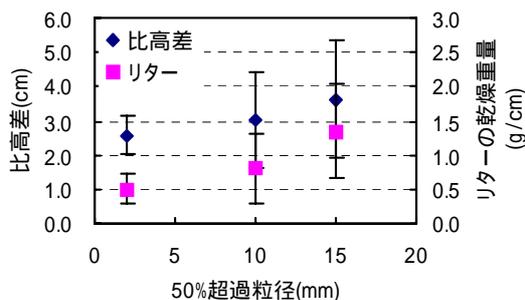


図-11 リターの捕捉量と比高差

b) 土壌の粒径分布の変化

図-12に匍匐茎の上流側と下流側の50%超過粒径の分布を示す。0.1mm以下の粒径の占める割合は、どの粒径についても上下流でほとんど変化していない。一方、50%超過粒径割合が2mm以下の砂が卓越した場所では、出水後には1mm以下の粒径の占める割合が匍匐茎の下流側で大きく増加しており、出水後に匍匐茎の背後に1mm以下の砂が堆積したことを表している。

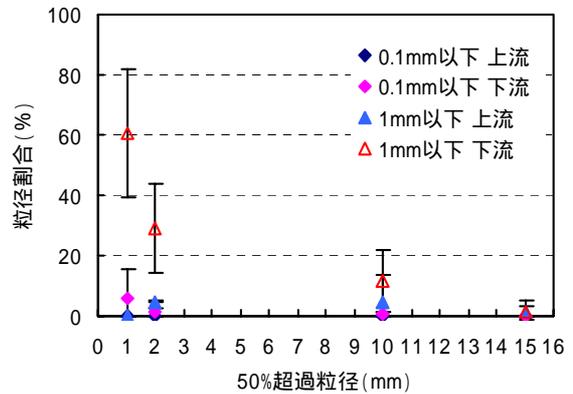


図-12 匍匐茎を挟む上下流での粒径分布の変化

c) 匍匐茎の走出方向別の捕捉されたリターの分布

図-13に冠水部のツルヨシの匍匐径の伸びていく方向と川の流水方向に対する角度(°)が違う場合のリター捕捉の節単位の分布状況を示す。リターの捕捉形態は流れ方向に対して、30°~90°ならば、その分布状況は平均的なものとなるが、流れ方向に対して、30°~60°ならば、その分布状況には偏りが見られ、下流方向に多くのリターが捕捉されていた。また、リターの捕捉量は、節単位で見れば、30°~60°の方が、60°~90°よりも多い傾向が見られた。

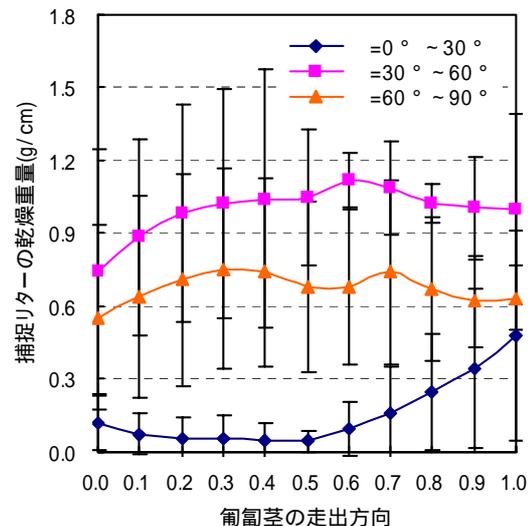


図-13 匍匐茎の走出方向別の捕捉されたリターの分布

4. 考察

(1) 粒径分布が生長に及ぼす影響

今回の観測では、生長時期である6月から8月のツルヨシ地上部の乾燥重量は、砂質土壌の地点で600 - 1200g/m²程度、礫質土壌の地点で250-500g/m²であった(図-5)。

一方、地下部の乾燥重量は、砂質土壌の地点、礫質土壌の地点ともに200-600g/m²で(図-6)、粒径分布の違いによる有意な差は得られなかった(t-test p>0.05)。このことから同等の地下部のストックに対して、砂中心の場所の方が、より多くの地上部を発達させたといえる。

ここで、図-14に示す地下部における根と地下茎の比を見ると、礫質土壌の地点の方が、砂質土壌の地点よりも、根の割合が有意に多くなっていた(t-test p>0.05)。これについては、礫質土壌では、栄養塩や水分の不足による律速をより厳しく受けることから根の量を多くし、砂質土壌では、次年の生長をより活発にするために地下茎の量を多くしたと解釈できる。

次に、地上部と地下部の比を図-15に示す。地上部と地下部の比は様々な環境要因で決まることが知られており、Lippert et al,²⁾は栄養塩濃度が高いと地上部の割合が多くなると報告している。

今回の現地観測結果では、砂質土壌の地点での栄養塩濃度は必ずしも高いというわけではないが、根を深くまで伸ばせること、土壌の粒径が小さいことから栄養塩を吸収しやすい状態にあったことは伺える。こうしたことから、地下部への栄養供給の必要性が低減し、地上部のバイオマス(乾燥重量)の割合が増加したと考えられる。

また、土壌中の水分や栄養塩量が減少すると、より多くの栄養を吸収する必要性から、貯蔵器官である地下茎に比して根の割合が増大すると考えられる。今回の結果においては、栄養塩や水分にアクセスしやすい、砂質土壌の地点の方が根の割合が多くなっていた。この理由は、砂質土壌の場合には、地下茎が発達しているのに対して、礫質土壌の場合には、地下茎がほとんど存在しないことに依っていると考えられる。

さらに、ツルヨシの繁殖行動の面から考察すると、砂質土壌では地下茎による栄養繁殖が卓越するが、礫質土壌では地下茎による栄養繁殖が行われにくいために、相対的に匍匐茎による繁殖が卓越すると考えられる。このため今回の現地観測結果で、砂質土壌において地下茎の割合が多くなった理由は、栄養塩や水分へのアクセスに依存するというよりも、繁殖の形態に応じたものと考えられる。

このように、地下茎以外の繁殖器官を有するツルヨシに独特の性質とも考えられるが、現段階では明らかではない。

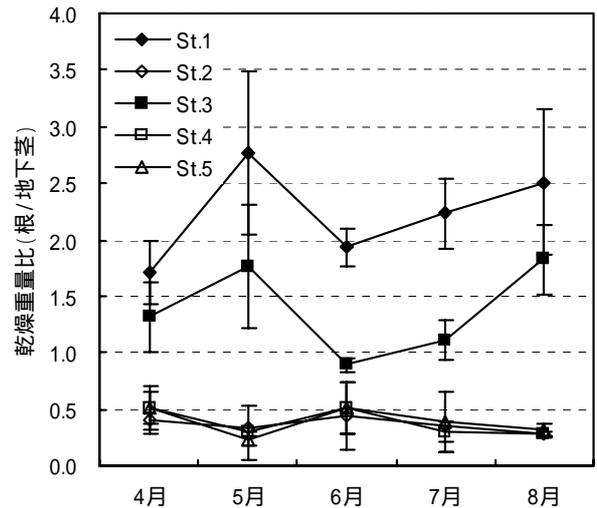


図-14 根と地下茎の比

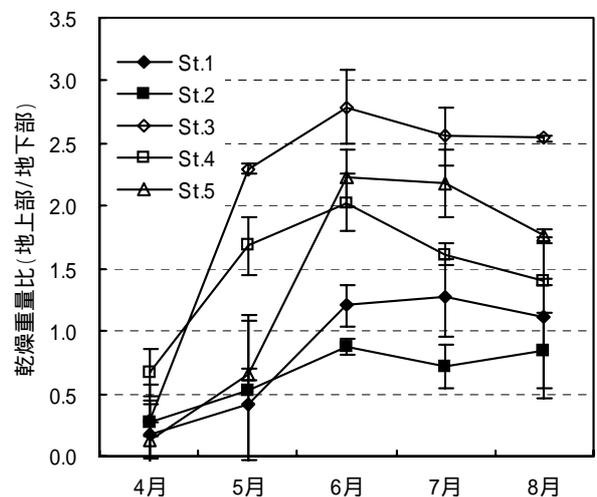


図-15 地上部と地下部の比

(2) 土壌の栄養塩濃度が生長に及ぼす影響

今回観測を行った荒川熊谷の砂州は、土壌中の水分が極めて少ない(図-9)。図-16に土壌中の間隙水内の栄養塩量から求めた根の発達した深度までの、ツルヨシが吸収可能な栄養塩量を示す。また、図-17にツルヨシ体内に含まれるT-NおよびT-P量を示す。これらによると、ツルヨシが吸収可能な栄養塩量は砂質土壌の方が礫質土壌よりも高くなっており、ツルヨシ内部に蓄積された栄養塩量も砂質土壌の方が礫質土壌よりも高くなっていった。

さらに、ツルヨシがアクセス可能な土壌のT-N量はツルヨシ内部に蓄積されたT-N量の10分の1程度であり、リンについては、土壌のBAP量はツルヨシ内部に蓄積されたT-P量の100分の1程度であった。ここで、観測期間である5ヶ月間の土壌からの栄養塩の吸収を考えても蓄積栄養塩量には足りず、この砂州に生育するツルヨシは明らかに栄養塩律速を受けていることが考えられる。

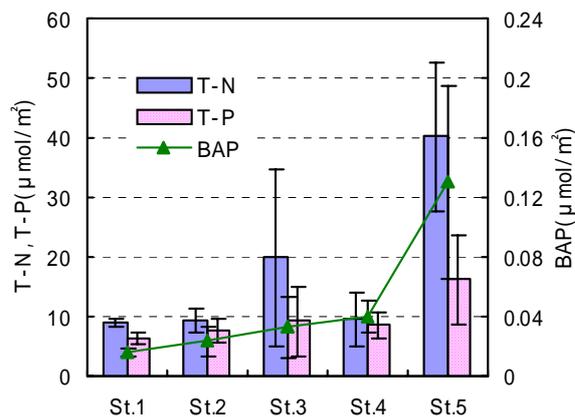


図-16 ツルヨシが吸収可能な土壌の栄養塩量

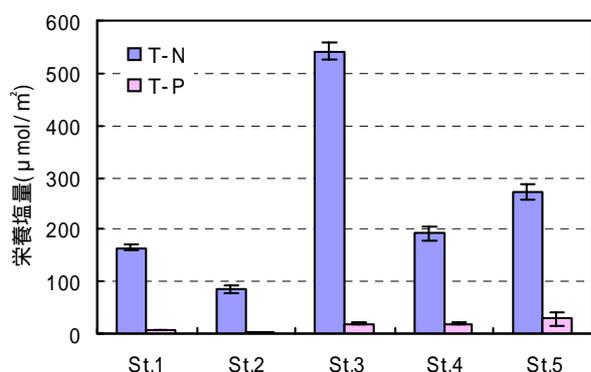


図-17 ツルヨシ内部に含まれる栄養塩量

(3) 匍匐茎のリター捕捉の役割

ツルヨシは、匍匐茎を伸ばして、その節から根を出し、新しい株を形成していくことで群落を拡大させる。そして新しい葉茎が発達すると、匍匐形から離れる。

今回観測を行った砂州は、新しい株の生長に十分な量の水や栄養塩があるとは考えられない場所であった。こうした砂州への栄養塩の供給は、冠水時に上流から流下する有機物の堆積による部分が支配的である³⁾。Asaeda et al,⁴⁾によれば、この流下有機物は植物に捕捉されて定着するとしており、ツルヨシが新しく進入する場所は、多くの場合、まだ他の植物が定着しておらず、流下有機物を十分捕捉できる状態にはない。

今回の観測によって、他の植物がない状況では、パイオニア的に進入したツルヨシの匍匐茎が、こうした有機物（リター）を捕捉する役割を果たしていることが確認された。また、図-18に示すように捕捉されたリターに含まれる栄養塩の割合は周辺の土壌に含まれる栄養塩の割合より大きく、特に窒素に関しては非常に大きなものとなっていた。さらに匍匐茎の背後には、より細かい砂が堆積することも確認された。これらツルヨシの堆積作用によって、新しい株を成長させるのにより適した環境が作られていくと考えられる。

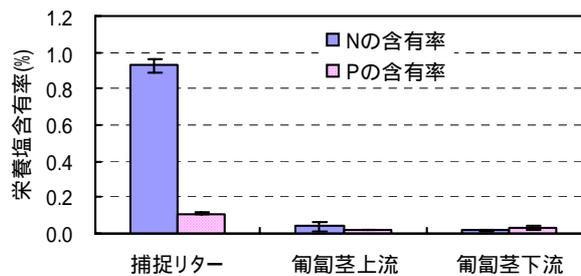


図-18 リターに含まれる栄養塩

5. 結論

本研究で得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 礫質土壌では、栄養塩や水分の不足による律速をより厳しく受けることから根の量を多くし、砂質土壌では、次年の生長をより活発にするために地下茎の量を多くする。また、砂質土壌では地下茎による栄養繁殖が卓越するが、礫質土壌では地下茎による栄養繁殖が行われにくいのために、相対的に匍匐茎による繁殖が卓越する。
- (2) 出水時に匍匐茎が捕捉するリターは、それが流水に対して抵抗となり、匍匐茎の背後に砂が堆積させる。また、捕捉されるリターには周辺土壌よりも高い栄養塩が含まれている。

以上から、礫が卓越する場所にあるツルヨシも、冠水時に有機物や砂の捕捉を行うことで土壌中栄養物質を徐々に蓄積させ、それにより、現在、砂質土壌にあるツルヨシのように地上部をより大きくすることが可能になって、蓄積した栄養を狙う他の植物との競争において優位にたつことを可能にすると考えられる。

参考文献

- 1) T.Asaeda, D.N.Hai, J.Manatunge, D.Williams, & J.Roberts : Latitudinal characteristics of below- and above-ground biomass of *Typha*: a modelling approach, *Annals of Botany*, Vol.96, pp.299-312, 2005.
- 2) Lippert Indra, Rolletschek Hardy, Kühl Harald, Kohl Johannes-Günter : Internal and external nutrient cycles in stands of *Phragmites australis* – a model for two ecotypes, *Hydrobiologia*, Vol.408/409, pp.343-348, 1999.
- 3) L.Rajapakse, T.Asaeda, D.Williams, J.Roberts, & J.Manatunge : Effect of water depth and litter accumulation on morpho-ecological adaptations of *Eleocharis sphacelata*, *Chemistry and Ecology*, Vol.22(1), pp.47-58, 2006.
- 4) Asaeda, T., Fujino, T., and Manatunge, J., : Morphological adaptations of emergent plants to water flow: a case study with *Typha angustifolia*, *Zizania latifolia* and *Phragmites australis*. *Freshwater Biology*, Vol.50, pp.1991-2001, 2005.