

地下茎に着目した刈取られたヨシ *Phragmites australis*の回復戦略についての研究 REGROWTH STRATEGY OF HARVESTED POPULATION OF *PHRAGMITES AUSTRALIS* FROM THE RHIZOME ASPECTS

湯谷賢太郎¹・浅枝隆²・佐原範也³
Kentaro YUTANI, Takashi ASAEDA and Noriya SAHARA

¹正会員 工修 埼玉大学助手 工学部建設工学科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市下大久保255)

²正会員 工博 埼玉大学大学院教授 理工学研究科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市下大久保255)

³学生会員 工学士 埼玉大学大学院生 理工学研究科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市下大久保255)

Regrowth dynamics of common reed *Phragmites australis* after harvesting were investigated in a swampy section of Aikase-Park (35°51'N, 139°35'E). Shoots were harvested in June 2000 and July 2000. Observations were conducted from April 2001 to December 2001 particularly focusing on the reserve allocation to new to old rhizomes. Harvesting increased shoot density, however, decreased shoot diameter, shoot height and shoot biomass in the following season. Newly formed rhizomes were not affected by cutting event. Although 1-year-old rhizomes, produced in the treatment performed year, were decreased compared with a control stand. Older (3 to 5-years-old) rhizomes also reduced by consuming reserve materials for recovery from cutting damage.

These results imply that young reed communities are easily injured by accidental damages because of their small reservations. For wetland management, harvesting in June most efficiently suppress reed stands.

Key Words : *Phragmites australis*, regrowth, harvesting, rhizome age, reed control

1. はじめに

湖岸や河岸に形成されるヨシ (*Phragmites australis*) 帯は、緑の帯を形成し、見た目に大変美しく景観的価値が高いだけでなく、密に存在するヨシの葉茎は、多くの生物の棲家となり¹⁾、茎を通して地下茎へ酸素を送る通気機能は、嫌氣的な土壤中を好氣的にし、水質浄化に役立つといわれる²⁾。さらに、よく発達した地下茎構造は護岸の侵食防止に寄与し³⁾、湖岸帯に密生するヨシの葉茎の持つ消波機能も注目されている⁴⁾。そのため、ヨシは土木工学的にも生態学的にも重要な植物であるといえる。

上記のように注目されるヨシであるため、各地で植栽や、既存ヨシ原の保護により、湖岸・河岸ヨシ原を維持していこうとする試みが行われている。しかしその一方では、中小河川低水護岸内のヨシは、河川管理上の理由から刈取られることが多い。さらに、人工的に植栽した場合においても、ヨシが異常に繁茂してしまった場合などには、環境を管理する目的で、刈取り等を行う必要がある。特に、人工的に整備したウェットランドでよく見られるヨシの異常繁茂は、洪水などの自然の攪乱作用が

無いために生じるものである。また、ヨシ原は場合によっては生物多様性を損なうこともある。

本研究では、伝統的で、自然生態系に与える影響が少ないために、ヨシ原管理手法としてよく用いられる刈取りに注目した。

著者らは、過去にヨシの生長に及ぼす刈取りの影響として、刈取りを行った年の影響を報告した⁵⁾。刈取り後の葉茎再生は、刈取り時の地下茎貯蔵物質量によって左右され、貯蔵物質の少ない6月に葉茎を刈り取られたヨシ群落では、再生した2次葉茎において、顕著な葉茎直径の減少と、刈取り後の地下茎バイオマスの減少が確認された。しかし、刈取り翌年以降、どのようにヨシ原が再生していくのかについては報告されておらず、課題として残されている。

刈取り後、どのようにヨシ群落が再生するかは、ヨシ原管理上、非常に重要なテーマであるが、過去の研究においては、刈取り等のダメージを葉茎に与えてヨシ群落の再生の過程を調査した事例は少なく⁶⁾、特に、ヨシ群落の安定に重要な地下茎量に関する調査は存在しない。

また、近年の研究では、地下茎の物質貯蔵特性⁷⁻⁹⁾や呼吸量¹⁰⁾に地下茎年齢の違いが非常に大きく影響してい

ることが報告されている。これは刈取り後の再生の過程においては顕著に影響することが予想され、ヨシの繁殖戦略を解明する上で極めて重要な課題である。

現在、ヨシの生長の定量評価法として、数値モデルを用いる試みが行われている^{11)~13)}。しかし、モデルによる評価を行うためには、多くの情報やデータが必要となり、刈り取りのような外的影響に対する応答解析には課題が多い。

本研究では、刈取り翌年以降に、ヨシ群落がどのように回復していくのかに着目し観測を行った。特に、刈取りが、異なる年齢の地下茎に与える影響の違いに焦点を当て、今後、数値モデルにより刈り取り影響を定量評価できるような基礎データを得ることを目的としている。

2. 方法

(1) 観測地点

観測は埼玉県さいたま市の荒川河川敷内にある秋が瀬公園(35°51'N, 139°35'E)内の湿地にて行った。秋が瀬公園は荒川の河川敷内に位置しており、荒川に隣接してレクリエーション施設などが整備されている。約1000m²の観測地点は、ほぼ一様なヨシ群落に覆われている。ヨシ群落は形成後十年以上が経過していると予想され、平衡状態にあるものと考えられる。観測地点に流入する河川はなく、水の供給は降雨のみである。そのため、降雨直後には+20cm程度の水位となるが、乾燥時には-20cm程度となる。しかし、一年を通しての平均の水位は、通常±0cm程度である。観測を行った2001年のヨシ生長期における観測地点の水位は0cm~-20cm程度であった。観測地点の地質は均質で、表層はやわらかく有機質に富む黒色土であり、地下40cm~50cm程度の深さに固い粘土の層が存在している。そのため、ヨシの地下茎のすべてはこの表層内に存在していた。

また、観測期間中に計4回観測地点の表層水もしくは地下水のアンモニア態窒素、硝酸態窒素、リン酸態リン濃度の分析を行った^{14) 15)}。結果の平均値±標準偏差はそれぞれ0.076±0.050, 0.123±0.049, 0.021±0.011mg/lであった。

(2) 観測方法

1999年の5月から11月にかけて、観測に適当な時期と葉茎の刈取り高さ、必要最小限のサンプル数、試料採取時の面積と地下茎採取時の深さ、その他の必要な知識を得るための予備観測を実施した。以下の観測条件等は、この予備観測の結果から統計的かつ経験的に導き出されたものである。

観測地点のヨシ原は面積の等しい3つの区域に分け(5m×10m×3)、3分の1は対照区として刈取りを行わず、残りの2つの区域では2000年6月1日、7月3日にそれ

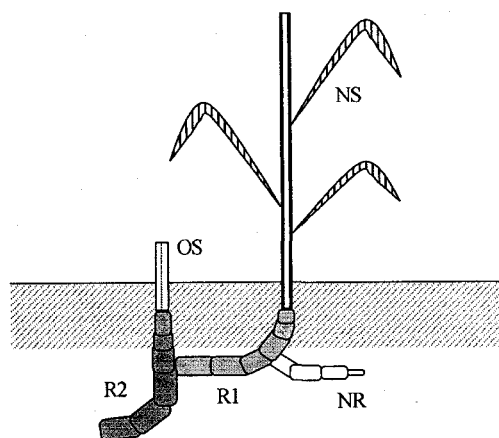


図-1 ヨシ地下茎の枝分かれ構造と地下茎年齢概略図。

NS: 新葉茎, OS: 古(枯死)葉茎, NR: 新地下茎
R1: 1年目(以上)地下茎, R2: 2年目(以上)地下茎。但し、R1<R2。

ぞれ葉茎の刈取りを実施した(以下、それぞれ地点Ⅰ、地点Ⅱ、地点Ⅲと記す)。1999年に行った予備観測により、6月は葉茎生長速度が大きい地下茎バイオマスが最小であり、7月は葉茎生長速度が小さいものの、地下茎バイオマスはその最大量を示す8月と最小値を示す6月との中間程度に位置することが分かっていった。

刈取りには園芸用の選定バサミを使用した。また、刈取りに際しては、刈取り後の切り株が水没するのを防止するため、地上30cm程度で刈取り、刈取った葉茎はリターの堆積による悪影響を避けるために、観測地点からすべて取り除いた。

(3) 試料の採取と分析方法

予備観測の結果を元に、試料の採取はおおよそ月1度、各地点から3つずつ、計9つの試料を1回のサンプリングで採取した。葉茎の試料は均質で同様な葉茎密度の0.125m²(0.25m×0.5m)の範囲から採取し、地下茎は、葉茎を採取した同じ地点の地下60cmまで採取した。試料の採取は、刈取りを実施した翌年の、2001年の4月から12月までの期間に行った。

1回目の試料の採取は葉茎の生長が開始する2001年4月17日に開始した。葉茎は地表面ではさみを用いて切り取り、ビニル袋に入れて研究室に持ち帰り、葉茎高さ、直径および本数を計測し、その後、乾燥重量を測定した。

地下茎は、シャベルを用いて、葉茎を採取した地点の真下から採取した。なお、サンプリングに際しては、将来のサンプリングに影響を残さないように、周囲へのダメージが最小になるようにした。予備観測により、地下茎の95%以上が表層40cmに含まれていることが確認されたものの、サンプリングの際には、土を60cm以上の深さでブロック状に掘り出し、極力地下茎に傷をつけることを避けた。得られた試料は土ごとビニル袋に入れて実験室に持ちかえり、ジェット水流とふるいを用いて土

を洗い流した。次に、得られた地下茎試料は、生きている地下茎と枯死している地下茎とに分類した後、生きている地下茎はCizkova & Lukavskaの方法⁹⁾を参考に、地下茎年齢ごとに分類した。彼女らによれば、ヨシの地下茎の枝分かれは、温帯地域では通常1年に1回である。さらに、地下茎は年齢が上がるにしたがって、色が濃く変色していく。そのため、地下茎の枝分かれ構造(図-1)と色を参考にするにより、ヨシの地下茎は年齢ごとに分類できる。

すべての試料は、最終的に5cm前後に切った後、85℃で定量になるまで乾燥させた後乾燥重量を測定した。

得られた各地点間のデータの検定には、Kruskal-Wallisの方法(one-factor ANOVA, nonparametric method)を用いた。また、観測結果は、以下、平均値±標準偏差の形で表している。

3. 結果

観測は2001年4月17日より開始した。この時点において、ほぼ全ての芽が既に出芽しており、20cmほどに生長していた。試料の採取は天候等に左右され、完全に等間隔で行うことができなかった。そのため、試料を採取した月の代表値というわけではないが、本稿においては便宜的に以下4月の値、5月の値～12月の値のように表すこととする。

(1) 葉茎密度

図-2には葉茎密度の観測結果を示してある。観測結果にばらつきはあるものの、地点Ⅱと地点Ⅲでは、対照区である地点Ⅰと比較して、葉茎密度が増加することが確認された。さらに、検定によっても、地点Ⅰと他の2地点間には有意な差が確認された($p<0.001$)。しかし、地点Ⅱと地点Ⅲの間には有意な差は確認されなかった。1年を通しての葉茎密度は、地点Ⅰ、Ⅱ、Ⅲでそれぞれ、 119.2 ± 31.0 , 151.3 ± 31.9 , 178.7 ± 39.7 ind./m²であった。

刈取りを行った地点において、翌年に葉茎密度の増加が見られたため、刈取りは、翌年の葉茎密度を増加させる効果があることが確認された¹⁰⁾。

(2) 葉茎直径

図-3には葉茎直径の観測結果を示してある。対照区である地点Ⅰの茎の直径は 5.56 ± 1.32 mmであったのに対し、地点Ⅱ、地点Ⅲ共に刈取りの影響により直径が減少した(それぞれ、 3.99 ± 1.05 , 4.32 ± 0.91 mm)。さらに、葉茎直径に関しては、前年の刈取り時期の違いにより、各地点間で有意な差が確認され($p<0.0001$)、減少率では7月に刈取った地点Ⅲよりも6月に刈取った地点Ⅱのほうが大きく、地点Ⅲの直径減少率が20%程度であるのに対し、地点Ⅱの直径の減少率は30%程度であった。

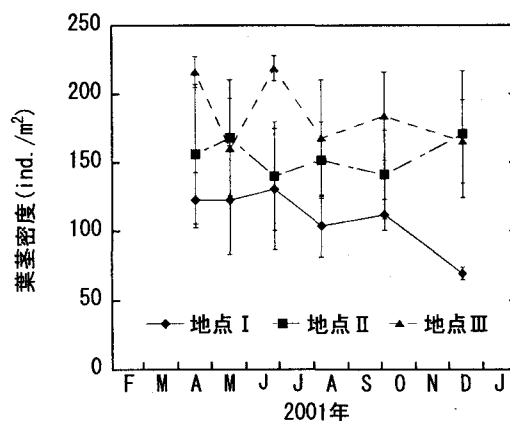


図-2 葉茎密度の観測結果。バーは標準偏差。

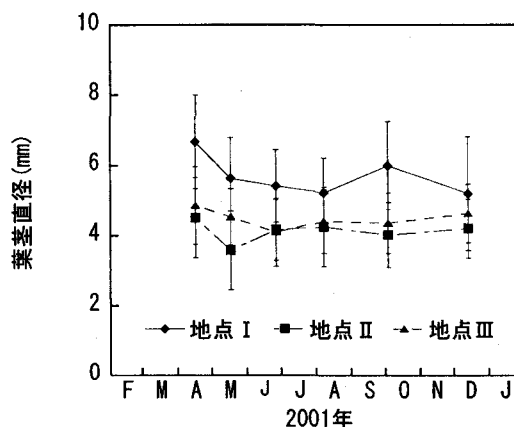


図-3 葉茎直径の観測結果。バーは標準偏差。

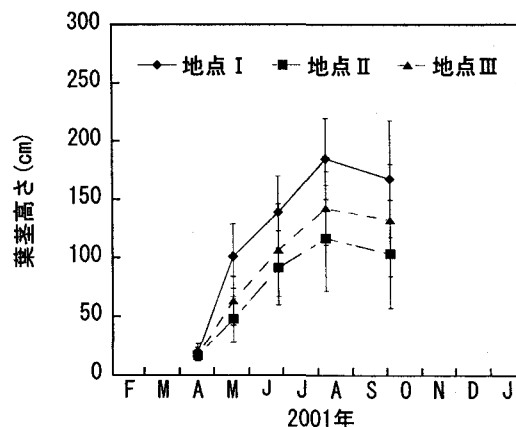


図-4 葉茎高さの観測結果。バーは標準偏差。

(3) 葉茎高さ

図-4には刈取り翌年に再生した葉茎の高さの変化を示してある。2001年は、全ての地点でほぼ同時に出芽が見られた。葉茎は8月まで生長を続け、11月には完全に枯死しているのが確認された。8月の時点での地点Ⅰの平均の葉茎高さは 185 ± 34.7 cmであった。2001年4月から8月までの葉茎生長速度は地点ⅠからⅢでそれぞれ、1.49, 0.90, 1.12 cm/dayであった。なお、観測された最大の葉

茎高さは、10月に地点Ⅰで観測された301cmであった。
葉茎高さには各地点間で有意な差が確認され
($p<0.0001$)、前年に行った刈取りの影響が、翌年にお
いても継続していることがわかる。

(4) 葉茎バイオマス

図-5には葉茎バイオマス(乾重)の変化を示してある。
地点Ⅰと地点Ⅲでは、ほぼ同様な葉茎バイオマス増加傾
向を示し、4月の出芽後6月までに急速に増加した。それ
に対し地点Ⅱでは4月から8月まで葉茎バイオマスが増加
し続けた。それぞれの地点におけるバイオマス増加速度
は地点ⅠからⅢでそれぞれ13.73、6.98、9.13 $\text{g/m}^2/\text{day}$ で
あった。

地点Ⅲのヨシは高さにおいては対照区と比較して劣る
ものの、密度が高いため、結果として同程度のバイオマ
スとなった。

(5) 全地下茎バイオマス

図-6には全地下茎バイオマス(乾重)の観測結果を示
した。なお、参考のため、刈取りを行った年(2000年)
に観測された地下茎バイオマス⁵⁾についても表示してあ
る。

地点Ⅰにおいて地下茎に蓄えられた物質は葉茎の生長
のために消費され⁷⁾、4月から5月まで一定の割合で減少
した。生きている地下茎の平均のバイオマスは4月上旬
に1820 g/m^2 であったものが、5月上旬には初期の値と比
較して15%程度減少し、1595 g/m^2 にまで減少した。その
後、生きている地下茎バイオマスは、10月まで増加した
後、10月から12月の間に減少した。

前年に刈取りを行った地点のうち、地点Ⅲの生きてい
る地下茎バイオマスの変化は、対照区である地点Ⅰとほ
ぼ同様な値で同様な変化パターンを示した。それに対し
、前年の6月に刈り取りを行った地点Ⅱでは、変化のパ
ターンは同様であるものの、生きている地下茎バイオマ

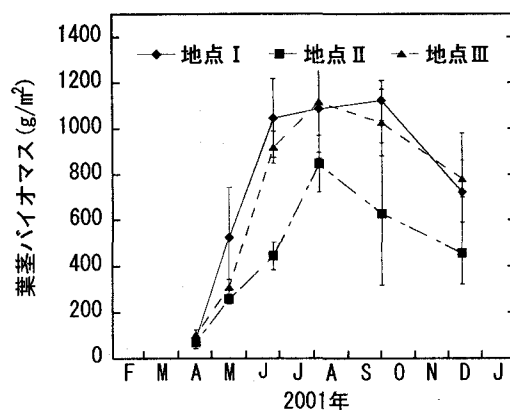


図-5 葉茎バイオマスの観測結果。バーは標準偏差

スの値は、地点Ⅰ、Ⅲよりも低い値となった。しかし、
12月の時点で、3つの地点の地下茎バイオマスはほぼ同
程度となった。

枯死地下茎では、4月から6月の間に増加したが、地点
Ⅱの枯死地下茎バイオマスは、他のⅠ地点と比較して高
い値となった。

(6) 地下茎年齢別バイオマス

図-7には地下茎年齢別のバイオマス(乾重)の観測結
果を示してある。図を見ると、各年齢の地下茎のうち、
高年齢の3、4、5年目の地下茎が、図-6に示した、生き
ている地下茎バイオマスの変化と同様な変化を示すこと
がわかる。新地下茎では、1年を通して増加傾向を示し
た。

6月に刈取りを行った地点Ⅱでは、全ての年齢で、地
点Ⅰと比較して、バイオマスの減少が見られた。減少量
は1年目の地下茎では大きな値が確認されたが、2年目以
上の地下茎では、年齢が高いほど大きな減少量が確認さ
れた。しかし、新地下茎では地点Ⅰと同様な値となった。

7月に刈取りを行った地点Ⅲにおいては、1年目の地下

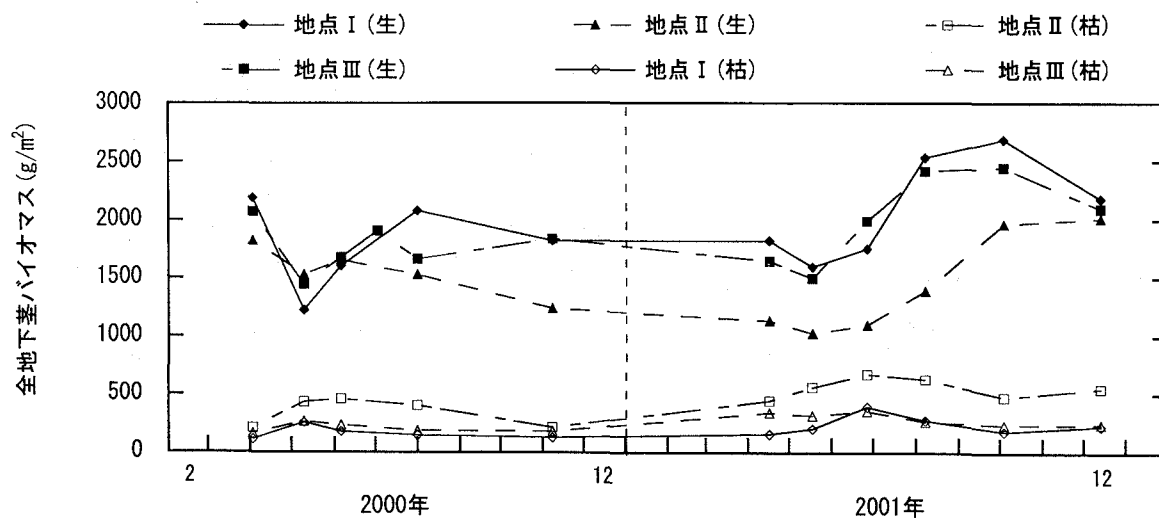


図-6 全地下茎バイオマスの観測結果。2000年の観測結果は湯谷ほか(2002)⁵⁾より。

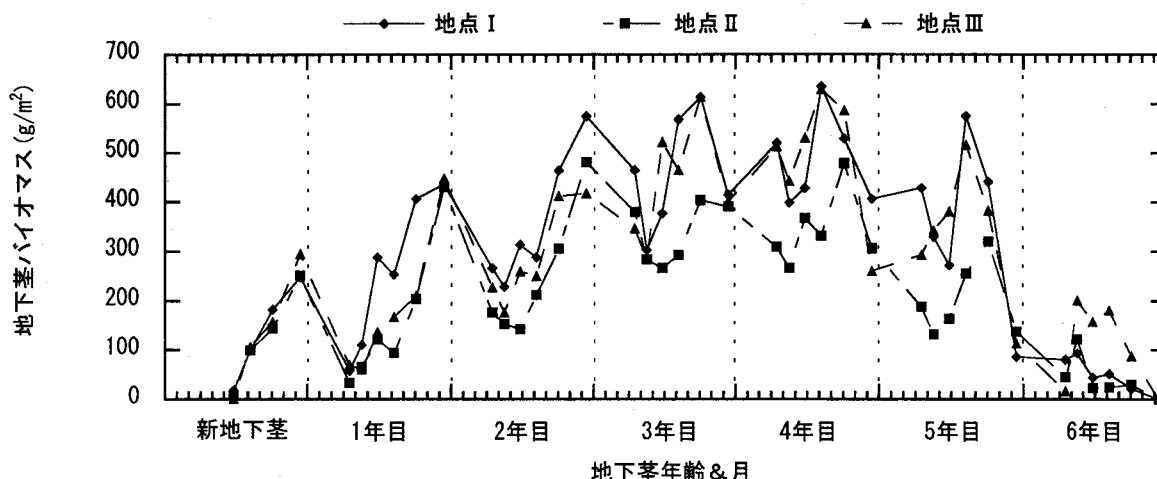


図-7 年齢別地下茎バイオマスの観測結果. 地下茎の年齢は観測を行った2001年の生長期中に新たに形成された地下茎を新地下茎, 2000年に形成されたと判断されるものを1年目地下茎, 以降1999年~1995年の生長期に形成されたと判断される地下茎をそれぞれ2~6年目地下茎とする.

茎で, 地点Ⅱと同程度の減少が見られた. しかし, 2年目から5年目の地下茎バイオマスでは, 地点Ⅰと地点Ⅲの間に目立った差は確認されなかったが, 6年目の地下茎バイオマスでは, 地点Ⅲが高い値となった. 新地下茎バイオマスは, 地点Ⅱと同様に, 地点Ⅰとの間に違いは見出せなかった.

4. 考察

ヨシの葉茎には形態的に分けて2種類存在する. ひとつは, 地中深くの水平地下茎から分枝した地下茎が地上にまで達したもの, 別のひとつは, 既に存在する葉茎の側方に形成された芽が地上に達したものである¹⁷⁾. 前者の方は太く高い葉茎に生長するが, 後者の方は細く低い場合が多い. 刈取りや野焼き, 食害等の攪乱を受け, 葉茎を失うと, ヨシは多くの側方芽を形成して群落の再生をはかろうとする¹⁸⁾. 本研究において, 刈取りにより葉茎密度が増加し, 葉茎直径が減少したのは上記のような理由によるものと考えられる.

ヨシの葉茎高さは出芽時の芽の直径によってほぼ決定される¹⁹⁾. さらに, 春に出芽する芽は前年の秋に既に形成されたものが越冬したものである²⁰⁾. そのため, 刈取りの影響により, 何らかの変化が2000年のヨシ群落に現れた場合, その影響が翌年まで続く事は容易に予測できる. 過去の研究において, 刈取りの影響により2000年11月に確認された芽の直径が減少しており⁹⁾, その影響で葉茎高さは減少したといえる.

刈取りのような攪乱の影響は地下茎の物質貯蔵量と関係しており, 葉茎出芽後に急激に減少し6月ごろに最低となり, その後増加する地下茎バイオマスの変化と密接な関係がある⁹⁾. 本研究における6月は地下茎バイオマス

最低期に当たっており, 7月は増加期に当たっていた.

過去の研究の多くは, ヨシを抑制することを目的として行われたものが多い. そのため, 刈取りの影響が, 地下茎の状態で決定されることが分かっていながら, その後の地下茎の変化に着目した研究は無い. 地下茎の生長には葉茎の光合成生産物が不可欠であり, 葉茎が影響を受ければ当然地下茎も影響を受けていると予想できる.

本研究で, 6月に刈取りを行った地点Ⅱで他の地点と比較して生きている地下茎バイオマスが低い値となったのは, 前年の刈取りの影響により, 地下茎バイオマスが減少し, 十分に回復する以前に出芽を迎えたためである(図-6). しかし, 刈取り翌年の12月には対照区である地点Ⅰと同程度の値となったことから, 刈取り翌年の冬には地下茎が刈取りの影響から十分に回復したと考えられる.

刈取りの影響により, 刈取り時期に関係なく, 翌年の1年目の地下茎バイオマスは減少した. 1年目地下茎は刈取りを行った年に形成されたものであるため, 刈取りの影響により, 新しい地下茎を十分に形成できなかったためであると考えられる.

刈取り翌年に, 大きな影響を残した地点Ⅱでは, 高い年齢の地下茎ほど, より大きな地下茎バイオマスの減少が確認された. これは, 一つには刈取りからの回復に, 高年齢の地下茎に蓄えられた物質を優先的に使用したためであり, また, 他方, 地上部から地下茎への還元が若い地下茎を中心に行われた結果と考えられる. ヨシの生長は地下茎のバイオマスに大きく依存していること, また, この地域ではヨシの地下茎の寿命は6年程度であることを考慮すると, 物質還元を均等に行うのではなく, 若い地下茎に重点的に行うことによって, 数年のうちに地下茎を完全に回復させることが可能であり, ヨシの群落維持のための生長戦略と考えられる.

本研究では、葉茎を刈取ったが、刈り取りはヨシの葉茎に与えられる攪乱として考えることができる。攪乱からの回復に、高年齢の地下茎に蓄えられた物質を優先的に用いるという考えが正しいとすると、形成後1~2年の若い群落では、攪乱を受けると、本研究で確認された影響よりもより大きな影響があることも考えられる。そのため、ヨシの植栽を行う場合には、形成後数年間は葉茎へのダメージを防ぐような工夫の必要性を示している結果であるといえる。

また、6月に刈取りを行った地点では、その翌年にも大きな影響が残されていた。このことは、ヨシの適度な抑制を目的に刈り取りを実施する場合は、6月刈取りが効率良くヨシを管理できる手法であることを示しているといえる。

5. 結論

本研究により、以下のようなことが明らかとなった。

- ① 刈取り翌年のヨシの葉茎には、密度の増加、直径の減少、高さの減少、バイオマスの減少という影響が残った。
- ② 刈り取りの地下茎への影響は、刈取りを行った年に形成される地下茎と、高年齢の地下茎に大きく現れ、高年齢の地下茎への影響は、刈り取りからの回復に、高年齢地下茎の貯蔵物質を優先的に利用したことと、地上部から地下茎への還元が若い地下茎を中心に行われたためである。また、このことにより、数年のうちに地下茎を完全に回復させることが可能となる。
- ③ 刈り取りからの回復のために、3~5年目の高年齢の地下茎が消費されたことから、形成後1~2年の若いヨシ群落では、葉茎にダメージを受けた場合に、十分回復できない可能性が考えられる。
- ④ ヨシの抑制には、地下茎への地上からの還元が開始する直前の6月の刈り取りが有効である。
- ⑤ 本研究の結果で、今後のヨシの刈り取りのモデルによる定量評価手法の確立に極めて有効な情報が得られた。

参考文献

- 1) 桜井善雄：湖岸沿岸帯の環境変化と植生の保全、用水と排水, Vol. 36, pp. 28-32, 1994.
- 2) 細川恭史, 三好英一, 古川恵太：ヨシ原による水質浄化の特性, 港湾技術研究所報告, Vol. 30, pp. 205-237, 1991.
- 3) Bonham, A.J.: The management of wave-suspending vegetation as bank protection against boat wash, *Landscape Plann.*, Vol. 10, pp. 15-30, 1983.
- 4) Coops, H., Geilen, N., Verheij H.J., Boeters, R. and van der Velde, G.: Interactions between waves, bank erosion and emergent vegetation: an experimental study in a wave tank, *Aquatic Botany*, Vol. 53, pp. 187-198, 1996.
- 5) 湯谷賢太郎, 浅枝隆, シロミ・カルナラツヌ：夏季の刈取りがヨシ (*Phragmites australis*) の生長に及ぼす影響, 水環境学会誌, Vol. 25, pp.157-162, 2002.
- 6) Thompson, D.J. and Shay, J.M.: The effects of fire on *Phragmites australis* in the Delta Marsh, Manitoba, *Can. J. Bot.*, Vol. 63, pp. 1864-1869, 1985.
- 7) Fiala, K.: Underground organs of *Phragmites communis*, their growth, biomass and net production, *Folia Geobot. Phytotax.*, Vol. 11, pp. 225-259, 1976.
- 8) Klimes, L., Klimesova, J. and Cizkova, H.: Carbohydrate storage in rhizomes of *Phragmites australis*: the effects of altitude and rhizome age, *Aquatic Botany*, Vol. 64, pp. 105-110, 1999.
- 9) Cizkova, H. and Lukavska, J.: Rhizome age structure of three populations of *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.: Biomass and mineral nutrient concentrations, *Folia Geobot.*, Vol. 34, pp. 209-220, 1999.
- 10) Cizkova, H. and Bauer, V.: Rhizome respiration of *Phragmites australis*: Effect of rhizome age, temperature, and nutrient status of habitat, *Aquatic Botany*, Vol. 61, pp. 239-253, 1998.
- 11) Asaeda, T., and Karunaratne, S.: Dynamic modeling of the growth of *Phragmites australis*: model description, *Aquatic Botany*, Vol. 67, pp. 301-318, 2000.
- 12) Karunaratne, S., and Asaeda, T.: Verification of a mathematical growth model of *Phragmites australis* using field data from two Scottish lochs, *Folia Geobot.*, Vol. 35, pp. 419-432, 2000.
- 13) Asaeda, T., Nam, L.H., Hietz, P., Tanaka, N., and Karunaratne, S.: Seasonal fluctuation in live and dead biomass of *Phragmites australis* as described by a growth and decomposition model, *Aquatic Botany*, Vol. 73, pp. 223-239, 2002.
- 14) 北村秀樹, 石谷寿, 久下芳生, 中本雅雄：ヒドラジン還元法による水中の硝酸イオンの定量, 水質汚濁研究, Vol. 5, pp. 35-42, 1982.
- 15) 西條八東, 三田村緒佐武：新編湖沼調査法, 講談社サイエンスフィク, 1995.
- 16) Asaeda, T., Manatunge, J., Fujino, T. and Solvia, D.: The effect of increased salinity and cutting on the development of *Phragmites australis* and implications for management, *Wetland Ecology and Management*, 2002. (in press)
- 17) Haslam, S.M.: The development of annual population in *Phragmites communis* Trin., *Ann. Bot.*, Vol. 34, pp. 571-591, 1970.
- 18) van der Toorn, J., and Mook, J.H.: The influence of environmental factors and management on stands of *Phragmites australis*, *Journal of Applied Ecology*, Vol. 19, pp. 477-499, 1982.
- 19) Haslam, S.M.: Biological flora of the British isles, *List Br. Vasc. Pl.*, Vol. 665, pp. 585-610, 1958.
- 20) Haslam, S.M.: The development and Emergence of Buds in *Phragmites communis* Trin., *Ann. Bot.*, Vol. 33, pp 289-301, 1969.

(2002. 9. 30受付)