

種子から発芽したヨシの成長過程における地上部 および地下部現存量の変化

Growth Characteristics of Ground and Underground parts
of Reed Budding from Seed.

(平成 14 年 9 月受理)

原 田 正 光* (HARADA Masamitsu)

Abstract

Various substance conversion of nitrification, denitrification and organic decomposition are performed in the rhizosphere of a reed, a kind of the emerging plant, by the soil microbe activated and supplied of the oxygen and the organic matters from its ground part. In this study, the growth of a ground and an underground part of the reed budding from the seed and the change of the soil in the rhizosphere was investigated in order to clarify the mechanism of the decomposition and the reduction of the soil in the rhizosphere.

It was estimated that the increase rate of total biomass and its containing organic carbon was about 2.3 mg per day and 1.0 mg per day respectively from spring to summer, and that a ground part biomass of reed having the same stem thickness could be expressed with regression curve using its stem height. The rate of an active underground part to total biomass of a reed became smaller gradually since it was transplanted, and the value was about 0.45 at the time when the amount of a ground part became the maximum. More organic carbon in the reed-planting soil was suggested to be decomposed at the time when the growth of an underground part of reed is more active than a ground part.

Keywords: underground part of reed, organic carbon, microbial decomposition, budding of seed, planting soil

1. はじめに

古来、わが国の沿岸域には広大なヨシ原が存在していたが、干拓や埋め立てにより農地、宅地、工業地帯へと変えられ、その面積が次第に減少してきた。しかし、ここ数十年の間に、ヨシ原は岸辺の浸食抑制や洪水調節などの河川管理面における機能、魚介類や昆虫類、鳥類の繁殖、成育など生物の生息空間としての機能、水中の有機物分解や栄養塩類吸収、根圏微生物による脱窒など水質浄化機能、更には水辺空間の景観構成要素としての機能等を有しており¹⁾⁴⁾、将来に残すべき自然としてはかけがえのない環境であることが認識され、その積極的な保全の動きが見られるようになった⁵⁾⁶⁾。

ヨシは、被子植物単子葉類イネ科の多年草であり、繁殖は種子または地下茎で行われる。ヨシ原では地下茎で繁殖するのが一般的で、地上部の植物体が生育す

る期間に光合成により作られた有機物が地下部へ運ばれ、地下茎や根を増大させる。翌春には、この貯蔵された養分を利用して萌芽が行われ、このサイクルにより広大なヨシ原が作られてきたわけである。

ヨシの地下部の拡大は、根の表面積を増加させ、栄養塩類の吸収を高めるだけでなく、地上部から嫌気性土壌中への酸素供給や光合成により作られた有機物の供給を助け、根の表面近傍での微生物の活性を高める。これにより、根圏における効率が高い水質浄化作用が行われることが知られており、人工湿地における浸透流れ方式⁷⁾はこの根圏の働きを最大限に利用しようとするものである。しかしながら、ヨシ根圏の発達から水質浄化能を評価した例は少なく、根圏の働きは十分に定量化されているとは言い難い。そこで筆者は、これまで根圏の発達に伴う根圏への酸素供給という観点から土壌中の酸化還元電位 (ORP) の変化と硝化や脱窒の挙動について検討を行ってきた⁸⁾⁹⁾。その過程で、

*: 福島工業高等専門学校 建設環境工学科

根圏の発達に伴い植栽土壌の分解・減量化が生じることも着目することができ、ヨシの地上部から根圏に送られる酸素と有機物による土壌分解に関する検討を行なっている。

本論文は、種子から発芽した1年目のヨシの成長に伴う地上部現存量と地下部現存量の変化、植栽土壌性状の変化について、試験管培養実験を通して調べたものである。

2. 研究方法

2-1 ヨシの種子

実験に用いたヨシの種子は、2000年10月に福島県いわき市平沼ノ内地内にある二級河川弁天川河口付近から採取し、冷暗保存しておいたものである。

2-2 播種及び発芽

ヨシの播種は2001年12月30日に行った。直径92mm、高さ18mmのシャーレを3枚苗床として用いた。シャーレの中に脱脂綿を薄く敷き詰めた後、蒸留水で湿らせ、その上にヨシ種子をそれぞれ約30個播種した。シャーレには、種子が乾かないように上蓋をし、温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の条件で発芽させた。

2-3 試験管培養

内径12mm、高さ150mmのガラス試験管に湖沼底質を試験管上端から10mmの高さまで充填した。底質には、1999年8月に福島県いわき市平沼ノ内地内にある賢沼から採取したものをを用いた。底質の性状¹⁰⁾についてはTable 1に示す。植物の成長には、カリウム、窒素、リン等の栄養素や銅や亜鉛等の微量成分が地上部や地下部の成長に影響を及ぼすのが一般的である。しかしながら、賢沼に自生しているヨシも毎年順調な成長を遂げていることから、ここでは特にこれらの物

質の調整は行わずに最初に与えられた底質中の成分のみによる成長を把握することにした。

この試験管を27本用意し、底質上に高さ10~20mm程度のヨシ発芽苗を1本ずつ移植した。移植後は底質表面が乾かないようにするために、毎日試験管の上端まで蒸留水を満たしながら培養を行った。また、地下部を暗条件にするために、試験管を1本ずつアルミホイルで巻いた。これらを試験管立てに並べ、温度 $22 \pm 2^\circ\text{C}$ の実験室の窓際で地上部に太陽光が当たる場所に置いた。

2-4 地上部及び地下部現存量の測定

各試験管の茎高さを1ヶ月に2回程度測定し、成長の様子を観察した。また、成長に応じて3本の試験管を解体し、根と底質土壌を分離した後、地上部(茎と葉)の高さ、湿潤および乾燥重量、地下部(根)の乾燥重量を測定した。乾燥条件は 110°C 、4時間とした。また、地上部と地下部の有機態炭素量を固体燃焼装置(SHIMADZU SSM-5000A)を用いて測定した。

2-5 植栽土壌の性状分析

予め測定した試験管の空重量および底質土壌の含水率と底質充填後の試験管重量を測定することにより、試験管に充填された底質土壌の乾燥重量を算出した。このように求めた初期乾燥重量と解体後の乾燥重量の測定から、ヨシ植栽による土壌重量の変化を検討した。また、底質の有機態炭素量についても植栽前後で測定を行い、植栽による有機態炭素量の変化を調べた。

3. 結果及び考察

3-1 茎高さ

Fig.1は、試験管培養におけるヨシ茎高さの変化を示す。実験の途中では、形成された地下茎からの萌芽が一部に見られたが、各試験管で最も大きい株をそれ

Table 1 Soil analysis using fluorescence X-ray spectrometer.

Ingredient	Weight %	Ingredient	Weight %
C	19	CaO	1.35
N	2	TiO ₂	0.73
Na ₂ O	0.64	MnO	0.13
MgO	1.17	Fe ₂ O ₃	5
Al ₂ O ₃	12.8	NiO	0.10
SiO ₂	55	CuO	0.021
P ₂ O ₅	0.28	Co ₂ O ₃	Trace
SO ₃	1.45	ZnO	0.022
Cl	0.06	Rb ₂ O	0.015
K ₂ O	1.14	SrO	0.014

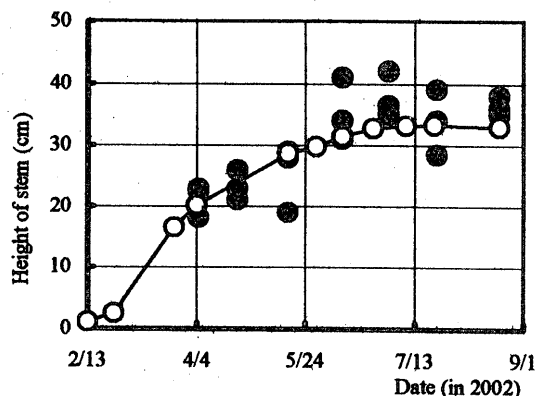


Fig. 1 Height of the stem of a reed budding from a seed. Mark of white circle shows a mean value of full samples in every stage of growth.

原田：種子から発芽したヨシの成長過程における地上部および地下部現存量の変化

それぞれの茎高さとした。解体は成長段階で3本ずつ、全部で21本行ったが、試験管培養したヨシすべてについて、定期的に測定した茎高さの平均も図中に示した。今回の試験管培養では、2月半ばから6月末までの約140日間は順調に伸び、茎高さ35cm程度になったが、7月以降はその伸びが停滞した。野外のヨシでは、3月中旬から萌芽して8月中旬頃まで茎高さを伸ばすのが一般的であり、これらに比べて1ヶ月半程度早めに成長が推移していた。茎高さに著しい違いはあるものの、茎高さの伸びが順調に起こる期間の長さは野外のヨシと比べてあまり違いがなかった。一方、ヨシの茎太さは、移植1ヶ月後以降はほとんど茎太さに変化が見られなかった。そして、各試験管の最も大きい株の茎太さはいずれも0.9mm程度であった。

3-2 現存量

(1) 地上部現存量

Fig.2は、ヨシ地上部現存量の変化を示す。ここでは、地下茎からの萌芽した株についても地上部現存量に含めた。茎高さの増加に伴い、6月末までは順調に地上部現存量が増加した。Fig.3は、茎高さと地上部

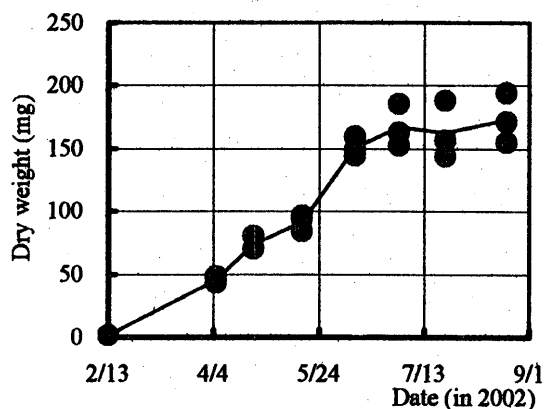


Fig. 2 Dry weight of a ground part of a reed. Solid line shows a mean value of three samples analysed at the same time.

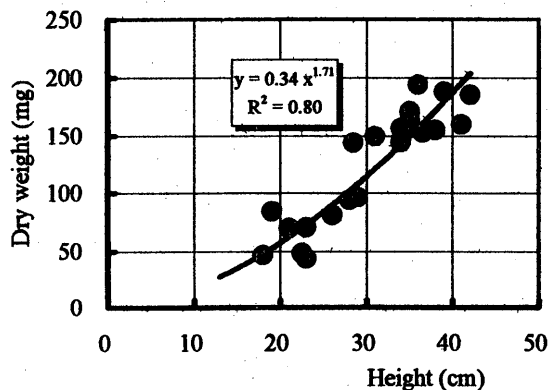


Fig. 3 Relation between the height of the stem and the dry weight of a ground part of a reed. Solid line shows the regression curve.

現存量の関係を示す。今回の実験では、地上部現存量は、茎太さが同じであれば茎高さのおおむね1.7乗に比例して増加することが示された。

ヨシの茎は、基本体とこれを包む葉鞘から成る。そして、葉鞘の先には一般に葉と言われる葉身が付いている。春先のヨシは全体に青々としていたが、成長するにつれて茎の元の方から次第に葉鞘および葉身が枯れ、基本体が木質化した。このことは、Fig.4に示す地上部含水率の変化にも現れており、移植当初87.5%を示した含水率が次第に低下し、成長が停滞した7月上旬にはおよそ50%になった。

(2) 地下部現存量

Fig.5は、ヨシ地下部現存量の変化を示す。地上部現存量と同様に6月下旬まではその現存量を増加させていた。7月以降は、サンプルによる違いはあるものの、概して6月下旬までのような増加は起こらなかった。地上部現存量の増加が停滞したために、地下部への養分の移行があまり起こらなかったことや萌芽した新しい芽の成長時期と重なったために、地下部現存量の増加には至らなかったものと考えられた。

Fig.6は、地上部と地下部の合計した現存量の変化

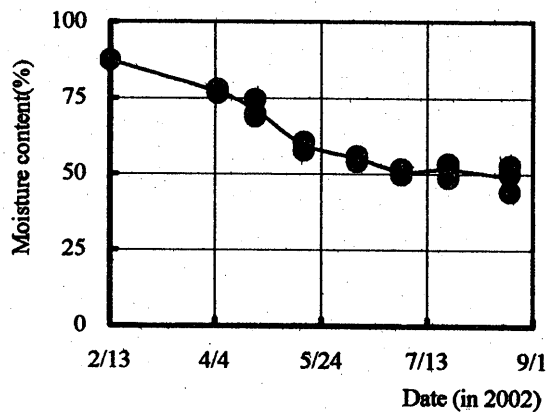


Fig. 4 Moisture content of a ground part of a reed.

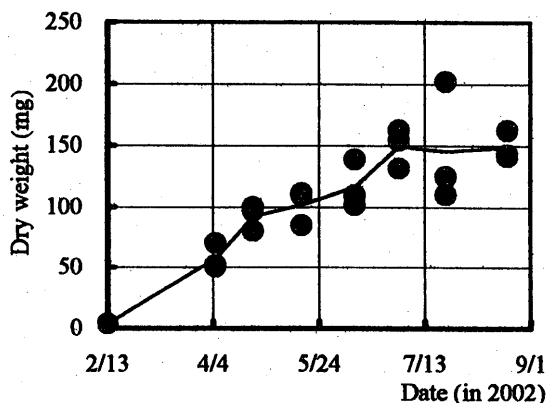


Fig. 5 Dry weight of an underground part of a reed.

を示す。地上部で順調に茎高さが増加する期間は、地上部とともに地下部での現存量の増加が生じており、この期間の現存量の増加速度は、乾燥重量ベースで1日に2.3mg程度であることが示された。

(3) 現存量に占める地下部の割合

地下茎の物質貯蔵量は年間を通して変動することが知られており、地下茎からの萌芽に伴って貯蔵量が減少するが、光合成による成長が盛んになると地下茎の貯蔵量が回復する。全体の現存量に対する地下部の割合、すなわち現存量の地下部/全体比は萌芽直前に最も高く、地上部の最大成長時期に最も低い値を示し、その後はまた増加するような年間のサイクルを持つ。しかしながら、成長の途中に刈り取りが行われるなどで地上部の損傷が生じると二次萌芽が起こるために地下部に貯蔵された養分が利用され、翌春の萌芽やその後の成長に影響を及ぼすことが指摘されている¹⁰⁾。

Fig.7は、現存量の地下部/全体比の変化を示す。移植時点は地下部/全体比が0.71であったが、地上部が成長するにつれてこの値が次第に低下し、6月末で0.44の値を示した。7月以降は地上部および地下部の現存量の増加があまり起こらなかったために、

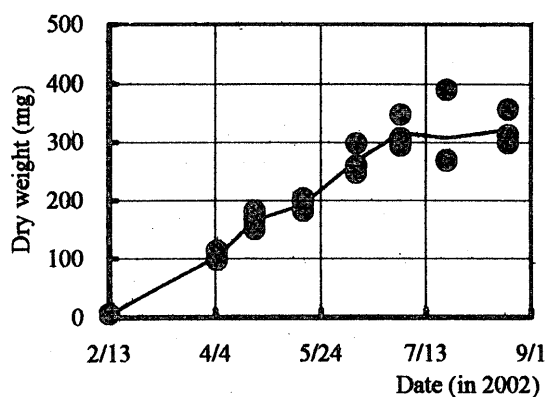


Fig. 6 Total biomass, the sum of the dry weight of a ground part and an underground part of a reed.

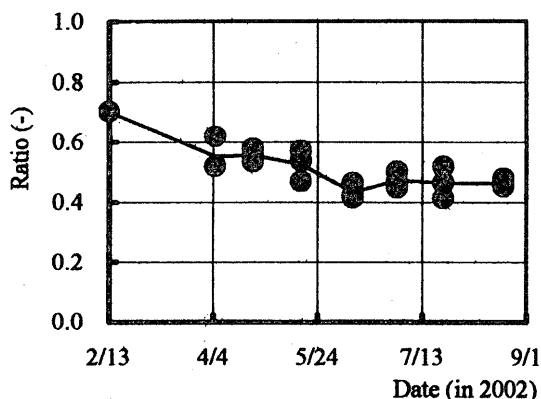


Fig. 7 Ratio of a underground part occupied in the total biomass.

0.46程度の値で一定に推移していた。地下茎から萌芽させたポット実験¹²⁾では、秋季から冬季にかけての値として0.62~0.78が得られたが、地下部を解体してみると腐ったように変色した部分も観察された。この時期、地上部での光合成がほとんど行われておらず地下部での呼吸が低下したために地下部への酸素供給があまり行われずに酸素不足になっていたものと考えられる。水稻においても、根圏は終始酸化的ではなくて、生育の初期には酸化的であるが、その後次第に還元になることが指摘されている¹³⁾。したがって、地下部現存量のうち生きた地下茎や根の割合については測定していないが、その状況から判断してその値には枯死体もかなり含まれていたものと考えられた。今回は種子から発芽させた1年目のヨシを用いた実験であり、刈り取りや越冬により地上部との関連が断たれた活性のない地下部はほとんど無いものと考えられる。従って、地上部の成長に関与する地下部現存量が全現存量に占める割合は、地上部現存量が最大になる時期に最も小さくなり、その値は0.45程度であると推察された。

3-3 ヨシ体中の有機態炭素

Fig.8は、地上部および地下部の有機態炭素含有率の変化を示す。実線および点線はそれぞれの解体したサンプルの平均値である。地上部の有機態炭素は4月初旬には44%程度であったが、変動しながら減少傾向を示し40%程度まで低下した。一方、地下部の有機態炭素は30~40%の範囲で変動しながら増加傾向を示していた。地上部の有機態炭素含有率は、茎元から木質化するにつれてその値が減少し、途中で萌芽が起こると増加する傾向を示した。6月下旬と7月下旬の増加はいずれも新しい芽の成長が活発に起こった時期と一致していた。一方、地下部の有機態炭素含有率は、地上部での光合成生産によりその値が増加し、萌

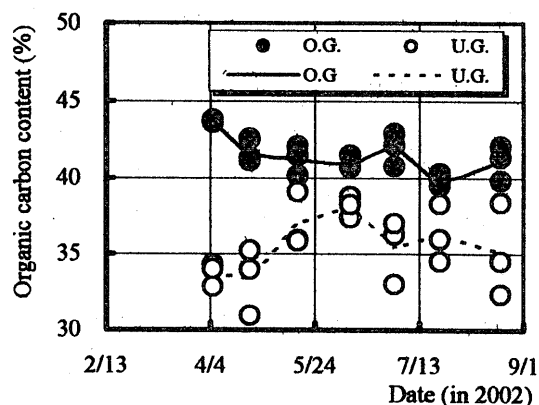


Fig. 8 Organic carbon content in the biomass of a reed. O.G.; a ground part, U.G.; an underground part.

原田：種子から発芽したヨシの成長過程における地上部および地下部現存量の変化

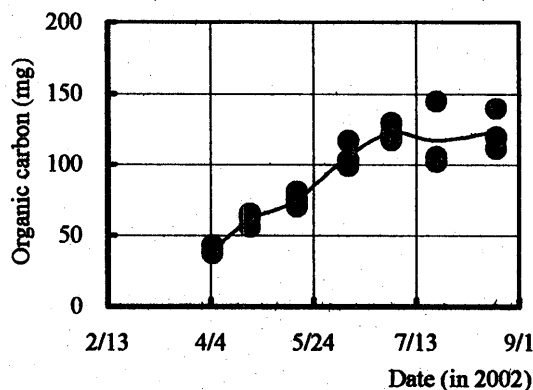


Fig. 9 Organic carbon in the biomass of a reed.

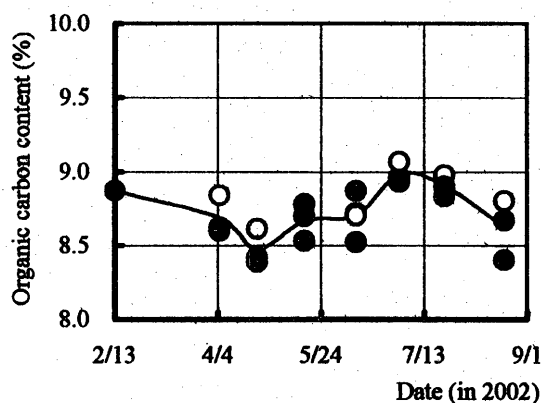


Fig. 10 Organic carbon content in the soil in which the reeds are planted. Mark of white circle shows the highest value of three samples in every stage of the growth.

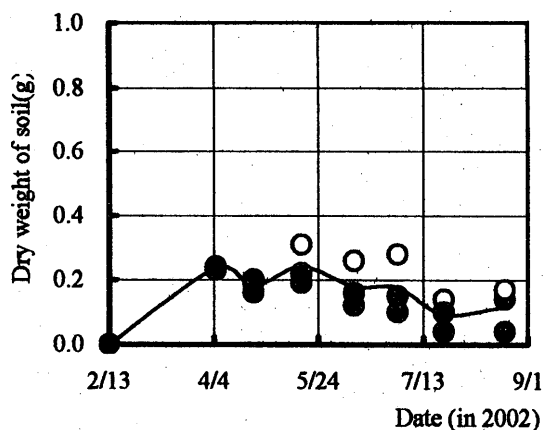


Fig. 11 Decrease in the dry weight in the soil in which the reeds are planted. Mark of white circle shows the highest value of three samples in every stage of the growth.

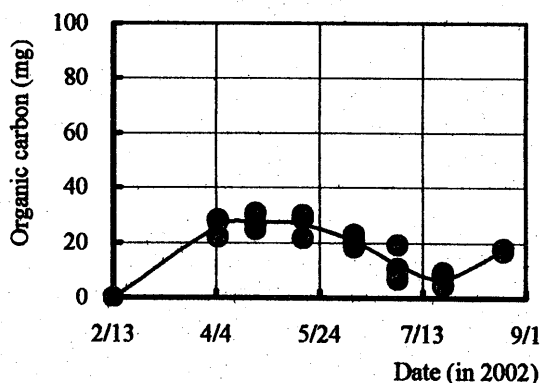


Fig. 12 Decrease in organic carbon in soil in which the reeds are planted.

芽が起こると減少する傾向を示した。これは光合成生産による地下部への移行と萌芽形成による地下部から地上部への移行をそれぞれ示唆するものであると考えられた。

また、ヨシ全体としての有機態炭素量の変化を Fig.9 に示す。6月下旬までの期間の有機態炭素の増加速度はおよそ 1.0mg/day であり、1日あたりの現存量の増加 2.3mgのうち 1.0mg (43%相当) は有機態炭素であると見積もることができた。

3-4 植栽土壌の性状変化

Fig.10 は、植栽土壌中の有機態炭素含有率の変化を示す。土壌中へは植物体の地下部根毛から有機物が分泌されることが知られており¹⁰⁾、同時に送られる酸素とともに根圏微生物を活性化させる要因になるものと考えられる。これにより、土壌中の有機態炭素含有率は、ヨシ体からの供給と根圏での分解の程度により決定されると考えられる。実験開始から4月下旬までは、根圏での有機態炭素の分解が卓越したために含有率の低下が生じていたが、その後はヨシ体からの供給が卓越したために含有率の上昇が見られた。含有率の

上昇は、この時期の地下部現存量の増加ともおおむね一致しており、地下部現存量の増加が停滞した7月以降には分解が卓越する傾向を示していた。また、各成長段階では、現存量の大きいヨシ体の方が土壌中の有機態炭素含有率を高くする傾向を示していた。

Fig.11 は、植栽土壌の減少量の変化を示す。移植から50日ほど経過後の減少量はおおよそ 0.23 g であり、その後は減少量が次第に小さくなる傾向を示した。現存量の増加に伴い、ヨシ体からの供給量が次第に多くなるために、見かけ上の土壌減少量が低下したものと考えられた。一方、各成長段階では、有機態炭素含有率が高い土壌ほど減少量が大きくなる傾向を示しており、現存量が大きいヨシ体ほど土壌中への有機物の供給量が多く、根圏微生物による分解が起こり易くなるためであると考えられた。

Fig.12 は、土壌中の有機態炭素の減少量の変化を示す。グラフの傾きから、移植直後から4月下旬までは根圏での分解が卓越し、その後はヨシ体からの供給が卓越していたことが推察された。Fig.13 にヨシ地上部現存量と土壌中の有機態炭素減少速度との関係を

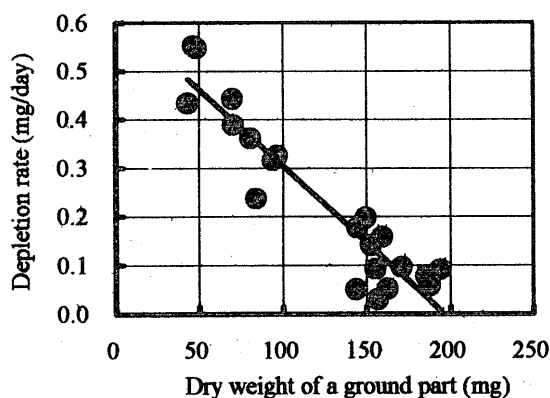


Fig. 13 Relation between the dry weight of a ground part to the depletion rate of the organic carbon in the soil in which the reeds are planted. Solid line shows the regression line.

示す。ヨシ現存量の増加に伴い減少速度が低下した。これは、地上部の増加に伴い地下部への有機態炭素の供給が増加したために分解が追いつかず、減少量の低下が生じたものと考えられた。見かけ上分解から供給に遷移する時期は、地下部現存量/全体比が0.5以下になる時期とおおむね一致しており、地上部現存量の増加が地下部のそれを上回りかけた時期でもあった。また、7月中旬後にも分解が卓越する現象が見られた。これは、地上部現存量が150mg/shootを上回る頃から現存量の増加が停滞し、地下部への有機物供給が見かけ上生じなくなったためであると考えられた。

4. ま と め

抽水植物であるヨシの根圏では、地上部からの酸素や有機物の供給により、土壤微生物の働きが活発化して、硝化や脱窒、有機物の分解等の種々の物質変換が行われている。従って、ヨシの地下部を発達させることが、根圏における物質変換機能の向上につながるものと考えられる。

本研究では、根圏における土壤の分解・減量化に着目し、種子から発芽した1年目のヨシの成長における地上部および地下部の発達状況と根圏土壌性状の変化について調べた。

種子から発芽したヨシの春から夏にかけて成長する時期の現存量増加速度は約2.3mg/dayであり、植物体中の有機態炭素量の増加速度は約1.0mg/dayであると見積もることができた。そして、地上部現存量は、茎太さが同程度であれば茎高さをを用いた回帰式で表し得ることが示された。また、地上部の成長に関与する生きた地下部の現存量が全現存量に占める割合は移植後から減少し、地上部現存量が最大になる時期に最も小さくなり、その値は0.45程度になることが示され

た。更に、ヨシ植栽土壌中の有機態炭素は、地上部よりも地下部の発達が活発な時期に多く分解されることが示唆された。

謝 辞

本研究は、平成13年度～14年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2) No.13680663)の研究の一部として行われたものであり、関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 桜井義雄(1994) 続・水辺の環境学、新日本出版社、pp.49-58.
- 2) 福岡捷二、渡辺明英、新井田浩、佐藤健二(1994) オギ・ヨシ等の植生の河岸保護機能の評価、土木学会論文集、Vol.503、pp.59-68.
- 3) Toth L. (1972) Reeds control eutrophication of Balaton lake., Water research, Vol.6, pp.1533-1539.
- 4) Gersberg R. M., Elkins B. V., Lyon S. R. and Goldman C. R. (1986) Role of aquatic plants in wastewater treatment by artificial wetlands., Water research, Vol.20, pp.363-368.
- 5) 財団法人日本生態系協会編(1996) ヨシ原の保護に関する法律(ベルリン州)、ドイツの水法と自然保護、pp.58-59.
- 6) 財団法人リバーフロント整備センター編著(1997) まちと水辺に豊かな自然をII、山海堂、pp.138-140.
- 7) 石崎勝義、楠田哲也監訳(2001) 自然システムを利用した水質浄化、技報堂出版、pp.173-221.
- 8) 原田正光(2001) ヨシ根圏に形成された微好気環境における無機態窒素除去、福島工業高等専門学校研究紀要、No.41、pp.45-52.
- 9) 原田正光(2002) 枯れヨシ根圏における無機態窒素の挙動、福島工業高等専門学校研究紀要、No.42、85-90.
- 10) 原田正光(2000) 賢沼における栄養塩類の挙動と藻類生産に関する調査研究、福島工業高等専門学校研究紀要、No.40、63-71.
- 11) 湯谷賢太郎、浅枝 隆、シロミ・カルナラツヌ(2002) 夏季の刈取りがヨシの成長に及ぼす影響、水環境学会誌、Vol.25、pp.157-162.
- 12) 古市真由美(2002) ヨシ根圏の発達が土壌性状に及ぼす効果、福島工業高等専門学校(建設環境工学科)卒業研究報告書
- 13) 日本微生物生態学会編(1996) 微生物の生態19、

原田：種子から発芽したヨシの成長過程における地上部および地下部現存量の変化

水田の物質循環と微生物の生態、p.19.

- 14) Whipps J. M. and Lynch J. M. (1986) The influence of the rhizosphere in crop productiv-

ity., *Advances in microbial ecology.*, Vol.9, pp.187-244.