

ヨシの枯死体および生体からの栄養塩類の溶出

Release of Nutrients from Withering and Living Body of Reeds .

(平成 17 年 9 月受理)

原田 正 光* (HARADA Masamitsu)

Abstract

The proper management including the reaping of the reeds is necessary to preserve the reed marsh continuously. The release rate of the TOC and the nutrients from the body of reed were determined through the release experiment using the withering and the living body of reeds. Based on the release rates, the release load of the nutrients from the Uchikura marsh in Iwaki was estimated. It was shown that the leaves of the reed released the nutrients more than the stems and that the living reeds released the nutrients more than the withering reeds. The reaping of the living body of reeds has been said to be an effective technique to remove more the nutrients accumulated in the reeds body. Oppositely, this reaping was suggested to bring about the more load than the reaping of the withering body by remains left in the water.

Keywords: withering body of reed, Living body of reed, Nutrients, Release rate, Uchikura marsh

1. はじめに

近年、ヨシ原の持つ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¹⁾²⁾、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³⁾、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⁴⁾⁵⁾⁶⁾、更には水辺空間の景観構成要素としての機能⁷⁾等が見直されている。これまで、ヨシ地上部から地下部の嫌氣的土壤中に供給される酸素によって、微生物領域が形成され、硝化や脱窒が生じる環境が提供されることや活性化された根圏の働きで土壌中の有機物分解が促進されることなどの知見^{8)・11)}を得ている。このように、ヨシ原が存在することの意義を踏まえて、ヨシ原の保護や保全といった動きが各地で展開されている。

ヨシの繁殖¹²⁾は種子または地下茎で行われるが、ヨシ湿地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生産された有機物が地下部へ運ばれ、地下茎や根を増大させる。そして翌春に、この貯蔵された養分を萌芽に利用する。ヨシ湿地では、枯死体となった葉や茎などが堆積し、地盤高の上昇が生じる。また、堆積した枯死体からの栄養塩類の溶出による水質汚濁も考えられる。したがって、ヨシ湿地を保全していくためには、刈取りを含む適正なヨシの管理が望まれる。

そこで、本研究では、刈取りの時期や方法などを検討するうえで必要となる枯れヨシからの水質汚濁負荷を評価することにした。生きている状態のヨシと枯死体となったヨシを試料として用いて室内溶出実験を行い、有機物およ

び栄養塩類の溶出速度を求め、実際の湿原をモデルケースとして栄養塩類の溶出負荷量の試算を行った。

2. 実験方法

2-1. 供試材料

溶出試験に用いた試料は、福島県いわき市小川町の内倉湿原から採取した。立ち枯れしている状態のヨシ(以下、枯れヨシ)、生きている状態のヨシ(以下、生きヨシ)をそれぞれ採取し、それぞれ茎部と葉部に分けて、供試材料とした。

2-2. 溶出試験

各試料は5cm程度に裁断し、湿潤重量で約5gずつ2Lの精製水を入れたビーカーに浸し、マグネティックスターラーを用いて攪拌しながら、5日～7日おきに30mLずつ採水を行った。実験室は、暗状態により光合成の影響をなくし、温度は20±2℃に保つようにした。

2-3. 水質分析

採水後の検水の分析項目は、有機物として有機態炭素(TOC)、栄養塩類として全窒素(TN)、アンモニア態窒素(NH₄-N)、亜硝酸態窒素(NO₂-N)、硝酸態窒素(NO₃-N)、全リン(TP)、リン酸態リン(PO₄-P)とした。TOCの分析にはTOC計(島津製作所製TOC-5000A)を、栄養塩類の分析にはオートアナライザー(ブラン・ルーベ社製AACS-II)を用いた。

*福島工業高等専門学校 建設環境工学科 (いわき市平上荒川字長尾 30)

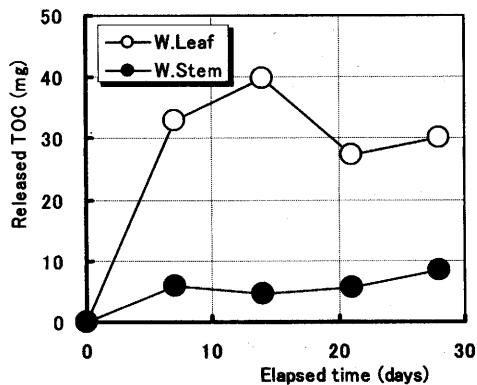
2-4. 含水率および有機態炭素含有率の測定

溶出試験終了後に、用いた供試材料の乾燥重量を、110℃の乾燥機で24時間乾燥、デシケータ放冷後に測定した。含水率は、溶出試験の前に測定した湿潤重量とこの乾燥重量とから算出した。

有機態炭素含有率の測定には、乾燥試料を粉砕した後、有機態炭素測定装置(島津製作所製 SSM-5000A)を用いた。

3. 結果および考察

3-1. 溶出試験結果



(a) TOC

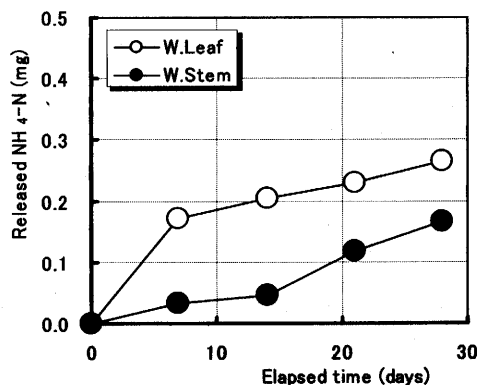
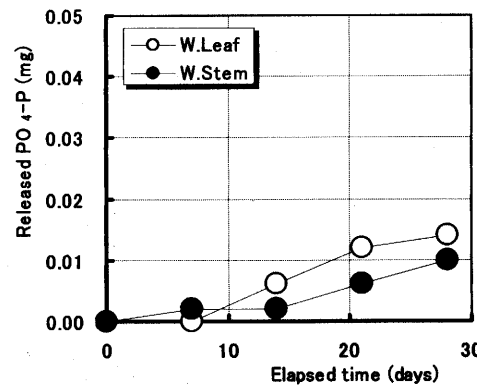
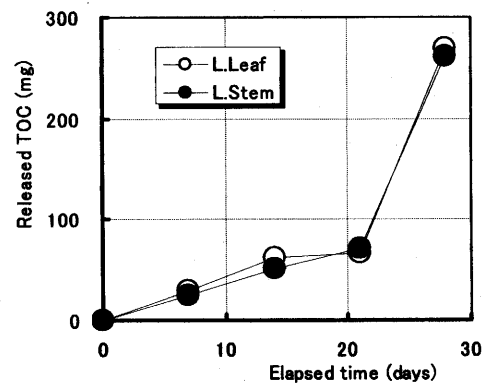
(b) NH₄-N(c) PO₄-P

Fig.1 Change of released nutrients from withering reeds.

(○:withering leaves, ●:withering stems)

Fig.1 は、枯れヨシを用いた溶出試験の結果を示す。これらの図は、ビーカー内の水質濃度変化から溶出量を求め、その経日変化をプロットしたものである。枯れヨシからの溶出は、茎よりも葉からの溶出が顕著に行われることを示している。これはヨシの茎は含水率が低下し立ち枯れ状態になると非常に硬くなり組織が壊れにくいこと、通気組織内に水が浸透しにくく浮体状態になり、水と接する面積が確保しにくいこと、等のためではないかと考えられる。

Fig.2 は、生きヨシを用いた溶出試験の結果を示す。生きヨシは枯れヨシに比べて、特に栄養塩類に関して溶出量が多くなる傾向を示した。ヨシは、夏季の終わり頃から、



(a) TOC

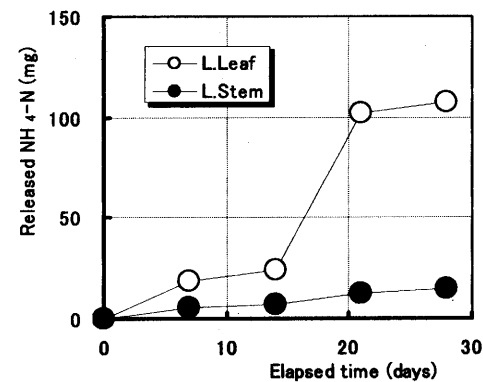
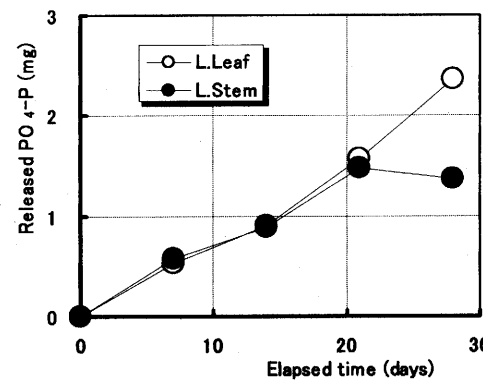
(b) NH₄-N(c) PO₄-P

Fig.2 Change of released nutrients from living reeds.

(○:living leaves, ●:living stems)

翌春の萌芽のための栄養分として地上部から地下部へ栄養塩類を転流され、枯れヨシの栄養塩類含有量は少なくなっていることが報告されている¹³⁾¹⁴⁾。さらに、生きヨシの場合は、枯れヨシに比べて含水率も高く、体内に蓄えられていた栄養塩類が水中に移行しやすかったと考えられる。

3-2. 含水率および有機物含有率

Table 1 は、溶出試験に用いた試料の含水率および有機態炭素含有率を示す。生きヨシの採取時期は 8 月末でもあり、含水率は葉で 61%程度、茎で 57%程度、全体としても 60%を下回りかけていることから¹⁵⁾、葉が枯れ始める時期のヨシであったと推察される。一方、枯れヨシは、倒伏しないで立ち枯れたままの状態のもので、含水率は 40%程度であった。

また、生きヨシは、枯れヨシに比べて含水率が高いだけでなく、有機態炭素含有率も若干高い値を示していた。

Table 1 Water content and organic carbon in Experimental materials

Sample		Wet weight (mg)	Dry weight (mg)	Water content (%)	Organic carbon (%)
Withering	Leaf	5.01	2.63	46.4	44.0
	Stem	5.00	2.89	42.2	39.8
Living	Leaf	5.01	1.94	61.3	46.5
	Stem	4.97	2.16	56.5	47.1

3-3. 溶出速度

溶出速度は、Fig.1 および Fig.2 に示す溶出量の経日変化の初期の傾きから算出した。Table 2 に、枯れヨシおよび生きヨシからの溶出速度を示す。枯れヨシおよび生きヨシともに茎よりも葉のほうが溶出速度は大きくなる傾向が現れていた。さらに、枯れヨシよりも生きヨシのほうが溶出速度は大きく、その違いは TOC で 2~20 倍程度、アンモニア態窒素で 130~150 倍程度、リン酸態リンで 180~300 倍程度と、TOC よりも栄養塩類において生きヨシの溶出速度が大きくなる傾向が見られた。

Table 2 Release rate of reeds.

Release rate	TOC (mgC/g/day)		NH ₄ -N (mgN/g/day)		PO ₄ -P (mgP/g/day)	
	Leaf	Stem	Leaf	Stem	Leaf	Stem
Withering	1.1	0.082	0.0056	0.0018	0.00023	0.00010
Living	2.3	1.7	0.87	0.24	0.043	0.031

3-4. 水質汚濁負荷量の推定

得られた溶出速度を用いて、枯れヨシによる栄養塩類の汚濁負荷量について検討を行った。今回の実験で、枯れヨシを採取した内倉湿原におけるヨシの植生状況については、現地調査をもとに、Table 3 のように設定した。

Table 3 Planting reeds in Uchikura marsh.

Area of reed wet land	m ²	8000
shoot density	shoots/m ²	150
Mean height of reeds	cm	200
Mean diameter of reeds	cm	0.6
Leaf/Top ratio	-	0.4

これらの諸数値とヨシ 1 本あたりの乾燥重量 G(g/本)を求める計算式¹⁶⁾

$$G=0.039H^{1.23} d^{1.35}$$

ここに、H;平均茎高さ(cm)、d;平均茎太さ(cm)

を用いて、内倉湿原におけるヨシの葉乾燥重量および茎乾燥重量を推定すると、それぞれ約 6350kg、約 9550kgであった。

(1) 枯れヨシからの栄養塩類の溶出

文献¹⁴⁾によると、11 月頃の枯れヨシの乾燥重量に占める葉および茎の窒素含有率はそれぞれ 1.2%および 0.5%であり、同じくリン含有率はそれぞれ 0.07%および 0.023%であると報告されている。これらを参考にして、湿原全体で枯れヨシ地上部に蓄積されている窒素およびリンを推定するとそれぞれ 124kgN および 6.6kgP となる。

これら枯れヨシ地上部に蓄積された栄養塩類を回収することにより、湿原への栄養塩類の負荷源の一部を取り除くことができる。何も手を加えなければ、まず葉のほとんどが落葉し水中に堆積する。そして、徐々に茎の倒伏が起こり、数年後にはすべての枯れヨシが水中に堆積することになる。すなわち、生産されたヨシは長時間かけて、すべて水中に堆積することになる。

すべて水中に堆積した枯れヨシからの栄養塩類負荷を今回の実験結果をもとに推算すると、湿原全体では、アンモニア態窒素 53gN/day、リン酸態リン 2gP/day と見積もることができる。日溶出量を 1 年間に換算したとしても、年間でアンモニア態窒素 19.3kgN、リン酸態リン 0.73kgP となる。堆積時に蓄積されている量に対して、窒素で 16%、リンで 11%が水中へと回帰することになる。

(2) 生きヨシからの栄養塩類の溶出

地上部から地下部への栄養塩類の転流があまり起こらない時期に地上部を刈り取ると、最も多くの栄養塩類を湿

原の外に取り出すことができる。

文献¹⁴⁾によると、8月頃の枯れヨシの乾燥重量に占める葉および茎の窒素含有率はそれぞれ2.8%および0.5%であり、同じくリン含有率はそれぞれ0.15%および0.1%程度なので、湿原全体で生きヨシ地上部に蓄積されている窒素およびリンを推定するとそれぞれ226kgN および19kgPとなる。枯れヨシの刈取りと比較すると、窒素で1.8倍、リンで2.9倍の量の栄養塩類を湿原の外に取り出せる。

生きヨシの刈取りで問題となるのは、刈り取った生きヨシの残骸をできるだけ残さないことである。刈取り後に、全体の2%に相当する生きヨシが湿原の中に残り水中に堆積したと仮定し、生きヨシからの栄養塩類の溶出速度を用いて、湿原全体の溶出量を試算すると、アンモニア態窒素157gN/day、リン酸態リン11gP/dayと見積もることができ、年間ではアンモニア態窒素57.3kgN、リン酸態リン4.2kgPの溶出量となる。これは、枯れヨシを全く刈り取らずに水中に堆積させてしまったときの溶出量と比較して、窒素で約3倍、リンで約6倍もの負荷となる。刈取り時期を変えて、8月末の暑い時期、しかもヨシに含まれる水分の多い時期に刈取りを行っても効果が得られないどころか、刈取りを行わないほうが良いということを示唆する結果となった。

4. まとめ

ヨシ湿地を保全していくためには、定期的な刈取りなどを含む適正なヨシの管理が必要である。本研究では、生きている状態のヨシと枯死体となったヨシを試料として用いて室内溶出実験を行い、有機物および栄養塩類の溶出速度を求め、実際の湿原をモデルケースとして栄養塩類の溶出負荷量の試算を行った。

これらの研究から、以下の知見を得ることができた。

- (1) 枯れヨシおよび生きヨシともに、茎よりも葉のほうが溶出速度は大きくなる傾向を示していた。
- (2) 枯れヨシよりも生きヨシのほうが溶出速度は大きく、その違いはTOCで2~20倍、アンモニア態窒素で130~150倍、リン酸態リンで180~300倍程度であった。
- (3) いわき市内倉湿原におけるモデルケースでは、11月の枯れヨシ時期の刈取りよりも8月末の生きヨシ時期の刈取りのほうが、植物体に蓄積された栄養塩類の除去という点で、2倍~3倍程度効果があることが推察された。
- (4) 生きヨシの刈取りの難点は、刈り取った葉や茎などの残骸を水中に残してしまうと、枯れヨシ時期の刈取りよりも栄養塩類の負荷が大きくなる場合があることが示唆さ

れた。

謝辞

ヨシ植生地調査において、ご協力いただいた内倉湿原保全実行委員会の方々に謝意を表する。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 岡田光正(1994)湿地の特性とその機構, 水環境学会誌, Vol.17, No.3, pp.142-148.
- 3) 財団法人リバーフロント整備センター編著(2001)河川植生の基礎知識, リバーフロント整備センター
- 4) Toth L. (1972) Reeds control eutrophication of Balaton lake., Water research, Vol.6, pp.1533-1539.
- 5) 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.
- 6) Gersberg R. M., Elkins B. V. and Goldman C. R. (1983) Nitrogen removal in artificial wetlands., Water research, Vol.17, pp.1009-1014.
- 7) 細見正明, 須藤隆一(1991)湿地による生活排水の浄化, 水質汚濁研究, Vol.14, pp.674-681.
- 8) 土木学会編(1988)水辺の景観設計, 第2章河川の景観設計の基礎, 技報堂出版, pp.7-32.
- 9) 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.
- 10) 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, pp.85-90.
- 11) 原田正光(2003)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, 福島工業高等専門学校研究紀要, No.43, 33-39.
- 12) 財団法人リバーフロント整備センター編著(1996)川の生物図典, 山海堂, pp.90-91.
- 13) 湯谷賢太郎, 浅枝 隆, シロミ・カルナラツツ(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.
- 14) 栗原 康編著(1996)河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー, 2.塩性湿地, 東海大学出版会, pp.145-149.
- 15) 原田正光(2005)ヨシの成長が根圏土壌中の有機態炭素におよぼす影響, 福島工業高等専門学校研究紀要, No.45, pp.21-28.
- 16) 原田正光(2004)ヨシ地上部現存量の推定方法, 福島工業高等専門学校研究紀要, No.44, pp.31-37.