

浚渫ヘドロ上におけるヨシ原の創出手法の開発とその評価

加藤智博¹・徐開欽²・千葉信男³・樫内孝信⁴・細見正明⁵・須藤隆一⁶

¹正会員 工修 建設省近畿地方建設局 京都国道工事事務所 (〒601-8445 京都市南区西九条菅田町24)

²正会員 工博 環境庁国立環境研究所主任研究員 水土壤環境部 (〒305-0053 つくば市小野川16-2)

³正会員 東北大学技官 工学部土木工学科 (〒980-8597 仙台市青葉区荒巻字青葉)

⁴正会員 清水建設株式会社 エンジニアリング本部 (〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3)

⁵正会員 工博 東京農工大学教授 工学部物質工学科 (〒184-0012 小金井市中町2-24-16)

⁶正会員 理博 東北大学教授 工学部土木工学科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉)

本研究では、浚渫したヘドロ上へのヨシ原の創出手法を確立するために、ヨシ種子の発芽特性及び「種子苗植栽手法」による浚渫ヘドロ上での生育特性を把握し、ヨシ原創出の可能性について検討した。その結果、発芽実験では、発芽前に浸水状態で5℃5日間保存する「前低温処理」により塩分阻害を克服し得ること、汽水産種子は淡水産種子より塩分耐性が高いことが確認された。種子苗の生育実験では浚渫ヘドロ上に約80~90%の苗が植栽後定着し、植栽場に砂を用いた系では、土壤中の塩分濃度が1.3~2.0%でも自生しているヨシと生育、生活環が植栽2年目で同程度となった。これらの結果より、種子への工夫及び苗からの環境条件への馴化を行うことで、種子苗植栽手法は浚渫ヘドロ上にもヨシ原の創出が可能であることが示唆された。

Key Words: creation of reed field, seedlings, dredged sediments, fresh-water, brakish-water, salinity

1. はじめに

戦後、我々の生活が豊かに、便利になるに従い、周囲の水環境において、閉鎖性水域の富栄養化や開発による自然性の高い沿岸部（以下自然沿岸帯とする）の減少、有機物を多く含んだ嫌気性底泥を浚渫したもの（以下浚渫ヘドロとする）の増加^{1), 2)}等の問題が顕在化してきた。今後、この傾向が続くと予想されることから、早急な解決策の構築および実施が期待されている。そこで、開発が進行している水辺に自然沿岸帯を創出すると同時に、富栄養化の主原因である栄養塩類の発生源対策を施し、最終的に環境の自浄作用の復元・強化を行うことは、有効な手法の一つとして挙げられる。中でもヨシ原は、1) 水質浄化能力^{3), 6)}を持ち、2) 多種多様な生物種を保有し^{7), 8)}、更には3) 還元的な土壌や汽水域でも存在が可能な自然沿岸帯である。これらの機能の有効活用策として沿岸河口域において浚渫ヘドロ上へヨシ原を創出することにより、自然沿岸帯の回復や内湾への流入汚濁負荷の削減とともに、浚渫ヘド

ロの処分場の確保と質の改善が期待できる^{9), 10)}。

ヨシ原を創出する手法は、主に茎植え、地下茎植え、ブロック植え（株植え）、播種、種子苗植え等が挙げられる。その中で最も一般的とされているのは、Bittmannが用いた茎植え手法である¹¹⁾。しかし、運搬・植栽等の作業量が多いこと、創出するために既存のヨシ原を破壊すること、採取時の根茎の切り口の処理が困難なことなどの問題点があり、広範囲にヨシ原を簡易に創出するには、有効な手法と言いつても難しい。これらの問題を解決する一つの手法として筆者らは、イネ科であるヨシをイネと同様に種子から大量の苗（以下種子苗とする）を創出し、それを植栽する「種子苗植栽手法」の提案と実用化を試みてきた^{9), 10)}。

種子苗を用いることには、発芽率が低いこと、種子が定着しにくいことなどの問題点があり、種子苗植栽を行うに際して発芽特性を把握し効率良く種子苗を作ることが必要である。そのためには、ヨシ種子の発芽誘導を目的とした前処理や発芽に及ぼす環境条件の影響が、検討すべき課題として挙げられる。

前処理方法には様々な研究例¹²⁾があるが、イネについて実施されている前低温処理に関する検討はされていない。イネの場合、5°Cの温室に7日間水分を吸収させた状態で保存した後播種すると、発芽率が向上することが知られている¹³⁾。このような知見から、前低温処理はヨシについても検討すべき前処理方法と言える。

また、発芽に及ぼす環境条件として特に、1) 温度、2) 塩分濃度の影響を把握する必要がある。温度条件に関する報告では、相模川で採取したヨシ種子の発芽実験を15°C、20°C、25°C、30°C、35°Cの各温度で行ったところ、30°Cと35°Cで発芽率が最も良い結果となった¹²⁾。また、塩分濃度条件に関する報告^{12), 14), 15)}では、いずれも塩分濃度の増加につれて発芽率が低下する結果となっている。立花¹⁶⁾はヨシ群落研究の基礎資料の一つとして、琵琶湖地域付近において種子発芽やその初期成長状況について詳細に報告している。しかし、いずれの報告も同一のヨシ種子を用いており、種子の産地による違いを検討した研究はほとんどない。ヨシ種子の産地の違いが環境条件によって発芽に影響するならば、その検討を行った上でヨシ原の創出に際して最適な種子を選択しなければならない。

そこで本研究では、イネと同様な前低温処理をヨシ種子に施し、発芽への影響を検討した。また、関東と東北地方あるいは淡水域と汽水域で採取した種子の発芽に対して、温度、塩分濃度の各環境条件の影響を検討した。さらに、実際に種子苗をつくり浚渫ヘドロ上に植栽してヨシの生育を2年間観察し、種子苗植栽手法によるヨシ原の創出手法の確立を試みた。

2. 実験条件と方法

(1) ヨシ種子の発芽特性に関する実験

a) ヨシ種子の選択

前低温処理実験では淡水産種子を、温度・塩分濃度条件の影響実験では淡水産と汽水産種子をそれぞれ使用した。淡水産種子は茨城県つくば市の国立環境研究所内にある圃場に生育しているヨシから、汽水産種子は千葉県木更津市の盤州干潟に生息しているヨシから採取したもの(以下盤州産種子)と宮城県仙台市の七北田川河口付近(蒲生干潟近辺)に生育しているヨシから採取したもの(以下蒲生産種子)である。なお、汽水産種子を採取したヨシの根茎付近の塩分濃度は、盤州産種子が0.9~1.5%、蒲生産種子1.2~1.3%であった。実験に用いた種子はピンセット等で粉のなかに種子が入っていると確認され

たものに限定し、粉の状態で使用した。

b) 実験方法

播種方法は、シャーレに同程度の大きさのガーゼを3枚敷きその上に種子を均等に播いた。その後、全ての種子が水分を充分吸収できるように溶液の水位を約5mmに設定し、1日ごとに減少した水分を補給した。

このようにヨシ種子100個をシャーレに播種したものを1サンプルとし、1条件の発芽試験を行う際には2サンプル以上行い、その結果を平均したものを測定値とした。実験で使用した塩水は、八丈島付近で採取した自然海水を蒸留水で設定条件の塩分濃度に希釈したものである。自然海水中の窒素、リン濃度を測定した結果、それぞれ0.12、0.013mg・L⁻¹であった。

前低温処理に関する実験は、ヨシ種子を浸す実験溶液として1) 蒸留水(以下塩分濃度0%系)と2) 蒸留水で塩分濃度0.5%に希釈した自然海水(以下塩分濃度0.5%系)の2系を設けて行った。

低温処理は、種子を溶液に浸した状態で5°Cの恒温室に、1) 14日間、2) 5日間、3) 0日間(対照系)保存する方法とした。低温処理後、31°C、24h明条件(照度2200lux白色蛍光灯使用)で、ヨシ種子の発芽状態を観察し、各低温処理方法の発芽への影響の違いを比較した。

温度条件の影響を検討する実験は、蒸留水に浸し前低温処理(5°C5日間)を施した後、温度条件を15.5°C、23°C、26.5°C、31°C、34°Cの5段階に設定し、24h明条件(照度2200lux白色蛍光灯使用)で種子の発芽を観察した。

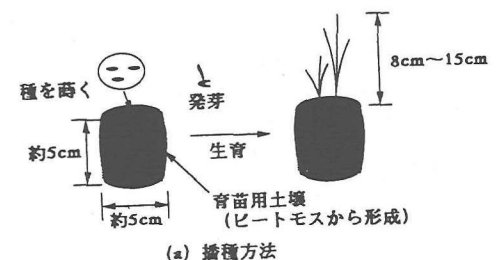
塩分濃度条件の影響を検討する実験は、塩分濃度0%(蒸留水)、0.5%、1.0%、1.5%の4段階に蒸留水で希釈した自然海水を用いて設定し、前低温処理(5°C5日間)を施した後、温度条件を淡水産種子と盤州産種子では1) 26.5°C、2) 31°Cの2系で、蒲生産種子では31°Cの系のみで24h明条件(照度2200lux白色蛍光灯使用)で種子の発芽を観察した。

(2) 種子苗植栽手法による浚渫ヘドロ上でのヨシ原の創出

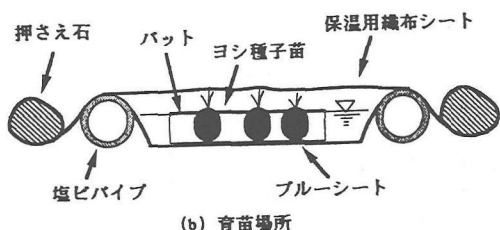
a) 種子苗の育苗方法

種子苗を用いたヨシ原の創出に関する検討は1994~1995年の2年間行なった。実験の手順として、自生しているヨシから種子を採取して育苗することから開始した。育苗方法の概略図を図-1に示す。

ヨシ種子は、1993年11月に仙台市七北田川河口付

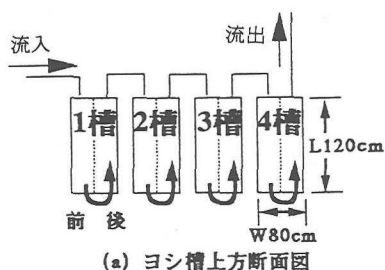


(a) 播種方法

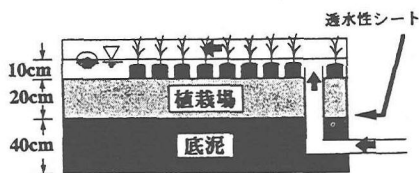


(b) 育苗場所

図-1 育苗方法の概略図



(a) ヨシ槽上方断面図



(b) ヨシ槽側方断面図

図-2 ヨシ槽の概要図

近で採取したものをを用いた。これを簡易に制作した温室内で、市販されている育苗用簡易土壌1ヶに約10個ずつ播種してプラスチック製のバットに入れ、水道水を張り液体肥料を添加し、高さが5~15cmに成長するまで育てた。使用した温室は1) ヨシ原創出場所付近に簡易、安価に設置できること、2) 育苗時と創出時の温度差による生育不良を減少させることの2点を目的としたものであり、塩化ビニール製のパイプとビニールシートで作った土台に、保温用の丈夫な織布のシートをかぶせて作った。

また、2年目(1995)に植栽方法の比較実験を行うために別途育苗したが、その際には1994年11月に1年目と同場所でヨシ種子を採取し、同様な方法で育苗したものをを用いた。

b) 創出場としての実験装置

人工ヨシ原を創出するための実験装置を、宮城県多賀城市の下水処理場敷地内に設けた。装置の形状は図-2に示したように、W 80 cm × L 120cm × H 80cmの塩化ビニール製の水槽に、海域で浚渫したヘドロを入れて透水性シートを敷き、さらにその上にヨシの植栽場を設け、水位を10cmに保持した。この水槽を4槽直列に並べたものを2系設置した。流入口から順番に「第1槽」から「第4槽」とし、各槽の流入口に近い前半部を「第x槽前」、後半部を「第x槽後」とした。浚渫ヘドロとして各槽に充填したヘドロの基本性状は表-1に示すとおりであり、湿润状態で保存したものを混合して使用した。

c) 植栽場の設定

ヨシの植栽場として砂および網状担体の2系を用

いて、苗の生育状況の比較を行なった。後者は、空隙率の高い樹脂ろ材を用いた。これらを植栽場として用いた理由は、砂については覆砂の効果により浚渫ヘドロからの栄養塩類の溶出を抑えられること、網状担体については根圏付近の水の流動性を高めることによりヨシの根茎に流入水の栄養塩類を自由に行き来させ得ることが挙げられる。

d) 植栽方法の検討

ヨシ槽への植栽時期は1994年7月で、両系ともに植栽密度約100本/9600cm²(約50株/9600cm²)とした。種子苗1株当たりのヨシの本数は、砂系、網状担体系でそれぞれ約1.4本、約1.9本であった。ヨシ原創出に関して育苗場所と植栽方法による検討を行うため、植栽後のヨシの活着を確認するとともに分けつ数、高さ、本数、茎径を測定した。なお、活着の度合いを表す指標として活着率を算出した。活着率とは植栽したヨシ苗の定着した株数の割合を、分けつ数とは植栽したヨシ1本から分けつして増加した本数のことを表している。高さ及び本数について1年目は、各槽におけるヨシの最大高さの系平均値と全本数を用いて表した。2年目は各槽に20cm四方の木枠で囲まれた代表エリアを設け、そこにおけるヨシの最大高さ(Max)と平均高さ、本数を測定し、各系の値として算出した。なお、測定できなかったものが数回あったので、その場合は前後の数値から日換算して算出した。

また、2年目(1995)に植栽手法の比較をするために、網状担体系のヨシの枯死等で空いた場所に追

表-1 浚渫ヘドロの性状

項目	単位	'92/7/25	'92/7/25	'93/2/4	
採取日					
pH		7.9	7.6	8.0	
強熱減量*	%	19.9	19.4	10.4	
COD*	mg/g	19.3	18.1	23.3	
硫化物*	mg/g	9.0	8.4	15.1	
T-N*	mg/kg	3570	3600	2670	
T-P*	mg/kg	1710	1600	1460	
単位体積重量	湿潤状態値	g/cm ³	1.12	1.20	1.24
	乾燥状態値	g/cm ³	2.513	2.521	2.729
含水比*	%	236	200	286	
有機物含量*	%	10.4	8.9	7.3	
塩分濃度**	mg/L	12500	14000	15800	
水分	%	70.2	66.7	74.4	
土粒子密度	g/cm ³	2.513	2.521	2.729	
粒度組成					
2~75mm	レキ分	%	0	0	0
75μm~2mm	砂分	%	26	15	11
5~75μm	シルト分	%	45	55	46
5μm未満	粘土分	%	39	30	43
最大粒径	mm	0.85	0.85	0.425	
分類	分類名			細粒土	
	分類記号			F	

(備考) *は乾泥換算値、**は間隙水の値を示す。

加的に種子苗植え及び基植えを行い、植栽方法の違いがヨシの生育に及ぼす影響について検討を行なった。植栽時期は5月末で、植栽密度は1年目とほぼ同様であった。茎植えに用いたヨシ茎は、Bittmannの方法を参考にして宮城県仙台市の七北田川の土手に生育していたヨシを採取し、茎の部分を根元から長さ30cmと根茎の節を3節以上を残し他をカットしたものとした。種子苗及び茎植えともに95年5~6月に1年目と同密度で植栽した。茎植えの生長量は植栽した茎から発芽したわき芽を対象として測定した。

e) 水温及び塩分濃度の設定

ヨシ槽の流入水及び流出水の水温を図-3、塩分濃度を図-4に示している。流入水は主に実験装置を設置している下水処理場の処理水を用い、塩分濃度が0.5~0.7%になるように砂押川河川水(汽水域河川)を攪拌混合した。ただし、1994年8月下旬及び10月下旬に実験器具の不備により高塩分濃度水が流入したことから、1994年11月~1995年8月下旬まで主に処理水のみを流入させている。

流入条件は表面流れ方式で、水面積負荷が30cm/日、流入水量が800ml/分であった。流入水中の窒素、リン濃度はそれぞれ15.7~23.9、0.57~2.34mg/Lであった。ヨシの生育状況の測定とともに、表面水及び植栽場表面からの深さ30cmまでの塩分濃度をメルパブ社のシナール塩分濃度計NS-3Pを用いて、無機態栄養塩類濃度をプランルーベ社のTRAACS800を用いてそれぞれ定期的に測定した。

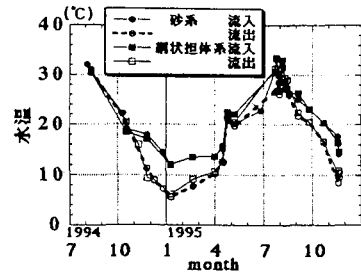


図-3 流入および流出水温の経日変化

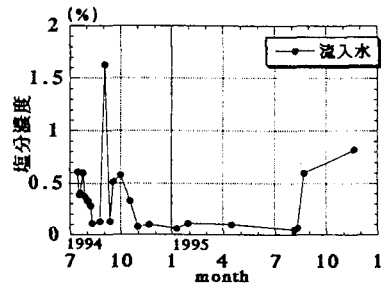


図-4 流入水中の塩分濃度の経日変化

3. 結果および考察

(1) ヨシ種子の発芽特性

a) 前低温処理の効果

各前低温処理について、処理開始日からの経過日数と発芽率の関係を図-5に示す。ここで用いている発芽率とはヨシ種子の発芽した割合で、各条件におけるヨシ種子100個中の発芽した種子の数と同じである。

塩分濃度0%系では前低温処理開始後20日目の発芽率に関して、処理を施した種子と未処理の種子とともに約90%となり、サンプル数300程度では差が生じなかった。

塩分濃度0.5%系において同様に20日目の発芽率に着目すると、処理を施した種子は処理日数14日間のもので88%、処理日数5日間のもので94%であったのに対して未処理のものは59%となり、処理を施した種子の発芽率と未処理の種子の発芽率よりも高い結果となった。

発芽に対する塩分濃度の影響は様々な報告がされており、負の要因であることが多かったが、本実験結果より、前低温処理は塩分濃度による発芽阻害を克服する可能性があることを示した。

b) 温度、塩分濃度条件の影響

各温度条件における淡水産ヨシ種子の発芽率の経

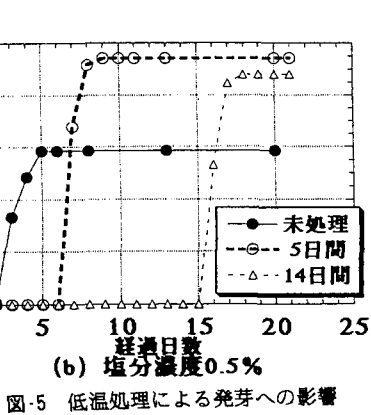
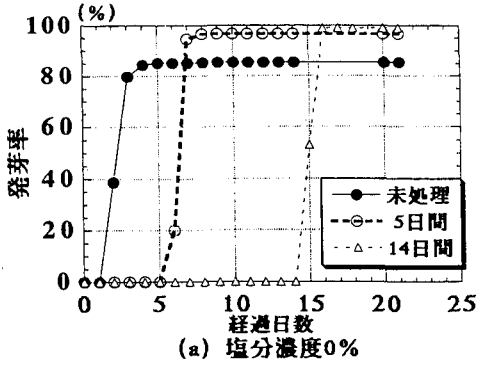


図-5 低温処理による発芽への影響

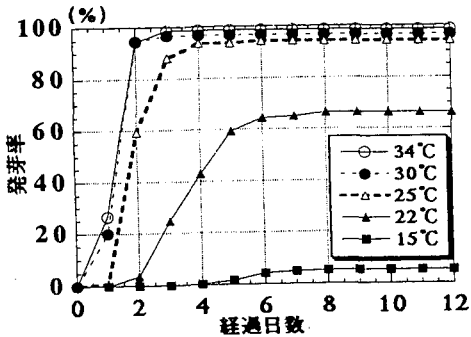


図-6 温度条件による発芽への影響

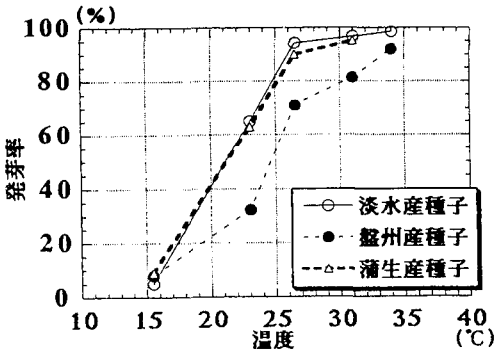


図-7 温度条件と10日目の発芽率の関係

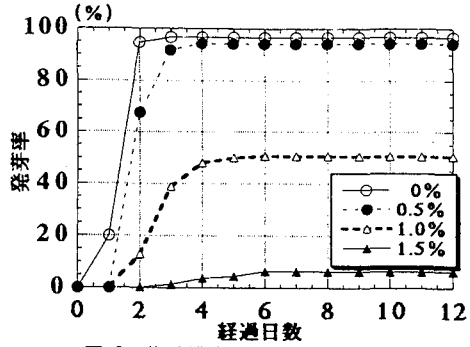


図-8 塩分濃度による発芽への影響

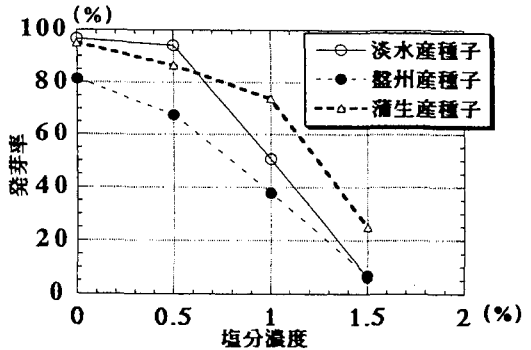


図-9 塩分濃度条件と10日目の発芽率の関係

日変化を図-6に示す。他の種子も淡水産種子と同様に温度が高いほど早く発芽し、10日目以降の発芽率にほとんど変化が見られなかった。そこで、10日目の発芽率を各温度条件の代表値とし、温度条件と10日目の発芽率の関係を図-7に示した。蒸留水に浸した系では、15.5°C、23°C、26.5°Cと温度が高くなるにつれて種子の10日目の発芽率が高まった。しかし、淡水産種子、蒲生産種子に関して26.5°C以上の温度では発芽率に大きな差がみられなかった。淡水産種子と2つの汽水産種子ともに発芽率が34°Cにおいては90%以上と高く、15.5°Cで10%以下と低かった。また、各温度条件における、淡水産種子と蒲生産種子の発芽率の間に大きな差はなく、盤州産種子のみ他の2種子と比べて発芽率が低いという結果となった。これらのことからヨシ種子が生育した場所の気温差による発芽への影響はみられなかった。

各塩分濃度条件における淡水産ヨシ種子の発芽率の経日変化を図-8に示す。温度条件を変化させた実験結果と同様に、いずれの種子も10日目以降の発芽率にはほとんど変化が見られなかったため、この値を各条件の発芽率の代表値とした。図-9に塩分濃度条件と10日目の発芽率の関係を示す。淡水産種子と盤州産種子の発芽率は、塩分濃度が0%と0.5%の系ではたいして変化がなかったが、塩分濃度が

1.0%と上がると発芽率が約半分に低下し、塩分濃度が1.5%の系では発芽率が10%未満となった。それに対して、蒲生産種子は塩分濃度が1.0%の系において発芽率74%、塩分濃度が1.5%の系についても発芽率25%と前2者の種子よりも塩分耐性があることがわかった。

ただ、本実験で使用したヨシ種子を採取した年は冷夏であったこともあり、籾の中に種子が入っている割合及び種子の大きさは、採取した場所によって異なっていた。特に盤州産種子は淡水産種子と比べて全体的に大きさも重さも劣っており種子の出来があまり良くなかったことが推測され、この差が各種子の塩分耐性に多少の影響を及ぼしたと考えられる。そこで種子の塩分耐性をより詳しく検討するために、発芽率比という指標を作成して用いた。発芽率比は、各塩分濃度の系での発芽率を蒸留水の系での発芽率で割って算出した。これは、蒸留水(塩分濃度0%)に浸して発芽試験を行った際の種子の発芽率を1とし、その時の各塩分濃度の溶液における種子の発芽率の比を示したものである。蒸留水で発芽した種子とは光や温度などの環境条件を全て同一としたため、種子の状態にかかわらず、発芽に及ぼす塩分濃度の影響を検討することができると考えられる。図-10にヨシの発芽率比の経日変化を示す。これによると塩分濃度0.5%において淡水産種子の発芽率比が他の2種を上回っていたものの、1.0%において蒲生産種子が、1.5%において両汽水産種子が淡水産種子の発芽率比を上回った。よって、ヨシの発芽に影響を及ぼすような塩分濃度に対して、汽水産種子、特に蒲生産種子は淡水産種子よりも耐性を有していることがわかった。

(2) 種子苗によるヨシ原の創出

a) 種子苗の生育状況

実験開始時(1年目)の種子苗の活着率と本数、分けつ数を表-2に、植栽手法の比較実験時(2年目)の種子苗及び茎の活着率と本数、分けつ数を表-3に示す。植栽比較実験時では活着率、分けつ数ともに若干低下したものの、本実験1年目では両系ともに植栽後約90%の種子苗が生育または発芽し、分けつ数が植栽後1ヶ月で砂系で約3.2、網状担体系で約5.4となり、種子苗が植栽場に根付き、特に網状担体系で旺盛であったことが確認された。これらのことから、種子苗は植栽場に根付き、その後のヨシの生育が順調であったことがわかった。また、植栽時期等の植栽条件によって初期生育を左右すると考えられる。

各槽におけるヨシの高さの最大値と平均値を各

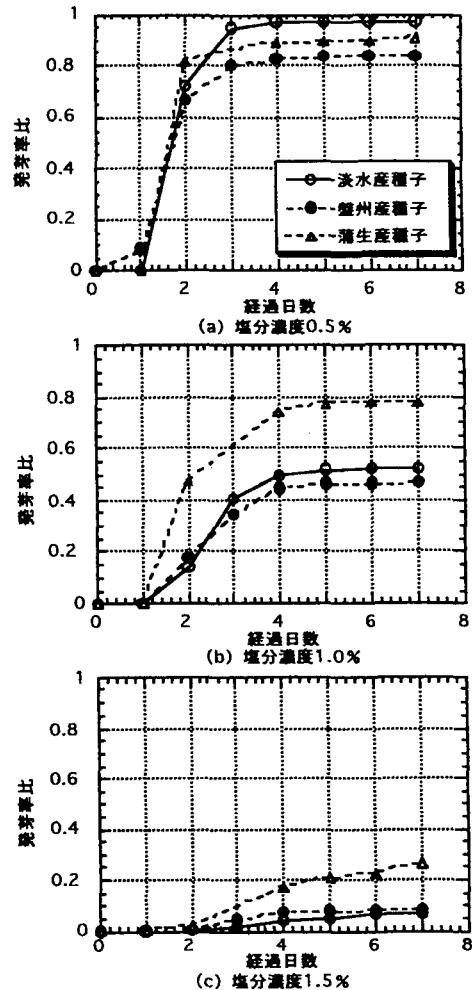


図-10 各塩分濃度における発芽率比の経日変化

系毎に平均した値と、各系のヨシの密度の経時変化をそれぞれ図-11、図-12に示す。1年目は最大の高さのヨシが80~100cmで、自生しているものよりも小さかった。この原因として、自然のヨシは主に3月下旬から4月上旬に発芽するが、本実験では7月上旬に植栽したため、発芽から成長のピークまでの期間が十分でなかったことが考えられる。植栽2年目は、砂系において8月~9月初旬に最大の高さ約250cm、平均値約150cmとなった。この値は、付近の自生しているヨシと高さがほぼ同じであった。また、生育密度は6月頃に最高値を示した。本実験で砂に植栽したヨシは2年目の秋までの生活環が付近のヨシや自然のヨシ原とほぼ同じであった。しかし、網状担体系では4月の時点で第2, 3槽でまばらに発芽するだけで、第1, 4槽ではほとんど発芽しなかった。この原因は、1年目の秋季に攪拌機の故障で汽

表-2 種子苗の生育状況 (実験開始時)

1. 活着率		
測定日	砂系	網状担体系
7月4日	29	27
7月20日	26	24
活着率	89.7	88.9

(苗数) (%)

注) 第1槽前でヨシの生育が確認された苗の個数

2. 本数		
測定日	砂系	網状担体系
7月4日	398	350
7月20日	903	1204
8月2日	1270	1886
8月23日	2038	2851

(本)

3. 分けつ数*		
	砂系	網状担体系
7/4-7/20	2.27	3.44
7/4-8/2	3.19	5.39
7/4-8/23	5.12	8.15

* 植栽したヨシ1本から分けつして増えた本数を示す

表-3 植栽手法による初期生育比較

1. 活着率		
測定日	種子苗	茎植え
5月25日	14	19
7月28日	11	14
活着率	78.6	73.7

(苗数) (%)

2. 本数		
測定日	種子苗	茎植え
5月25日	14	19
7月28日	21	26
8月3日	25	36
8月8日	26	38

(本)

3. 分けつ数		
	種子苗	茎植え
5/25-7/28	1.5	1.37
5/25-8/3	1.79	1.89
5/25-8/8	1.86	2.00

水域河川水と下水処理水が十分に攪拌されずに高塩分濃度の水が数日間流入した際のダメージと思われる。このため、高さも砂系よりも芳しくなく1年目より若干良い程度であった。

以上の結果やさらに活着率、分けつ数が高いことも考慮すると、本実験で種子苗を植栽して創出したヨシ原は、生育管理におけるミスによるダメージがなければ、自生しているヨシとほとんど変わらない状態が得られたと考えられる。

b) 植栽場の違いによる影響

図-11、図-12で示されたヨシの生育状況の経時変化から、2種類の植栽場の性状がヨシの生育に大きく影響したことが明らかとなった。図-13に砂

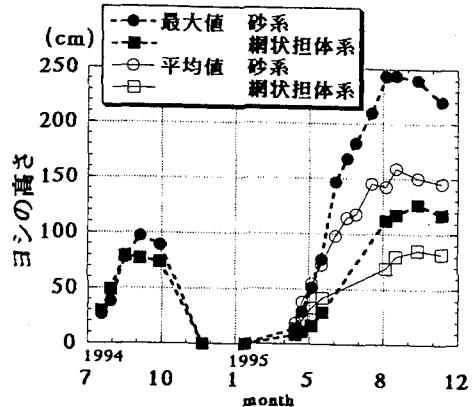


図-11 各系におけるヨシの高さの最大値と平均値

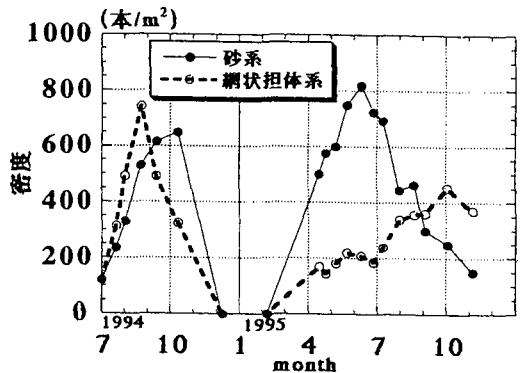
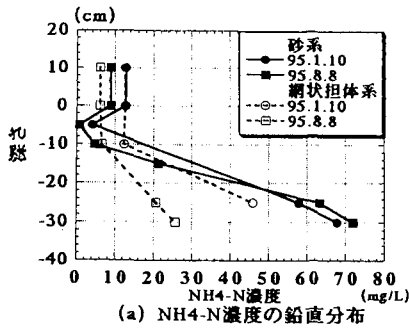


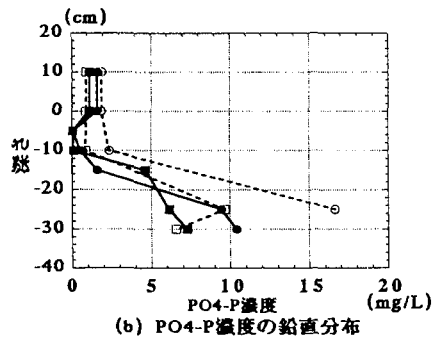
図-12 ヨシの密度の経日変化

系と網状担体系の第3槽のアンモニア態窒素とリン酸態リンの鉛直分布を示す。この図から、網状担体が空隙率の高い樹脂ろ材であるため、砂系よりも流入水中の栄養塩類が直接ヨシの根茎の方に供給され易いことが推測される。また、ヨシの生育の測定結果は、特に1年目の植栽直後からの2ヶ月間で網状担体系の方が良好であった。これは、網状担体系のヨシは砂系よりも栄養塩類を吸収しやすい環境にあり、生育が良好であることを示唆している。しかし、前述したようにヨシ槽へ高塩分濃度の水が流入してしまうというアクシデントが起こったため、砂系では槽の端のヨシが枯れるなどヨシの生育に若干影響を受ける程度であったが、網状担体系では全体の約半分のヨシが枯れてしまうほどの生育阻害を受けた。また、ヨシが成長するにつれて網状担体自身が安定性を失い倒れるケースもあり、このこともその後のヨシの生育に大きく影響した。

以上から、植栽場に必要と条件として①通水性は栄養塩類の鉛直分布と初期生育の関係から高い方が望ましいといえる。その際、②突然の負荷にも耐え得る程度の保水性または負荷の緩和策も必要である。



(a) NH₄-N濃度の鉛直分布



(b) PO₄-P濃度の鉛直分布

図-13 各系の第3槽前における栄養塩濃度の鉛直分布

また、③安定性はヨシが十分に生育しても自身を支えられる際に根や地下茎を物理的に支え得る程度高いことが望ましいと思われる。

c) 茎植え手法との比較

本実験では砂系と網状担体系の2系ともに種子苗を植栽した。その結果、種子苗の活着率は約90%、分けつ数が約3.2~5.4、高さは最大の高さのものが80~100cmとなった。桜井による茎植えの報告¹¹⁾では、活着率は32~100%、分けつ数は3.3~5.9、高さ50~100cmであった。他の研究例とは栄養塩類濃度、気温などの環境条件が異なるため単純には比較できないが、本研究の植栽1年目のヨシの生育は、茎植えのものと同程度かそれ以上の生育が確認された。

また、植栽比較実験時(2年目)はヨシの種子苗と茎をそれぞれ網状担体系に直接植栽した。苗のサンプル中の最大高さを図-14に示した。種子苗と茎から生育したヨシの高さはほぼ同程度であり、大きな差が見られなかった。茎径に関しては、8月中旬の時点で種子苗植えは1~3mm、茎植えは約3mmであり、種子苗の方が若干細い印象を受けた。しかし生育を観察した結果、植栽当初に生育していたヨシはあまり生育が良好ではなかったが、1~2週間後にはその根元からヨシの新芽が出て、茎が太くしっかりとしたヨシがすくすくと成長した。立花¹⁶⁾の報告では実験開始60日後から茎数が増えるものとなっており、用いた種子及び実験場所、環境条件等の差

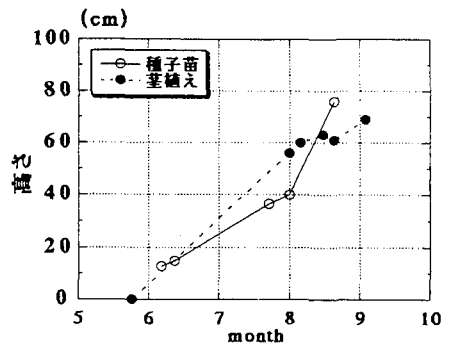


図-14 種子苗と茎の成長(サンプル中の最大高さ)

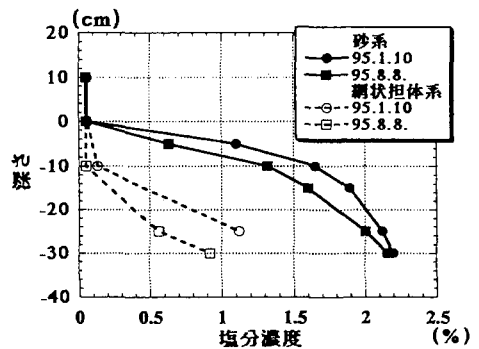


図-15 各系の塩分濃度の鉛直分布

によるものと思われる。このことから、種子苗においても植栽当初に生育していたヨシとともに、定着した地下茎から発芽する新芽の生育も大きく期待できることがわかった。

d) 塩分濃度の影響

本実験では、初期生育時及び植栽2年目において流入水中の塩分濃度は0.4~0.8%であったが、図-11, 12から汽水流入時でもヨシが順調に生育していたことから、塩分濃度0.4~0.8%の負荷によるヨシ生育への影響はなかったといえる。次に、砂系と網状担体系の第3槽の塩分濃度の鉛直分布を図-15に示す。この図から、ヨシの根茎の存在が確認された深さ20cmまでの塩分濃度は砂系と網状担体系では大きな差があった。下水処理水流入時では、網状担体系は0.1%ほどしかないのに対して、砂系では深さ10cmで1.3~1.7%、深さ15cmで1.5~2.0%と高い値であった。過去の研究^{4), 17), 18)}では、ヨシの生育に影響のない塩分濃度の限界値は1.0~1.5%で、それ以上の濃度では生育困難であると報告されている。しかし、本実験の砂系のヨシは最大約2.5mまで生育したことから、塩分濃度が1.5~2.0%の土壤中でも生育可能であることがわかった。この理由として、汽水産種子を用いたため塩分耐性があったこと、徐々に塩分の高い土壌に根を張っていったため馴化作用が生じたことが推測される。

4. まとめ

浚渫ヘドロ上での広範囲のヨシ原の創出手法を確立するためにヨシ種子の発芽特性を検討したうえ、「種子苗植栽手法」を用いて浚渫ヘドロ上への生育特性を把握し、ヨシ原創出の可能性について検討した結果、以下の知見が得られた。

- (1) ヨシ種子の発芽は温度条件とは正の相関が、塩分濃度条件とは負の相関があった。また、発芽前処理として浸水状態で5°C5日間保存するという前低温処理によって、ヨシ種子が塩分濃度による発芽阻害を克服する可能性あることを示した。産地による発芽特性は、温度に関しては差違がなかったが、塩分濃度に関しては汽水産種子の方が耐性が高いことが確認された。
- (2) 種子苗は、植栽後約80~90%のものが定着し、2年目には付近の自生しているヨシ原と生育、生活環が同様となった。植栽場には空隙率が大いものを用いた方がヨシの根茎に栄養塩類が供給されやすく、苗が定着し易いことが明らかになった。しかし、その後の生育には植栽場の保水性や安定性が必要である。
- (3) ヨシの生育は茎植えと比べ種子苗の方が若干細かいが、高さ、分けつ数ともほぼ同じであった。これらのことから種子苗植えはヨシ原創出手法の一つとして有効であることがわかった。
- (4) 種子苗植栽手法は、種子への工夫及び苗状態からの馴化により、浚渫ヘドロ上へのヨシ原創出が汽水域も含めた広範囲において可能であることが示唆された。また、植栽当初に生育していたヨシとともに、定着した地下茎から発芽する新芽の生育もヨシ原創出時に大きく期待できることが確認できた。

参考文献

- 1) 岡田光正：沿岸水域の水質保全技術，用水と廃水，Vol.35, No.1, pp.52-61, 1993.
- 2) 本橋敬之助：水質浄化の現状と課題②浚渫における効果と問題点，PPM, No.12, pp.62-67, 1992.
- 3) 桜井善雄：水辺の緑化による水質浄化，公害と対策，Vol.24, No.9, pp.899-909, 1988.
- 4) 細川恭史，三好栄一，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, No.1, pp.205-237, 1991.
- 5) 細見正明：ヨシ人工湿地による水質浄化法，用水と廃水，Vol.36, No.1, pp.40-43, 1994.
 - 6) 細見正明，須藤隆一：湿地による生活排水の浄化，水質汚濁研究，Vol.14, No.10, pp.674-681, 1991.
 - 7) 稲森悠平，木村真子，須藤隆一：干潟における底生生物の役割と保全のための対策のあり方，用水と廃水，Vol.36, No.1, pp.15-20, 1994.
 - 8) 桜井善雄：抽水植物群落復元技術の現状と課題，水草研究会報，No.43, pp.1-8, 1991.
 - 9) 加藤智博，細見正明，椋内孝信，須藤隆一：ヨシ槽における栄養塩類の除去，第29回日本水環境学会年会講演集，日本水環境学会，pp.60, 1995.
 - 10) 加藤智博，細見正明，椋内孝信，須藤隆一：人工ヨシ原における水質浄化能力の検討，第30回日本水環境学会年会講演集，日本水環境学会，pp.86, 1996.
 - 11) 桜井善雄，苧木新一郎，上野直也，渡辺義人：ヨシの植栽地の土壌条件に関する実験的検討，水草研究会報，No.38, pp.2-5, 1989.
 - 12) 高橋新平，近藤三雄：水辺の緑化に関する実験的研究，日本緑化工学会誌，Vol.16, No.3, pp.31-38, 1991.
 - 13) 星川清親：解剖図説「イネの生長」，社団法人農山漁村文化協会，pp.54-57, 1975.
 - 14) Kim, K.S., Moon, Y.S. and Lim, C.K.: Effect of sodium chloride on germination of *Atriplex gmelini* and *Phragmites communis*, Korean J Bot, Vol.28, pp.253-259, 1985.
 - 15) Galinato, M.I. and Van der Balk, A.G.: Seed germination traits of annuals and emergents recruited during drawdowns in the marsh Manitoba Canada, Aquatic Botany, Vol.28, pp.253-259, 1985.
 - 16) 立花吉茂：ヨシ (*Phragmites communis* Trin) の種子繁殖とその初期成長，文部省「環境科学」特別研究報告集「琵琶湖とその集水域の環境動態」，pp.79-89, 1980.
 - 17) 栗原康編者：河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー，東海大学出版，1988.
 - 18) 堀江毅，細川恭史，三好栄一，関根善之：植物体 (ヨシ) による浄化能力の検討，港湾技研資料，591, pp.3-18, 1987.

(1996.12.26受け)

EVALUATION FOR THE CREATION OF REED FIELDS WITH SEEDLINGS ON DREDGED SEDIMENTS

Tomohiro KATO, Kai-Qin XU, Nobuo CHIBA, Takanobu KASHIUCHI,
Masaaki HOSOMI and Ryuichi SUDO

Evaluation for the creation of reed fields with seedlings on dredged sediments was discussed in this study. Results indicated that germination rates of seedlings of reed increased with the increment of temperature, and was independent of locations, but decreased with the increase of salinity. The pre-treatment of seedlings under low-temperature 5°C before germination played an important role in overcoming the adverse effect of high salinity. The growth of seedlings on dredged sediments was good and stable during two-year experiments. It suggested that the creation of reed fields with seedlings on dredged sediments may be applicable to large areas including brackish-water area.