

(28) 水ヨシ生育に及ぼす植栽条件の影響に関する研究

Study on the Effects of Planting Conditions on Reed Growth

田中周平*、藤井滋穂**、山田 淳***、市木敦之***

Shuhei TANAKA*、Shigeo FUJII**、Kiyoshi YAMADA***、Atsushi ICHIKI***

ABSTRACT: This study aims to find out influences of planting methods and site conditions on reed growth. Reed growth was observed at an experimental field in Lake Biwa every month from December 1997 to August 1998. Influences of several factors on reed growth, such as planting method, water depth, erosion, were examined from the results of the observations, and the following results were drawn:

1) Out of 1081 pieces of reeds planted on October 1997, 449 pieces failed to grow, which were mainly planted with the Bittmann Method and the Root Method, while the other methods produced 89% in survival ratio, especially, high percentage (98%) in the Mat Method. 2) Average density of reeds in the autumn is 86.6, 67.8, 65.3 and 20.6 stalks/m², respectively for the Mat Method, the Pot Method, the Sandbag Method and the Big Stump Method. 3) The erosion exceeding 12cm depth had adverse effects on reed growth, while the erosion less than 4cm did not show abstraction on reed growth apparently. 4) All of the factors (methods, sites, dates, and any of their combinations) are statistically proved to have some significant influence on the reed growth variation with a risk less than 0.1%. The contribution of planting method on reed growth was 20% of the whole variation.

KEYWORDS: Reed, Planting method, Water depth, Erosion, Lake Biwa

1. はじめに

ヨシは、イネ科Gramineaeヨシ属Pragmites Adans.の植物であり河岸や水湿地に広く群生し、主に地下茎で増殖する多年草である¹⁾。そして、その群落は水質浄化機能を有することが経験的に知られている。また、琵琶湖岸はヨシの大規模な国内生息地として知られており、水生生物や魚類、鳥類の生息空間として極めて重要な役割を果たしている。このように、琵琶湖にとって重要かつ貴重なヨシ群落の保全や復元のための取り組みが、近年様々な形で実施されている。滋賀県ではヨシ群落を保全し植栽することを目的に、沿岸域での工事等の規制、ヨシの植栽事業、その他啓蒙活動等を行う^{2,3)}「ヨシ群落保全条例」が1992年に制定された。琵琶湖におけるヨシの人工植栽は、これまで、水資源開発公団をはじめ関係機関で実施され、各種植栽工法が開発、提案されてきた。表-1にその主要手法^{4~7)}を示すが、現在、ヨシの各種植栽工法と生育環境（地形地盤条件、水位条件、波浪条件、気象条件）の関係に視点を置いた植栽工法の評価は十分になされていない。そこで本研究では、ヨシ生育に及ぼす影響要因を植栽工法別に把握するため、琵琶湖南湖東岸にある琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター（以下Biyoセンター）内のヨシ植栽地において、ほぼ月1回の観察調査を実施し、ヨシ生育に及ぼす諸条件の影響について検討を行った。

2. 実験、調査の概要

2.1 実験方法

本調査は、図-1に示す琵琶湖南湖葉山川河口部に位置するBiyoセンター内のわんど型実験施設において実施した。実験施設は面積3000m²であり、消波施設として鋼矢板が両側1/3部分に打ち込まれ、中央部で外部との水交換

* 立命館大学大学院理工学研究科 (Graduate School of science and engineering, Ritsumeikan Univ.)

** 京都大学大学院工学研究科 (Graduate School of engineering, Kyoto Univ.)

*** 立命館大学理工学部環境システム工学科 (Dept. of Environmental System Engineering, Ritsumeikan Univ.)

が可能となっている。この施設は水中に向かってヨシの生育可能範囲を広げることを目的に、植栽前に基盤整形が行われた。図-2は琵琶湖・淀川水質保全機構により測定された地盤データをもとに作成した地盤整形前後およびヨシ植栽9ヶ月半後の地盤等高線図である。整形工事では、沖合方向10～25mの場所で勾配を3%程度とするため、この地域を中心として土入れが行われた。その結果、ヨシ生育に適すると予想される比高-30cm（琵琶湖標準水位B.S.L.に対する地盤高）までの面積が増大した。しかし、図-2(b)から明らかなように、土入れをした地域の沖方向で10%前後の急峻な勾配が形成されたため、9ヶ月半後には図-2(c)のような整形前の地盤形状に戻る結果となった。また、植栽地盤は粒径が0.75mm以下の砂分が50%近くを占めていたが、地盤整形9ヶ月半後にはその大半は流され粒径の荒い土壌となった。

このわんど型実験施設の北部A、B2つのゾーン（図-1参照）に、1997年10月23日～28日、表-2に示す6工法（植栽密度の違いを加えると9条件）で1081株のヨシを植栽した。図-3に各工法での植栽場所、株数の詳細を示す。

2.2 調査方法

観察調査では、1997年12月からほぼ月1回の頻度で植栽全株について、ヨシ茎個体数、最長草高（株内ヨシ草高の最長高さ）および株近傍における水深を測定した。ただし、ヨシ茎個体数は、植栽以降に新たに発芽したと見られる緑色の新芽のみを測定し、旧年のヨシ茎に関しては対象外とした。また植栽ヨシが本年度においてほぼ生育完了した8月29日に、ポット、マット、土のう、大株それぞれの工法の1m×0.5m範囲（Aゾーン）において、ヨシ地上部を完全に刈り取り、個々のヨシ草高、上端20cmおよび下端20cm茎径、湿重量、乾燥重量と、各ゾーン全体でのヨシ、その他の植物別総湿重量を調査した。

2.3 実験地概況

本実験地の位置する琵琶湖南湖東岸は、沖合からの西風を強く受ける。風は湖水

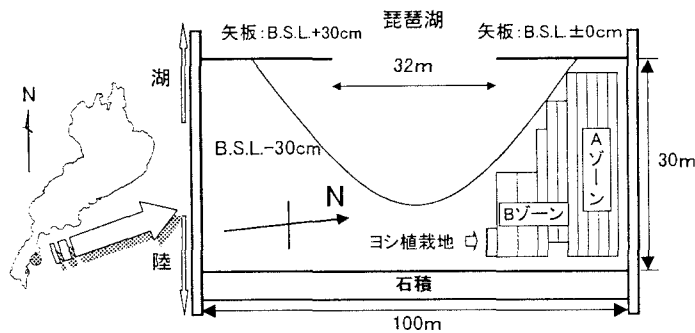


図-1 わんど型実験施設概要図

表-1 ヨシ植栽工法と在来の研究

ビットマン工法	Bittmann ⁴⁾ が考案。ヨシ帯の中の若いヨシの茎を地中から切り取って苗とし、それらを数本ずつ、一部が土中になるように採取後乾燥に注意して1日以内に植え込む方法で、移植の時期として、Bittmann ⁴⁾ は、5月前半～6月中旬までを、桜井 ⁵⁾ は4月上旬～5月中旬(本州中部)を提示。
地下茎工法	ヨシ群落の地下茎のみを適当な長さにして地中に埋め込む方式。中村ら ⁶⁾ は、地下茎をそのまま移植した場合はすべて根腐れし、一部を地上に出した場合は発芽するがきわめて生育状況が悪いことを報告している。また、その元株を得るヨシ集落を傷つける点が欠点 ⁵⁾ 。
大株移植法	古いヨシ群落から地下茎と根を株ごとサイコロ状に切り取り、植栽地に掘った穴に埋め込む古くからの方法。Bittmann ⁴⁾ は、株植えは夏の平均水位の場所に6月末以前と、11月以降に植栽可能であると述べている。一方、桜井 ⁵⁾ は、水際や湿地だけでなく水中も可能だが、水深30cmが限度と述べている。水資源開発公団 ⁷⁾ では、一辺を15～20cmの立方体とする小株移植法と、40～50cmとする大株移植法の2通りの株植えを提案し、前者は人力による作業が可能だが、活着と生育および水中での植栽で後者に比べ劣ることを指摘。欠点は、輸送費、植え付け費が高く ^{4,5)} 、またその元株を得るヨシ群落を傷つける点 ⁵⁾ 。
ポット苗移植法、土のう工法	ポット苗移植法は、10～11月頃採種した種を5～6月に苗床に播種し、発芽成長後(約50日)ポットに移し、さらに1～2年後高密度に繁殖したヨシ株となった後、植栽地に移植する方法である。利点は、既存のヨシ帯を傷つけないことや根を傷つけずに移植可能な点で、欠点は準備期間が必要で、その間の管理を要し、移植作業も地下茎植えや茎植えに比べ手間がかかる。土のう工法は、ポット苗の根に土のう袋をかぶせ、土のうごと植栽する方法。
マット植栽法	播種し発芽した苗を、まずヤシの実繊維のポットに植え成長させた後、ヤシの実繊維マットにさらに移し替え、育成したヨシマットを、植栽地域に植える方法。他方法に比べ、最も安定した株を用いるので、活着率も最も良いと予想されるが、逆に最も手間がかかる手法であり、現在は購入可能といえ、かなり高価。

の流動や沿岸での波浪に強く影響し、多くの場合、ヨシの活着を妨げる原因となる。実験施設付近の水資源開発公団湖南管理所での日平均風速は4m/s程度だが、日最大風速は平均で10m/sを超え、20m/sを超える日も数日間あった。一方、1996年から1998年の琵琶湖水位（鳥居川水位）は3年間の平均では-9.9cmであった。また年間変動幅は平均98.7cmと大きく、例年1月から2月にかけて水位が上昇し、夏期を過ぎると再び水位が低下した。ヨシは4月植栽が最も活着しやすいと言われているが、琵琶湖では同時期に最も水位が高くなり植栽には不適である。そこで、本実験地では水位が低くなることの多い10月に植栽が行われた。

3.実験結果

3.1 植栽ヨシ活着率

本実験はヨシ植栽には比較的厳しい環境条件の下で行われ、1997年10月に植栽した全1081株のうち、最終調査を行った1998年8月29日時点で449株の発芽が認められなかった。流出もしくは無発芽株の大半はビットマン、地下茎工法によるものであり、これらを除く株の活着率は89%となった（図-3）。また、8月29日の時点ではマット植栽法が98%ともっとも高い活着率を示した（表-3）。1994年に滋賀県近江八幡牧地先で行われた森田ら¹⁰⁾のマット植栽法によるヨシ植栽実験によると、比高（琵琶湖標準水位を0cmとする）-58～-98cmの3地点で植栽したすべてのヨシが活着し周囲に地下茎が伸長したと報告されている。ただし、このときの琵琶湖水位は-123cmまで低下している。本実験では比高-39cmに植栽したマット苗が流出し、周囲の地盤に活着しなかった。流出株は波浪の影響を受けやすいわんど開口部付近に多く存在したことから、株周辺の地盤が波浪により浸食され、株流出の原因となったと考えられる。なお、マット苗が流出した区画の植栽9ヶ月半後の比高は-54cmであり、株周辺の地盤は15cm浸食されていた。

3.2 ヨシ生育状況

植栽ヨシの新芽は3月初旬より陸側から発芽し、それが春先から夏場にかけて沖合方向に拡散し増加した。図-4には土のう工法を例として茎個体数密度および最長草高の経時変化を示す。この図から、最長草高は4月期に著しく成長するのに対して、茎個体数密度は8月下

表-2 植栽条件

植栽工法名	植栽密度	植栽面積(m ²)	初期条件
ビットマン工法	5本/m ²	38.5	長さ50cm
	4本/m ²	53.0	
ポット苗移植法	4株/m ²	53.0	4年間育成苗
	2株/m ²	38.5	
マット植栽法	0.5枚/m ²	91.0	125cm × 80cm
大株移植法	1株/m ²	91.0	1辺50cm角
土のう工法	4株/m ²	50.0	4年間育成苗
	2株/m ²	41.0	
地下茎工法	10根/m ²	10.0	

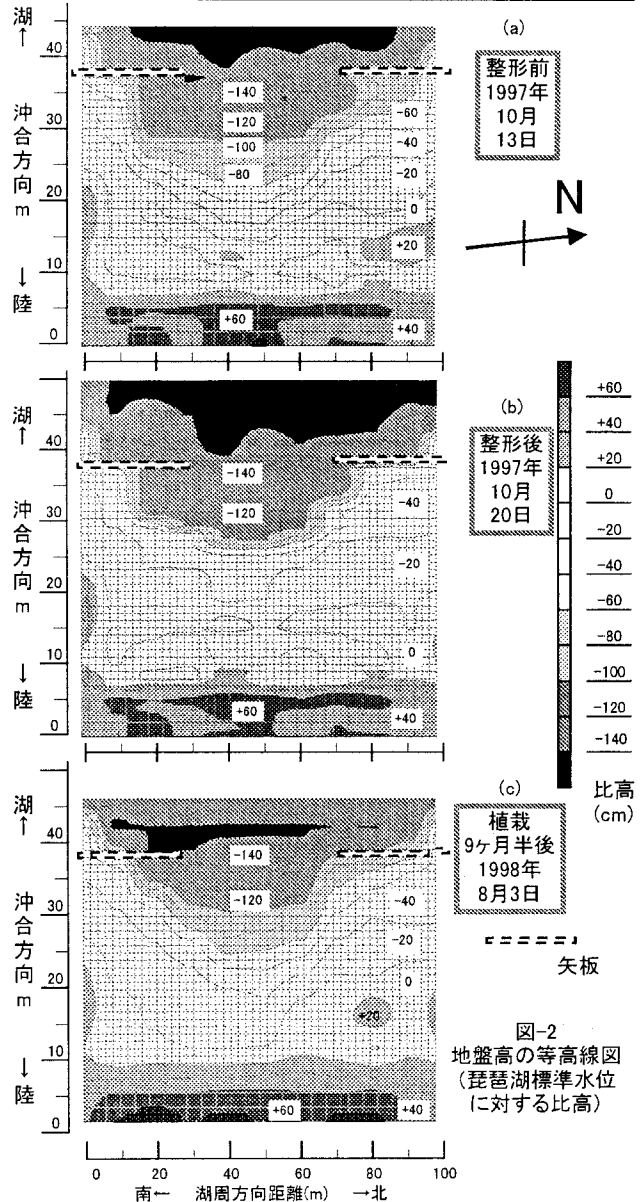


図-2
地盤高の等高線図
(琵琶湖標準水位
に対する比高)

旬まで緩やかに増加し続ける傾向がみられた。すなわち、ヨシ群落草高については6月の時点である程度の長さに達し、その後、小さな草高個体数が増加することを示している。これは、水位の低下にともない発芽していなかったヨシの株から新芽が出てきた結果を反映していると現地観察より判断できる。図-5は植栽工法別のヨシ茎個体数密度の経時変化を示しており、地下茎、ビットマン工法は全体を通じて0~2本/m²とほとんど生育しなかったことが読み取れる。また、その他の工法では4月頃から増加を始め、マット植栽法、土のう工法、ポット苗移植法では8月まで増加傾向にあった。一方大株移植法は、4月から6月にかけて緩い増加が見られ20本/m²ほどになったものの、その後は増加が見られなかった。8月29日時点でのヨシ茎個体数密度は、マット植栽法、ポット苗移植法、土のう工法、大株移植法の順に、86.6、67.8、65.3、20.6本/m²となり、大株移植法を除いては琵琶湖平均値(31.1本/m²)¹¹⁾に比べて高密度に生育した。また、最終調査日の8月29日には、すでに半数以上のヨシの成長が終了し一

表-3 調査結果集計(8月29日調査)

集計項目	ビットマン 工法	土のう 工法	マット 植栽法	大株 移植法	ポット苗 移植法	地下茎
平均ヨシ茎個体数(本/株)	0.02	21.1	171.3	20.6	21.2	0.7
標準偏差(本/株)	0.27	15.5	108.6	12.9	17.2	2.1
最大ヨシ茎個体数(本/株)	5	70	600	62	100	7
植栽株数	364	282	46	91	288	10
無発芽株数	361	40	1	8	30	9
活着率(%)	0.8	85.8	97.8	91.2	89.6	10.0
平均ヨシ茎個体数密度 (本/m ²)	0.16	65.3	86.6	20.6	67.8	0.7

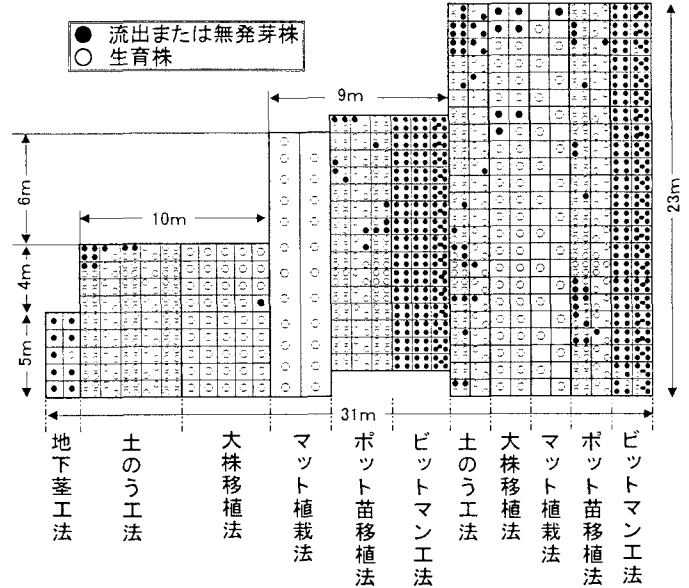


図-3 植栽配置図(活着状況を含む)

部は枯死しつつある状態であったが、目視観測でも、他地域のヨシ群落よりヨシ草高が小さいことが確認された。図-6に示すように、本植栽地ではヨシ草高は50~150cmの範囲にとどまっており、琵琶湖平均値(219cm)¹¹⁾に比べて100cmほど小さい草高となった。なお、非超過確率の計算ではHazen plotを利用した。また、茎径は上端で1~3mm、下端で2~5mmとなり、これも琵琶湖平均値(6.87mm)¹¹⁾に比べて小さいものであった。これらの原因としては、植栽ヨシが他地域のヨシに比べて根圏が発達しておらず、その上比較的高密度で発芽したため、各ヨシが摂取する栄養量が小さくなったことなどが考えられる。

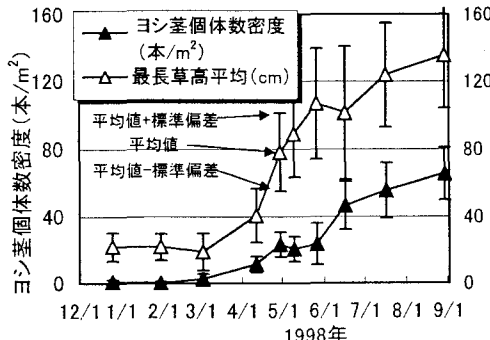


図-4 ヨシ茎個体数密度と最長草高の経時変化(土のう工法)

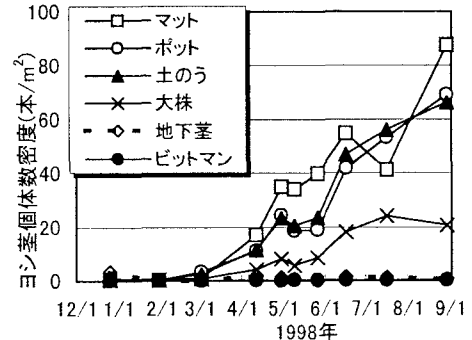


図-5 植栽工法別ヨシ茎個体数密度の経時変化

4. ヨシ生育に及ぼす影響要因の評価

4.1 多元配置分散分析によるヨシ生育影響要因の評価

ヨシ生育に大きな影響を及ぼす要因としては、植栽工法、水位、地盤変化などが考えられる。そこで本章では、湖畔に直交で配列されたAゾーンのヨシ茎個体数データ（データ数1200=10×10×12）をもとに、調査日(A_i、10水準)、植栽工法(B_j、10水準)(植栽密度差などを含む)、植栽位置(C_k、沖合から陸方向に12水準)の3因子による3元配置による分散分析を行い、それら因子の影響を考察する。測定値は次のモデル式で表される。

$$X_{ijk} = x_0 + a_i + b_j + c_k + (ab)_{ij} + (ac)_{ik} + (bc)_{jk} + e_{ijk}$$

ここで、x₀は適用データの総平均値であり、a_i~c_kは因子A_i~C_kの主効果を、(ab)_{ij}~(bc)_{jk}は2因子交互作用を、e_{ijk}は残差を示す。このモデル式をもとに分散分析表を作成し、ヨシ生育に及ぼす影響要因の検定を行い、さらにそれらの要因の寄与率を算出した。表-4はその結果を分散分析表でまとめたものである。分散和は各係数値や残差が全体の分散に与える影響量で、自由度は、それを含む誤差の数に対応する。分散比は、1個分の自由度に対する因子変動（分散）を残差変動で割ることにより得られ、これとF分布表から得られた値を比較することで、その効果が偶然によるものかどうかを検定できる。修正平方和は自由度分の誤差の影響を除いた変動量であり、寄与率はそれに基づく全分散に対する寄与率である。本調査の場合、すべての作用で危険率0.1%有意性を示した。調査日の寄与率が32.5%、植栽工法の寄与率が19.9%、植栽位置の寄与率が4.8%となり、季節変化、植栽工法がヨシ生育に大きく寄与していることが分かる。また、調査日と植栽工法の交互作用A×Bが13.8%と高い寄与率を示しているが、これは、植栽工法別にヨシ生育の期間が異なることを表していると考えられる。また、調査日の影響は、その地盤変化の影響も含んでいると考えられ、水位、植栽工法、地盤変化などの影響要因が、大きくヨシ生育に影響を与えていることが分かった。以下に、それぞれの要因についての検討を行う。

4.2 水位がヨシ生育に及ぼす影響

文献¹³⁾でも示されるように冠水の有無はヨシの成長に大きく影響する。毛涯ら¹⁴⁾は実際にヨシ植栽を行った経験から、琵琶湖での良好な植栽条件を、勾配が緩やかで水深 60~80cm 程度までと述べているが、琵琶湖水位は年間変動幅が平均 98.7cm(1996~1998 年平均)と大きく、実際にヨシ植栽を行う上では、これらの変動要因も考慮した検討が必要となる。そこで、冠水がヨシ生育に及ぼす影響について検討するため、ほぼ月 1 回の水深調査結果と琵琶湖水位を用いて、最大 1000 回、交差 0.001 の条件の反復計算による 2 次元スプライン補正¹⁵⁾を行い、株ごとの地盤高を算出しヨシ植栽後 1 年間の水深の経時変化を推定した。なお、陸地の水深は 0cm とおき、土砂の浸食堆積による地盤変化については、株ごとに隣接する調査間で直線補完を行った。ただし、2 調査連続で陸地であった株については、その調査間も陸地であると仮定した。

次に上記の手法で算出した株ごとの年間平均水深とヨシ生育との関係を検討し、琵琶湖におけるヨシ植栽可能比高（琵琶湖標準水位を 0cm とする）の推定を行った。図-7(a),(b)は、それぞれ 5 月 9 日、8 月 29 日の植栽株ごとのヨシ茎個体数と年間平均水深との散布図である。5 月 9 日調査時点では年間平均水深が 32cm 以深で、多くのヨシが無発芽状態である。琵琶湖水位はこの時点まで増加し、5 月 9 日時点では+28cm となっていた。浸食などによ

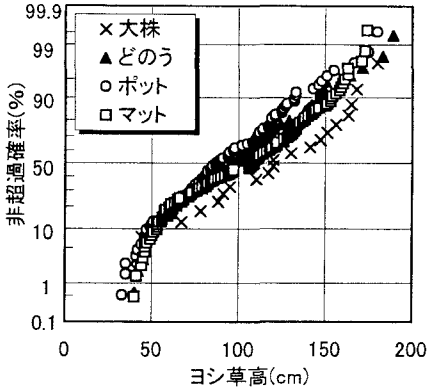


図-6 植栽工法別ヨシ草高分布特性

表-4 分散分析表

	分散和	自由度	分散	分散比	0.1%F値	修正分散和	寄与率(%)
全体	1785011	1199	1489			1680031	100.0
調査日(A)	549046	9	61005	178.8	3.13	545975	32.5
植栽工法(B)	336879	9	37431	109.7	3.13	333808	19.9
植栽位置(C)	84021	11	7638	22.4	2.88	80268	4.8
A×B	259064	81	3198	9.4	1.60	231425	13.8
A×C	90565	99	915	2.7	1.54	56784	3.4
B×C	161525	99	1632	4.8	1.54	127745	7.6
残差(E)	304027	891	341			304027	18.1

って場所により地盤高が変化するので、若干の幅はあるが、年間平均水深 32cm の区画は 5 月 9 日時点の水深が 70cm であった。その後、水位の低下などにより年間平均水深 30～55cm 区画においても、ヨシ茎個体数が増加する傾向にあった。次に植栽工法別にヨシ茎個体数と年間平均水深との関係をまとめたのが、図-8(a)、(b)である。本実験においてのポット苗移植法、土のう工法、大株移植法、マット植栽法の 1 株あたりの植栽面積比は、1:1:4:8 である。図-8(a)より、年間平均水深とヨシ茎個体数とは負の関係、年間平均水深と無発芽率とは正の関係にあることが分かる。また、大株移植法は 20cm を超える深い水深では約 50% が発芽しないが、マット植栽法は比較的深い水深の状況下においても発芽していることが分かる。図-8(b)は、水位が低下した後の 8 月 29 日の関係であり、水位の高い時期に発芽していなかったヨシが水位の低下とともに発芽したことを表す結果となった。

これらの結果より、ある程度水深が深いとヨシの成長が遅れるが、株を死滅させる要因とはならないことが推測された。また、8 月 29 日時点ではポット苗移植法が、年間平

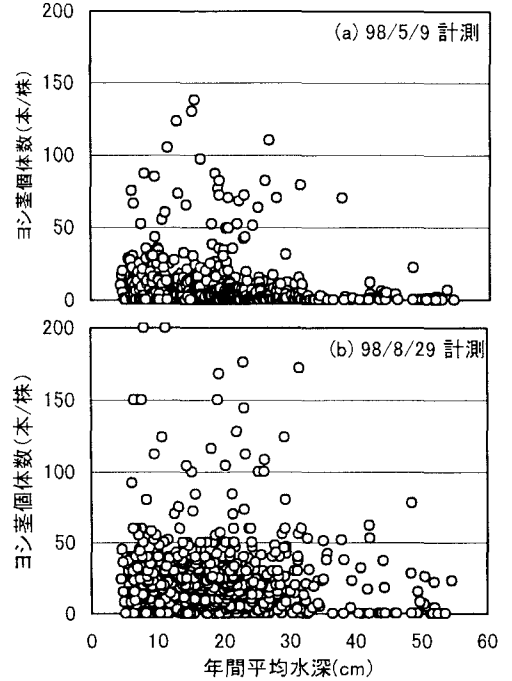


図-7 1 株当りのヨシ茎個体数と年間平均水深

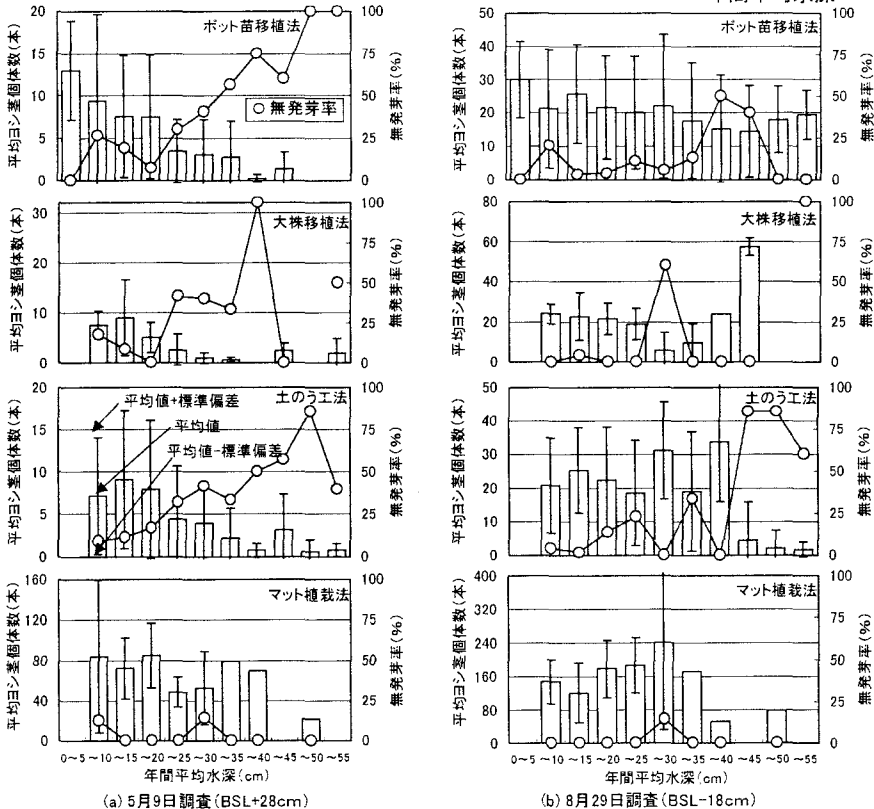


図-8 ヨシ茎個体数と年間平均水深

均水深 55cm においても平均ヨシ茎個体数が 20 本と良好な生育結果を示し、マット植栽法も年間平均水深 50cm において 78 本という良好な生育結果を示した。本実験施設では、ポット苗移植法は年間平均水深 60cm、マット植栽法は年間平均水深 55cm 以深の地盤には植栽されておらず、植栽可能限界比高を求めるためには、今後さらに深い地盤高において植栽実験を行う必要がある。また、土のう工法は平均水深 40cm、大株移植法は平均水深 45cm 以深では良好な生育結果を示さなかった。

4.3 植栽工法別ヨシ成長時期と水位との関係

本実験施設では、沖合方向に並列に23m、各種植栽工法別にヨシが植栽されていることから、植栽ヨシは、沖合と沿岸域とは異なる成長過程を示す結果となった。そこで矢板から陸域に向けて4mごとに6つの区画に分類し、その区画ごとのヨシ茎個体数密度を比較することで、それぞれの比高における植栽工法別の特性を検討した。なお、それぞれの区画の平均比高は沖合から、-40、-28、-18、-2、8、15cm（1998年8月3日地盤高）となった。図-9は植栽位置の成長へ影響を示しており、沖側のヨシ茎個体数密度が約1ヶ月半遅れて陸側の密度と等しくなることがうかがえた。また、8月29日には平均比高-40cmの区間を除いてほぼ等しいヨシ茎個体数密度となった。この要因として、6月頃からの琵琶湖水位の低下が挙げられ、ヨシ成長に琵琶湖水位の変化が影響を及ぼしていることが考えられた。

図-10(a)、(b)は、最も沖合に位置する平均比高-40cm区間と最も陸域に位置する平均比高15cm区間を比較し、植栽工法別のヨシ茎個体数密度と水深との関係を示す。沖側の場合、マット植栽法の変動が他の工法とは異なり、5月初旬にヨシ茎個体数密度が急激に増加していることが分かる。この時期のこの区画の平均水深は70cmであり、マット植栽法的水深に対する耐久性が他の工法より高いことを示す結果となった。また、ポット苗移植法、土のう工法は水深が45cmとなった6月初旬に成長しており、大株移植法については、水深が30cmを切った8月に成長していることが分かった。

一方、陸域ではポット苗移植法が最もヨシ茎個体数密度が高く、8月29日時点でポット苗移植法が147本/m²、続いて土のう工法が69本/m²、マット植栽法が66本/m²、大株移植法が26本/m²となった。

4.4 地盤変化がヨシ生育に及ぼす影響

琵琶湖沿岸域は、湖岸道路などの建設のために傾斜が以前より厳しくなっており、自然状態のままではヨシ群落の回復は期待できない状況である。遠浅の部分が少なくなった現在の琵琶湖周辺では、沿岸域への波の影響が強く、今後、琵琶湖ではヨシ植栽に付帯して地盤の整形および消波施設の設置を行う必要がある。本実験を行ったヨシ植栽地は地盤整形を行った土地であり、また、波浪条件の厳しい地区でもある。その結果、ヨシ植栽地では植栽後に図-2(c)に示すような大きな地盤変化が起こった。ヨシ植栽地は、植栽前の1997年10月20日、比高-43cm～-21cmの地

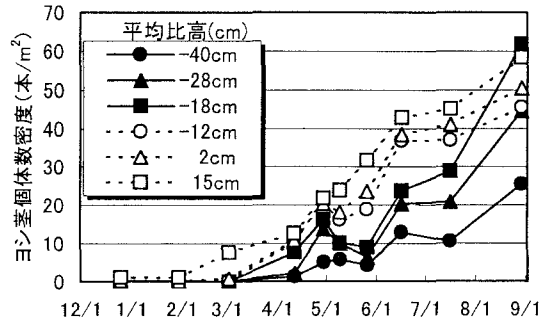


図-9 植栽位置別ヨシ茎個体数密度の経時変化

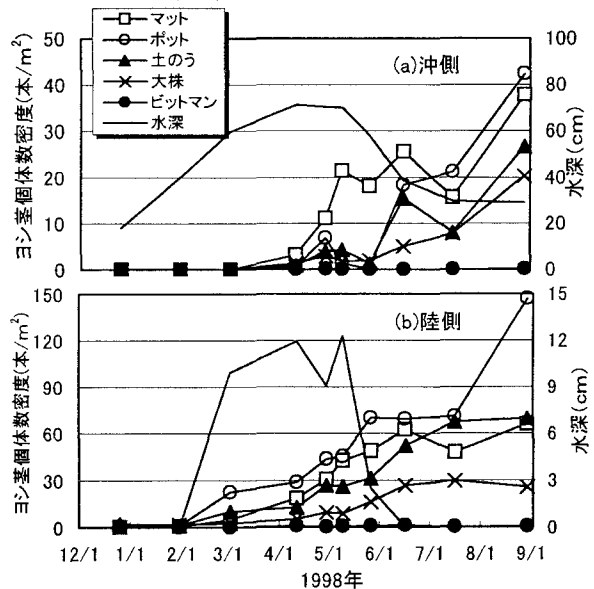


図-10 植栽位置別のヨシ生育と水深との関係

盤高であったが、その9ヶ月半後の1998年8月3日には土砂の移動により、比高-82cm～35cmの地盤高に変化した。最大浸食は-39cm、最大堆積は25cmであり、植栽地全体としては4cmの堆積であった。また、本実験では、深さ30cm～50cmの範囲でヨシ植栽が行われた。よって、株周辺の地盤が浸食されることは、株を浮き上がらせる結果となり、植栽ヨシの生育に悪影響を与えと考えられる。そこで、植栽株ごとの地盤高を用いて地盤の浸食・堆積による変化とヨシ生育状況についてまとめたのが、図-11である。図は横軸に1株ごとのヨシ茎個体数を、縦軸に地盤変化を表し、マイナスが浸食、プラスが堆積を示している。図から明らかのように、マット植栽法を除いて、浸食が12cmを超えるとヨシ茎個体数が25本を下回ることが読み取れる。また、4cm未満の浸食は、ヨシ生育にあまり悪影響を及ぼさないことが分かった。植栽工法別には、マット植栽法が他の工法とは異なる傾向を示し、11cmの浸食部分においても78本という高い生育結果を示した。このことから、マット植栽法は浸食に対して高い耐久性を持っていることが示唆された。

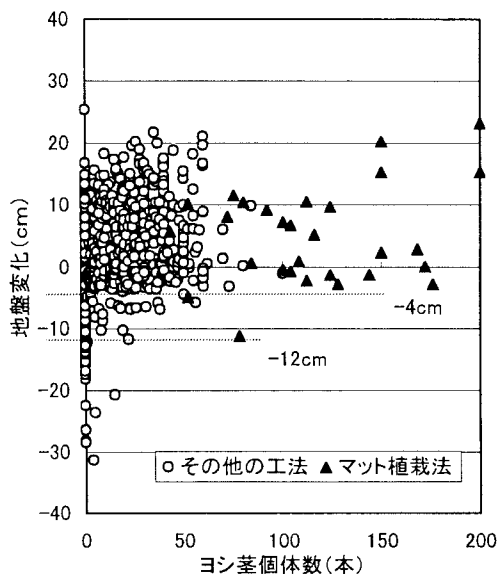


図-11 ヨシ茎個体数と地盤変化

4.5. 各植栽工法の特徴

植栽ヨシに要求される条件としては、先ず周囲の地盤に活着し、厳しい波浪や水位変化、水深に耐えること、またその環境の中で適応し、周囲の地盤に地下茎を伸ばしていくことなどが挙げられる。このような観点から各植栽工法の特徴を見ると、まず、厳しい水深条件のもとでも、高い活着率を示したマット植栽法は、比較的厳しい自然条件でのヨシ植栽に適していると言える。ただし、苗購入費用や植栽費用が他に比べて高くつくため、効果的な植栽を行うためには、植栽可能地盤高や周囲の土壌基盤安定工法、波浪条件などについて、今後さらに詳細なデータ蓄積が必要となる。大株移植法は、他の工法に比べ茎径が平均約1mm太く、自生ヨシに最も近い形状となった。しかし、自然の陸ヨシを移植するこの工法は、移植に多大な労力を必要とする。そして、元来陸に生息するヨシであるためか、琵琶湖水位の高い時期には、あまり良い生育結果を示さなかった。よって、水位の比較的浅い地盤に植栽するには適した工法であると考えられる。ポット苗移植法は、活着率は上記2工法を少し下回ったが、水深に対する耐久性では、大株移植法、土のう工法を上回る結果を得た。土のう工法に関しては、今回の実験では土のう袋による根の保護効果はあまり見られなかった。また、ビットマン、地下茎工法については、水位、波浪条件などが大きく異なるような場合以外は適用が困難と言える。

5. まとめ

本研究では、ヨシ植栽後約1カ年に及ぶ生育観察調査を実施し、ヨシ生育に及ぼす影響要因を各植栽工法別に比較、検討した。主要な成果を以下に記す。

- 1) 植栽した全1081株のうち、最終調査を行った1998年8月29日時点で449株の発芽が認められなかった。その大半はビットマン、地下茎工法であり、これらを除く株の活着率は89%となり、特にマット植栽法は98%と高い活着率を示した。
- 2) 8月29日時点でのヨシ茎個体数密度は、マット植栽法、ポット苗移植法、土のう工法、大株移植法の順に多くっており、86.6、67.8、65.3、20.6本/㎡となった。
- 3) ヨシ茎個体数密度について、調査日、植栽工法、植栽位置の3因子による3元配置分散分析を実施したところ、それらの主効果および交互作用はすべて危険率0.1%有意性を示した。調査日の寄与率は32.5%、植栽工法の

寄与率が19.9%、植栽位置の寄与率が4.8%となり、季節変化、植栽工法がヨシ生育に大きく寄与していることが分かった。

- 4) 植栽株ごとのヨシ茎個体数と年間平均水深との関係から、年間平均水深が32cmを超えると無発芽株の割合が増加し、全体的にヨシ生育状況が悪くなる傾向が読み取れた。
- 5) 琵琶湖水位の高い時期の集計結果から、マット植栽法の水深に対する耐久性が他の工法より高く、水深70cmの状況下でも成長することが分かり、ポット苗移植法、土のう工法は水深が45cmとなった6月初旬に、大株移植法については、水深が30cmを下回った8月にヨシ茎個体数密度が増加していることが分かった。
- 6) マット植栽法を除いて、浸食が12cmを超えるとヨシ茎個体数が25本を下回ることが分かった。また、4cm未満の浸食は、ヨシ生育にあまり悪影響を及ぼさないことが分かった。植栽工法別には、マット植栽法が他の工法とは異なる傾向を示し、11cmの浸食部分においても78本という高い生育結果を示した。

なお、ヨシ植栽条件の総合的な評価には、さらに長期にわたる観察調査も必要であるため、本生育調査は現在も継続して行なっている。今後、データの蓄積を図り、沿岸環境と最適なヨシ植栽工法との関係について詳細な検討を行いたいと考えている。

本研究の一部は、(財)琵琶湖・淀川水質保全機構からの受託研究として行なわれた。また、データ収集や調査実施に際して、水資源開発公団関西支社および立命館大学学生、大学院生の補助を得た。各位に対しここに心から感謝いたします。

参考文献

- 1) 戸刈義次(1975):新版、日本原色雑草図鑑, p.281.
- 2) 沢野邦三(1992):ヨシ群落の保全・ゴミ対策でやさしい琵琶湖を, 地方政治.
- 3) 小谷博哉(1993):琵琶湖のヨシ群落保全条例, 環境と公害.
- 4) Bittmann, Ernst (1965):Grundlagen und Methoden des biologischen Wasserbaus. Der biologische Waaserbau an den Bundeswasserstrassen, p.17-78.
- 5) 桜井善雄(1990):抽水植物群落復元技術の現状と課題, 水草研究会全国集会講演.
- 6) 中村宣彦、山下祥弘、北牧正之(1993):琵琶湖におけるヨシ植栽, ダム工学, No.9, p.66-76.
- 7) 今本博臣、加藤正典、小久保菊野、牧村政志(1997):琵琶湖のヨシ植栽と維持管理について, 第5回水資源に関するシンポジウム論文集, p.553-558.
- 8) 梅原徹(1996):原野と貴重植物, シンポジウム記録(農山村地域の生物と生態系保全), p.427-437.
- 9) 桜井善雄、渡辺義人、村沢久美子、滝沢ちやき(1986):湖沼沿岸帯における抽水植物の立地条件, 日本陸水学甲信越支部会報, No.11.
- 10) 森田尚、太田豊三(1995):マット植栽法によるヨシの植栽(滋賀県水産試験場S), 滋賀県水産試験場事業報告, p.90-91.
- 11) 原稔明、加藤正典(1995):琵琶湖におけるヨシ植栽地での生育調査とヨシ刈り効果, 近畿地方建設局 管内技術研究発表会論文集「環境・地域づくり部門」, p.2-1~2-8.
- 12) 藤原正弘、宗宮功、津野洋、藤井滋穂(1985):水質汚濁濃度分布パターンのスプライン法による推定と合理的測定点配置の検討, 水質汚濁研究, Vol.8, No.2, p.100-109.
- 13) 桜井善雄(1988):土木工事と水性植物群落—その現状と問題点—, 水草研究会会報, No.33, 34.
- 14) 毛涯卓郎、中村宣彦、大塚俊匡、原稔明(1996):琵琶湖開発事業と環境保全, 大ダム, No.154, p.11-20.