

ヨシ植栽地における植物群落の遷移特性分析

田中周平¹・藤井滋穂²・山田淳³・畠原貴容子⁴・西川博章⁵

¹学生会員 工修 立命館大学大学院理工学研究科博士後期課程 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

²正会員 工博 京都大学教授 大学院工学研究科附属環境質制御研究センター
(〒520-0811 大津市由美浜1-2)

³正会員 工博 立命館大学教授 理工学部 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

⁴東レテクノ(株) 分析事業部 (〒520-8558 滋賀県大津市園山1-1-1)

⁵(株) ラーゴ 調査技術研究部 (〒523-0821 滋賀県近江八幡市多賀町396-2)

本研究では、ヨシ植栽後2ヶ月、1年、2年、3年が経過した植物群落の遷移状況を調査し、ヨシが繁茂する地盤高を特定した。以下に主な知見を示す。①植栽後の経過年数別の植物種数は、1年目が37種、2年目が74種、3年目が92種、102種と経過年数が長くなるにつれて増加した。一方、一年生草本の出現率の低下より、時間経過による群落の安定化が確認できた。②ヨシ植栽地に生育する植物種の優占する地盤高を示した。ヨシの優占する地盤高は、1年間の冠水日数が約94日～192日（年間の26%～52%）の区域であった。③分散分析により、植栽後の経過年数の増加にともなう植栽位置の影響の増大傾向、植栽工法の影響の縮小傾向を明示した。また、チクゴスズメノヒエの優占とヨシの衰退との関係を示した。

Key Words : reed, vegetation survey, ground level, Lake Biwa shore, analysis of variance

1. はじめに

近年、琵琶湖周辺の湖岸ではヨシの植栽による沿岸環境の修復工事が行われている。ヨシは多年生¹⁾の抽水植物であり、植物着生の開拓者としての役割を果たすと考えられている^{2), 3)}。しかし、周囲の環境条件によっては、植栽後、ヨシ群落ではない他の植物群落へ遷移する事例⁴⁾も報告されている。

ヨシ植栽後の植物群落の調査事例^{5), 6)}では、形態観察が主であるため、調査結果の表現が定性的となることが多く、その知見を環境修復の工事に応用することが困難である。また、調査サンプル数が限られ、調査対象植物を絞り込む傾向にある。よって、部分的には詳細なデータが得られるが、応用性に欠けることが多い。

本研究では、ヨシが繁茂する環境条件を、周囲に生育する植物種との関係から検討するため、1997年10月から4年連続してヨシが植栽された実験施設で、植生調査、ヨシ生育観察調査⁷⁾および地形調査を実施した。そして、ヨシおよび他植物の優占地盤高および生育地盤高の計算手順を示し、さらにクラスター分析、分散分析により、ヨシ植栽地における植物群落の遷移特性を分析した。

2. 実験および調査の方法

(1) ヨシの植栽

本研究では、琵琶湖南湖東岸に位置する琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター (Biyo センター)

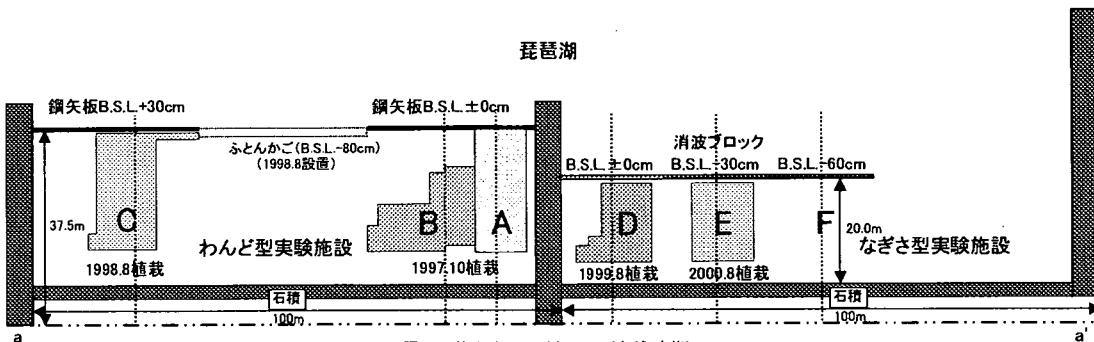


図-1 施設概要図とヨシ植栽時期

表-1 植栽条件一覧

植栽工法名	植栽密度 (/m ²)	植栽面積(m ²)					初期条件
		A	B	C	D	E	
ビットマン 工法	5本	23	15	44	10	20	長さ50cm
	4本	23	30	0	0	0	
ポット苗 移植法	4株	23	30	22	30	16	4年育成苗(A,B)
	2株	23	15	22	0	8	
マット植栽法	0.5枚	46	45	26	30	20	125cm × 80cm
	大株移植法	1株	46	45	44	30	32
土のう工法	4株	23	27	22	30	16	4年育成苗(A,B)
	2株	23	18	22	0	8	
地下茎工法	10根	0	10	3	6	6	

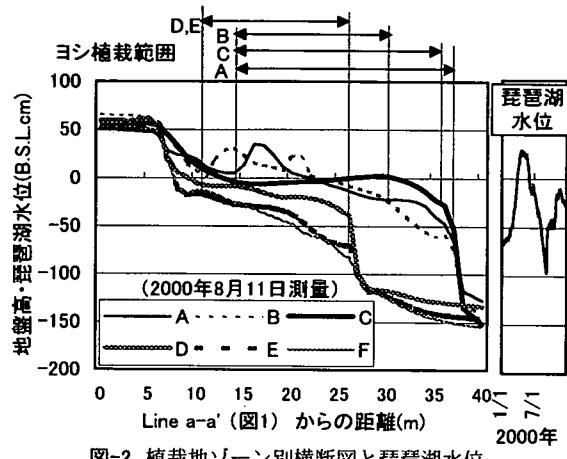


図-2 植栽地ゾーン別横断図と琵琶湖水位

内のわんど型実験施設およびなぎさ型実験施設を調査対象とした(図-1)。わんど型実験施設は、北側に高さ B.S.L. (琵琶湖標準水位) 0cm, 南側に B.S.L.+30cm の鋼矢板が設置され、その中央部を開放することで外部との水交換が可能な構造となっている。なぎさ型実験施設には消波施設として幅 1m のコンクリートブロックが 3段階の高さ (施設南端から北側に向けて 20m ごとに B.S.L. 0cm, -30cm, -60cm) で設置され、北部 40m は開放区域となっている。

わんど型実験施設北部 A,B ゾーンに 1997 年 10 月に 6 種類の工法でヨシが植栽され¹⁾、同施設南部 C ゾーンに 1998 年 8 月に同様にヨシが植栽された。なぎさ型実験施設南部 D ゾーン、中部 E ゾーンでは、それぞれ 1999 年 8 月、2000 年 8 月に 6 種類の工法でヨシが植栽された。また、B.S.L.-60cm の消波ブロック内側の無植栽区 F ゾーンをコントロールして観察した。ヨシ植栽の詳細を表-1 に示す。

ヨシ植栽地では、1998年12月にA,Bゾーンで、2000年1月にはA,B,Cゾーンで、ほぼ半数の区画を対象にヨシ刈りが実施された²⁾。

表-2 植生調査の概要

調査日	2000年		
	春季	夏季	秋季
5/15	7/30	10/28	
5/17	8/5	10/31	
		11/1	

() 内は調査面積 (m²)

E,Fゾーンは秋季のみ

表-3 各被度の百分率範囲 (%)

の中央の値

被度	地上投影面積範囲(%)	中央の値(%)
0	0	0.0
r	1個体のみ	-
+	0~5	2.5
1	5~15	10.0
2	15~25	20.0
3	25~50	37.5
4	50~75	62.5
5	75~100	87.5

(2) 環境条件

わんど型実験施設 A,B,C ゾーンでは、ヨシ植栽前に盛土切土による小規模の地盤整形が行われ、その際、少量の琵琶湖の浚渫土砂が投入された。その後、わんど型実験施設内開口部からの土砂流出が著しいため、1998 年 8 月に B.S.L.-80cm の高さにフトンかご (高さ 40cm × 幅 120cm × 長さ 200cm : 130~150mm のグリ石を金属網で纏めたもの) が 16 組 2 段で設置された。一方、なぎさ型実験施設 D,E ゾーンでは、ヨシ植栽前の地盤整形は行われていない。

A~Fゾーンの沖陸方向の横断図と琵琶湖水位の関係を図-2 (横断線は図-1参照) に示す³⁾。2000年8月11時点での各ゾーンの平均地盤高は、Aゾーン-7cm, Bゾーン11cm, Cゾーン-9cm, Dゾーン-18cm, Eゾーン-37cm, Fゾーン-42cm となり、わんど型に比べ、なぎさ型の地盤高が低いことが分かる。2000年の琵琶湖水位 (鳥居川水位) は平均 B.S.L.-29cm となり、1997年~1999年の平均水位に比べて、年間平均で 20cm 低い値となった。なお、土質は、大部分が粗砂および細礫であった。

(3) 植生調査および生育観察調査

植生調査の概要を表-2 に示す。本調査は、植物社会学的手法 (Braun-Blanquet 法¹⁰⁾) に基づき、目視観測により実施した。まず、調査範囲を踏査し植物群落の分布状況を確認した。植生範囲の区分で

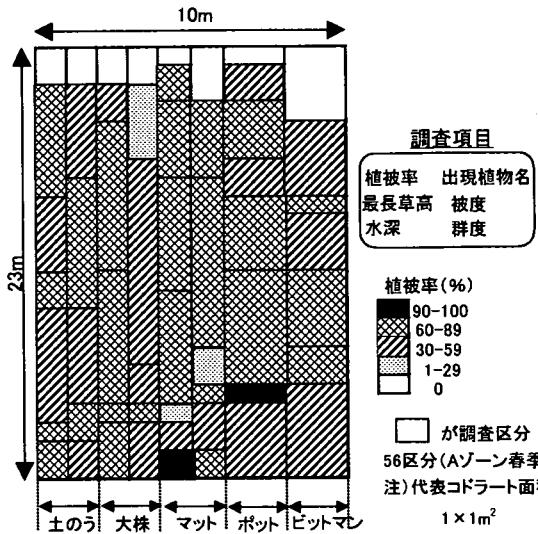


図-3 調査区分と植被率(Aゾーン春季)

表-4 各調査地の季節別確認種数

調査場所	植栽後経過年数	春	夏	秋	3調査の確認種数	施設別
A	3年	39	43	62	92	わんど
B	3年	50	47	64	102	143
C	2年	24	36	47	74	
D	1年	2	20	33	37	なぎさ
E	0			43	43	69
F	無植栽			36	36	
全 体		70	75	113	159	

は、草高や植被状況など全体像から判断する相観性と、種の構成などから判断する構造性を基準とし、均質な植生範囲ごとに区分した。そして、区分ごとに代表コドラーート（面積 $1 \times 1\text{m}^2$ ）を設置し、地点、群落面積などを記録した。ただし、植生区分は原則として植栽工法別に実施した。

代表コドラーート内では、植物群落の各階層（低木層、草本層第1層、草本層第2層）ごとに、植被率（生育する全植物の占める地上投影面積の割合）、最長草高、水深、出現植物種名、各植物の被度（各植物の占める地上投影面積の割合、 $0, r, +, 1 \sim 5$ の8段階で記録、表-3 参照）および群度（散生、群生などの植物の配分状態を表す指標、被度の多少とは関係なく $0, r, 1 \sim 5$ の7段階で記録）を調査した。

調査区分の一例として、春季調査 Aゾーンの調査区分と植被率を図-3 に示す。各植生区分の面積は一定せず、植被率は沖域で低く、中央部で高い値となつた。調査は春夏秋の各季節に1回行い、E,Fゾーンについては秋のみに実施した。調査対象範囲はヨシ植栽地であるが、沖合部へのヨシ植生の広がりが確認された箇所は、調査範囲に加えた。A～Dゾーンの合計調査面積は春 1013m^2 、夏 961m^2 、秋

表-5 確認地点数上位30種の植物の被度

種名	各被度確認地点数						確認地点数	(%)	帰化植物	一年生草本
	+	1	2	3	4	5				
1 ヨシ	22	56	61	106	65	31	341	85.5		
2 チクコスズメノヒエ	26	30	45	42	25	16	184	46.1	○	
3 ウキヤガラ	39	47	32	14	4	2	138	34.6		
4 アメリカセンダンクサ	71	33	21	6	2	0	133	33.3	○	○
5 アカメヤナギ	48	34	18	5	1	0	106	26.6		
6 シロネ	40	24	10	1	0	0	75	18.8		
7 キシュウスズメノヒエ	31	15	10	5	3	0	64	16.0		
8 オオオナモミ	41	10	5	2	1	0	59	14.8	○	○
9 タカラブロウ	47	5	0	0	0	0	52	13.0	○	
10 ウキクサ	37	6	4	0	0	0	47	11.8		
11 アオウキクサ	35	5	3	0	0	0	43	10.8		
12 ハシバ	10	7	12	12	0	0	41	10.3	○	
13 スカシタゴボウ	39	0	0	0	0	0	39	9.8		
14 アメリカミスキンバイ	34	2	1	0	0	0	37	9.3	○	○
14 セリ	29	1	6	1	0	0	37	9.3		
16 マコモ	10	6	7	6	2	1	32	8.0		
17 ココメガヤツリ	20	4	3	3	0	0	30	7.5	○	
18 スカキビ	15	5	6	1	0	0	27	6.8	○	
19 シロハナサクラタデ	20	4	0	1	0	0	25	6.3		
20 ミゾカクシ	23	1	0	0	0	0	24	6.0		
21 コモチマンネングサ	17	1	3	1	0	0	22	5.5		
22 ヨメナ	18	2	1	0	0	0	21	5.3		
23 オキ	5	9	2	3	1	0	20	5.0		
24 イヌビエ	16	2	0	0	1	0	19	4.8	○	
25 ヤエムグラ	10	5	2	0	0	0	17	4.3		
26 オオクサキビ	8	2	6	0	0	0	16	4.0	○	○
27 キシキシ	14	1	0	0	0	0	15	3.8		
27 クサネム	15	0	0	0	0	0	15	3.8	○	
27 スイバ	15	0	0	0	0	0	15	3.8		
30 キショウブ	6	4	3	1	0	0	14	3.5	○	
全調査地点数							399	100		

1139m^2 であり、区分数は春 187、夏 97、秋 115 となつた。一区分ごとの平均面積は、春 5.4m^2 、夏および秋 9.9m^2 となつた。

また、植生調査と並行してヨシを対象とした生育観察調査¹¹を実施した。調査では、 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ ごとのヨシ茎個体数、最長ヨシ草高、水深を約月1回の頻度で測定した。

3. 調査結果の概要

(1) 種数の変化

植生調査により確認された植物種数をゾーン、季節別に表-4 に示す。本植栽地全体で確認された植物種は合計 159 種であり、植栽地別では、わんど型が 143 種、なぎさ型が 69 種であった。A～D のすべてのゾーンで、春から秋のいずれかに少なくとも 1

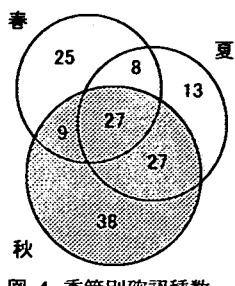


図-4 季節別確認種数

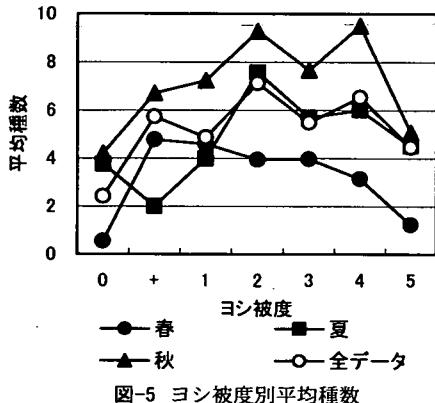


図-5 ヨシ被度別平均種数

回以上確認された種数は 25 種で、全体の 16% であった。一方、特定のゾーンのみで確認された種は全確認種数の 38% (61 種) と高く、それぞれの植栽地の植生は、異なる種によって構成されている結果となった。

A～Dゾーンにおいて確認地点数が多かった上位30種を、被度別に表-5に示す。最多確認種はヨシであり、全植栽地のうち85.5%の地点で確認された。ついで、湿生植物¹¹⁾であるチクゴスズメノヒエ (46.1%)、ウキヤガラ (34.6%) が多くの地点で確認された。また、シロネ、キシュウスズメノヒエ、タカサゴロウも湿生植物である。アメリカセンダングサ、オオオナモミは、不安定立地に生育する帰化植物の一年生草本¹²⁾であり、乾燥を好む植物種である。表-5に示した上位10種のうち、アカメヤナギ、シロネ、ウキクサを除く7種は、すべてのゾーンで確認された。

アカメヤナギは、自生ヨシ群落の陸側に生育する木本であり、ヨシ群落の陸側で確認された。ウキクサ、アオウキクサなどの浮葉植物は沖合部で確認された。マコモやオギは、確認地点数は少ないが、その際には高い被度となっていた。

植物の中には、夏や秋から出現した種がいくつか存在した。A～Dゾーンで植物の存在が確認された季節別構成を図-4に示す。春から秋までの全調査を通

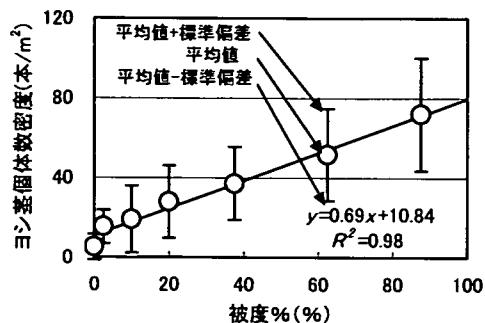


図-6 被度%とヨシ茎個体数密度との関係

じて出現した植物は、全体の18% (27種) であった。一方、単一の季節のみ出現した植物は全体の52% (76種) を占め、2つの季節に出現した植物は全体の30% (44種) であった。

(2) 種数とヨシの被度との関係

植物が生育する地盤高の分布下限は冠水期間により、上限は他の植物との競争により決まる¹³⁾。ある地点に生育する植物種数が多いことは、他種との競争機会が多くなり、ヨシの生育にとって不利な条件となると考えられることから、種数とヨシの生育との関係を整理した。

A～Dゾーンを対象としたヨシの被度別の平均種数を図-5に示す。平均種数は、ヨシの被度が 0 の地点で 2.4 と最低値を示した。ヨシが生育しにくい環境では、他の植物の生育も困難であると推測される。また、被度 2 で 7.1 と最高値を示し、被度 5 にかけて出現種数が低下する傾向がみられた。これは、ヨシが優占して生育しているため、他の植物の侵入が抑制された結果であると考えられる。

(3) ヨシの被度と茎個体数密度との関係

植物群落では、植物社会学的手法による植生調査が一般的に行われており、個体数としての把握はあまり行われていない。本研究では、植生調査と並行してヨシの生育観察調査を実施し、それぞれの調査結果を比較することで、ヨシの被度と茎個体数密度との関係を検討した。

A～Dゾーンのヨシ植栽区画を対象とした被度%とヨシ茎個体数密度との関係を図-6に示す。被度%は、Braun-Blanquet の優占度の基準¹⁰⁾に基づき、各被度の百分率範囲(%)の中央の値で数値化した(表-3)。そして植生調査の全 368 区画で、平均ヨシ茎個体数密度を算出し、この被度%との関係を求めた。図より、茎個体数密度の増加と被度%の上昇はほぼ線形関係にある。被度ごとの平均ヨシ茎個体数密度

表-6 各調査地の季節別指標植物種数

調査場所	帰化植物				1年生草本			
	春	夏	秋	3調査	春	夏	秋	3調査
A	10	9	11	18	3	10	22	24
B	8	9	13	22	7	18	29	34
C	4	10	9	16	2	18	23	32
D	0	6	10	10	0	9	18	18
E				9	9			23
F				10	10			23
全体	14	16	25	34	8	26	47	54

表-7 確認地点数上位10種の帰化植物

帰化植物			1年生草本		
植物種名	確認地点数	%	植物種名	確認地点数	%
チクゴスズメノヒエ	186	45.8	アメリカセンダングサ	138	34.0
アメリカセンダングサ	138	34.0	オオオナモミ	61	15.0
オオオナモミ	61	15.0	タカサゴロウ	54	13.3
アメリカミズキンバイ	38	9.4	ヒンハ	43	10.6
オオクサキビ	19	4.7	アメリカミズキンバイ	38	9.4
キョウウブ	14	3.4	ココガヤツリ	34	8.4
ヒロハホウキギク	13	3.2	ヌカキビ	29	7.1
アメリカアゼナ	12	3.0	イヌヒエ	23	5.7
ヒメアメリカアゼナ	8	2.0	オオクサキビ	19	4.7
オオカナダモ	7	1.7	ヤナギタケ	17	4.2
全調査地点数	406		全調査地点数	406	

は 5 本/ m^2 (被度 0) , 15 本/ m^2 (被度 +) , 19 本/ m^2 (被度 1) , 28 本/ m^2 (被度 2) , 37 本/ m^2 (被度 3) , 55 本/ m^2 (被度 4) , 72 本/ m^2 (被度 5) となつた。

説明変数を被度 %, 目的変数を茎個体数密度とし, 以下のような回帰式を得た。

$$y = 0.69x + 10.84 \quad (1)$$

y: ヨシ茎個体数密度(本/ m^2), x: 被度% (%)

決定係数 R^2 は 0.98 であり, 被度%と茎個体数密度の間にほぼ線形関係がみられた。

4. 指標植物による群落安定度の検討

帰化植物や一年生草本は, 不安定な立地を好んで生育することから, 群落の安定程度を示す指標植物とされている^{[12], [14]}。ゾーンごとの帰化植物種数, 一年生草本種数を季節別に表-6 に示す。確認された帰化植物は 34 種, 一年生草本は 54 種であった。また, 確認地点数の上位 10 種の帰化植物, 一年生草本を表-7 に示す。帰化植物では, チクゴスズメノヒエが全体の 46% に存在し, 続いてアメリカセンダングサ, オオオナモミとなつた。一年生草本では, アメリカセンダングサが全体の 34% に存在し

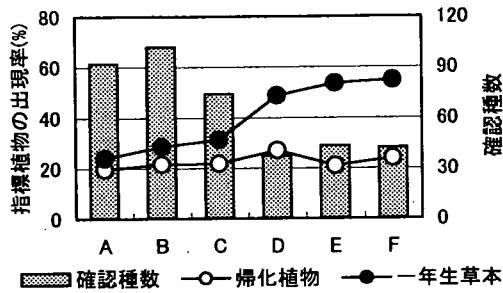


図-7 植栽地別の指標植物の出現率

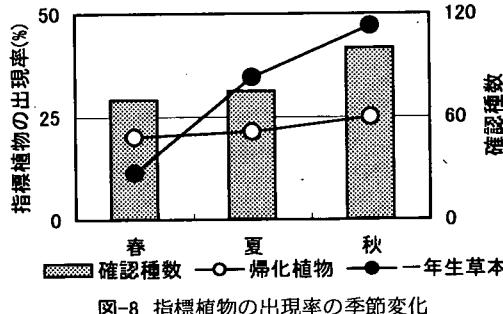


図-8 指標植物の出現率の季節変化

た。

植物群落の遷移の到達点は, その地域の環境が許容するもっとも安定した極相群落であり, 植物群落は安定に向かい変化している^[10]。本実験では, ヨシ植栽後の経過時間(2ヶ月, 1年, 2年, 3年)の異なる植栽地において, 植生調査を実施し, ヨシ植栽後の植物群落構造の遷移過程を調査した。

指標植物の出現率を以下のように算出した。

$$\text{指標植物の出現率}(\%) = \frac{A_i}{B_i} \times 100 \quad (2)$$

A_i : ゾーン i における指標植物種数

B_i : ゾーン i における確認全種数

上記出現率を各ゾーンで帰化植物および一年生草本について求めた結果を図-7 に示す。A~Fゾーンの帰化植物の出現率は 20%~27% であった。

確認種数は植栽後3年目(A,Bゾーン)が最多であるが, 出現率は帰化植物, 一年生草本ともに最小となつた。ヨシ植栽後の経過年数が長いほど, 在来種が多く生育する安定した群落へと遷移する結果となつた。また, 植栽後2ヶ月のEゾーンおよび放置区であるFゾーンでは, 出現率が帰化植物で 21, 24%, 一年生草本で 54, 55% となつた。

季節別の帰化植物, 一年生草本の出現率および確認種数を図-8 に示す。帰化植物の出現率は 20~25% であり, 春から秋にかけて若干増加した。一方, 一年生草本では春に 11% と小さい値を示したが, 秋に

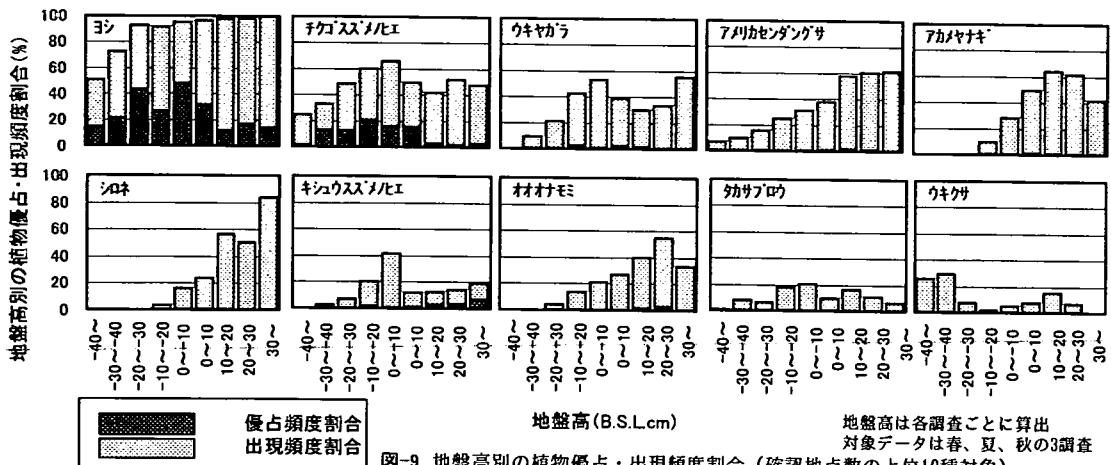


図-9 地盤高別の植物優占・出現頻度割合（確認地点数の上位10種対象）

は47%にまで増加した。陸域面積が増加した環境が、一年生草本にとって侵入しやすい環境であったと考えられる。

5. 地盤高別生育特性による植物種の分類

(1) 地盤高別の植物分布

植生の分布と構成には、地下水位の深さや表面水位の高低が決定的な意義をもっている¹³⁾。しかし、琵琶湖水位は1年間に約1m変動するため、地下水位、表面水位は一定でない。そこで、水位状況の異なる季節別に植生調査を行い、地盤高別の植物の生育状況を検討した。2000年8月11日時点での植栽地の地盤高はB.S.L.-49~42cmであった。

出現頻度や出現種数の集計では、対象地盤高の面積規模の影響を受ける。そこで、地盤高を10cm単位で区切り、任意の地盤高 j において各植物が確認される区画の面積(C_j :被度+~3)および優占的に生育する区画の面積(D_j :被度4,5)を、ともに地盤高 j が占める面積(G_j)で割った値を植物出現割合、植物優占割合と定義し、以下の式で算出した。

$$\text{地盤高別の植物出現割合}(\%) = \frac{C_j}{G_j} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{地盤高別の植物優占割合}(\%) = \frac{D_j}{G_j} \times 100 \quad (4)$$

C_j : 地盤高 j で各植物の被度+~3が占める面積

D_j : 地盤高 j で各植物の被度4,5が占める面積

G_j : 地盤高 j が占める全面積

出現頻度の高い上位10種の地盤高別の出現割合、優占割合を図-9に示す。対象データは春、夏、秋

の3回の調査データであり、地盤高は、調査日前後の地形測量結果⁹⁾から算出した。

ヨシはB.S.L.-40cm以深において、優占割合が14%、出現割合が37%となり、被度0は49%となった。出現割合と優占割合の合計は、-40~-30cmでは72%，-30~-20cmでは93%となり、地盤高が高くなるにつれて大きくなかった。一方、優占割合は-30~+10cmで26%~48%と高くなった。これらより、ヨシは生育可能範囲が広い植物であり、1年間の冠水日数が約94日~192日(年間の26%~52%)程度のやや冠水する区域に優占することが推測された。

確認地点数が2番目に多かったチクゴスズメノヒエは、優占範囲がヨシと類似し、アメリカセンダングサ、アカメヤナギ、シロネ、オオオナモミは地盤高が高くなるほど出現割合を増加させる傾向にあった。キシュウスズメノヒエは、B.S.L.+10cm以高で優占するが、それ以低でも出現した。ウキクサはB.S.L.-30cm以低で出現割合が20%を超えた。

(2) 地盤高別生育特性による植物種の分類

植物社会学は「種の組み合わせ」を群落の分類や区分の基盤としている¹⁵⁾。そこで、地盤高と各植物種の生育状況との関係を検討し、クラスター分析による植物種の分類を試みた。クラスター分析の前処理として、地盤高 j における任意の植物の平均植被率 F_j を全地盤高別の植被率の和で割った値(地盤高別偏在率と定義)を求め、基礎数値とした。以下に算出式を示す。

$$\text{平均植被率 } F_j(\%) = \sum_{k=1}^6 (S_{jk} \times T_k) / G_j \quad (5)$$

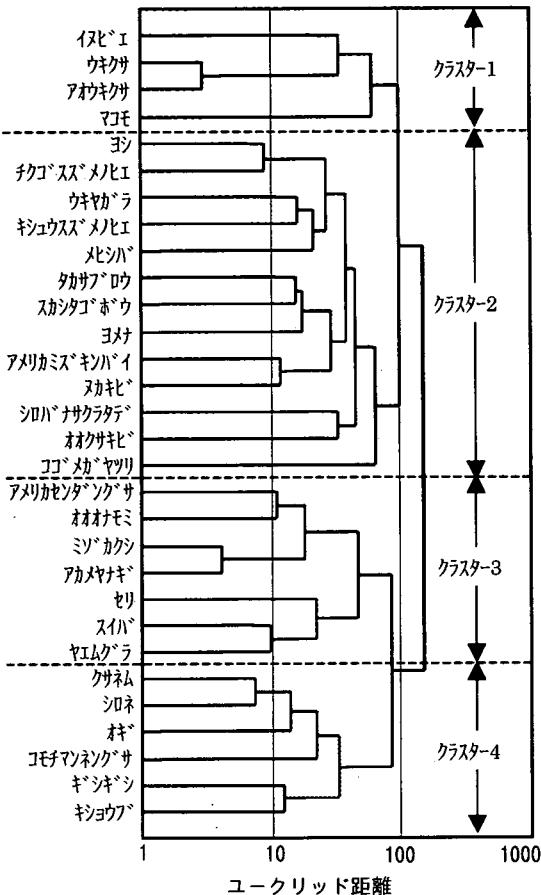


図-10 ヨシ植栽地に生育する植物種の分類

$$\text{地盤高別偏在率}(\%) = F_j / \sum_{j=1}^9 F_j \times 100 \quad (6)$$

F_j : 地盤高 j における任意の植物の平均植被率(%)、
 S_{jk} : 地盤高 j における任意の植物の被度 k が占める面積、
 T_i : Braun-Blanquet の優占度の基準¹⁰⁾に基づいた被度 k の百分率(%)の上下端の平均値、
 G_j : 地盤高 j が占める全面積

確認地点数の上位 30 種の地盤高別偏在率を対象に、クラスター分析（クラスター間の距離計算：ユークリッド距離、合併方法：ウォード法）を実施し、大きく 4 つのクラスターに分類できた。樹形図を図-10 に、地盤高別の各クラスター植物種の平均偏在率を図-11 に示す。

クラスター1 にはイヌビエ、ウキクサ、アオウキクサ、マコモの 4 種が含まれ、沖域を好む植物群からなった。特に浮葉植物のウキクサとアオウキクサは生育地盤高が類似しており、30 種中もっともユークリッド距離が小さかった。B.S.L.-20cm 以低で

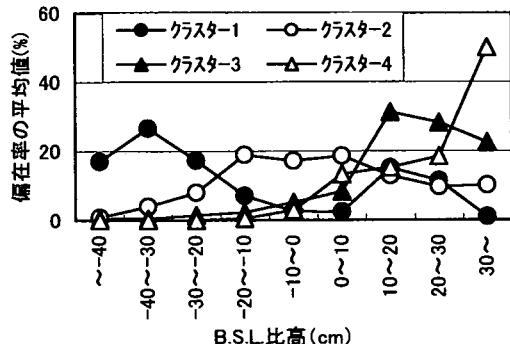


図-11 各地盤高生育分布割合の平均値

多く分布した。

クラスター2 は、ヨシ、チクゴスズメノヒエ、ウキヤガラ、キシュウスズメノヒエ、タカサプロウなど 13 種が含まれ、適応範囲が広く冠水を好む植物群を示した。多年生の湿生植物のほか、湿地を好む植物種が多く区分されている。B.S.L.-20cm～+10cm で多く分布した。

クラスター3 は、アメリカセンダングサ、オオオナモミ、アカメヤナギなど 7 種が含まれ、陸域を好む植物群となった。B.S.L.10cm 以高に多く分布し、比較的乾燥した立地を好む植物種であると推測される。

クラスター4 は、乾燥した立地に生育するシロネ、オギなど 6 種が含まれた。B.S.L.-10cm 以低に分布せず、乾燥した立地を好む植物種であると推測される。

本研究では、植生調査結果を定量的に集計し、ヨシ植栽地に生育する植物種を地盤高別の生育特性をもとに分類した。琵琶湖では沖域から、ウキクサ、ウキヤガラ、マコモ、ヤナギ類、シロネ、オギの順に陸域へと植物が分布し、ヨシはウキヤガラからオギの間に分布している¹⁰⁾と報告されている。本解析による分類結果は概ね従来の知見を支持したといえる。

(3) 地盤高別の平均種数

地盤高別の平均種数とヨシの分布率を図-12 に示す。地盤高が高くなると平均種数は増加する傾向にある。一方、ヨシの分布率は B.S.L.-10～0cm を最高に、B.S.L.0cm 以高では減少傾向にある。これらは、数多くの植物の混生が、ヨシの生育に負の影響を与えており、または、ヨシの生育が良好でないために他の植物の侵入が促進された結果であると推測される。

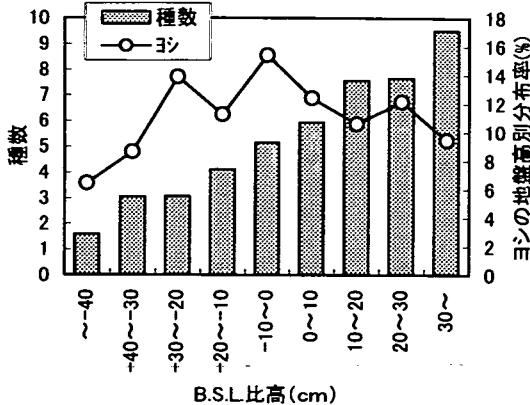


図-12 地盤高別の生育種数とヨシ生育との関係

6. ヨシ生育に及ぼす他の植物種の影響

(1) 分散分析による影響要因の抽出

確認頻度上位 3 種であるヨシ、チクゴスズメノヒエ、ウキヤガラの被度(%)データを目的変数(C_{st})に、植栽工法(M_s , 10 水準), 植栽位置(沖陸方向) $(D_t, 12, 11, 8$ 水準)の 2 因子による 2 元配置分散分析を行った。モデル式を以下に示す。

$$C_{st} = x_0 + m_s + d_t + e_{st} \quad (7)$$

ここで, x_0 は適用データの総平均値であり, m_s , d_t は因子 M_s , D_t の主効果を, e_{st} 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、各植物の被度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。本解析を A, C, D ゾーンの 3 回の調査それぞれに実施した(全 9 回)。

植栽工法、植栽位置の寄与率を図-13 に示す。図は左より D, C, A ゾーンそして各ゾーンでは春、夏、秋順に示されているので、時間変化に対応している。ただし、各ゾーンの初期条件および途中の環境条件は同一ではない。ヨシの植栽工法の寄与率は、植栽後 1 年目の春で 67% と高いが、3 年目の秋には 21% となった。植栽後 1 年目は特にマット植栽法、ポット苗移植法のヨシが繁茂した¹⁰が、植栽後の経年とともに工法別の生育の差は小さくなつた。一方、植栽位置の寄与率は、植栽後の時間経過とともに高くなる傾向を示した。チクゴスズメノヒエは、工法の寄与率が経年とともに緩やかに減少し、位置の影響は植栽後 3 年目に高い値を示した。なお、各影響を統計的に検討した結果、植栽工法の影響はすべての要因で 5% 有意を示したが、植栽位置の影響は植

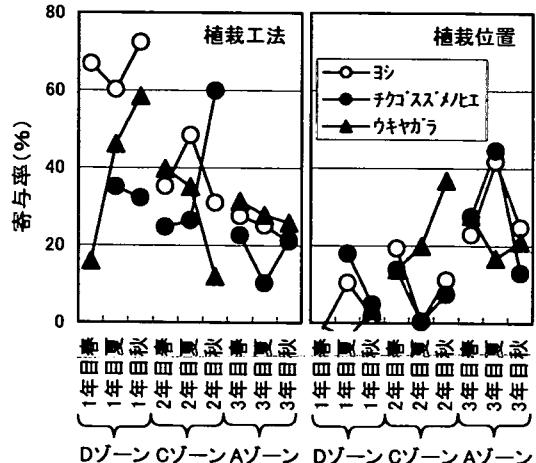


図-13 植栽工法、植栽位置の寄与率の経時変化

栽後の経過時間の短い C, D ゾーンの半数の要因で棄却された。

(2) 係数値による生育比較

分散分析で計算される係数値 d_i は、植栽工法と残差の影響を取り除いた値であるため、この値により、植栽位置ごとのヨシと他植物との生育の関係が比較できる。春季、夏季、秋季の各植物の係数値を図-14 に示す。図中の $d_1 \sim d_{12}$ は、A, C, D ゾーンを沖域から 2m ごとに区分した区画を示し、 d_1 が最沖域を、 d_{12} , d_{11} , d_9 が A, C, D ゾーンの最陸域を示す。

植栽後 1 年目の D ゾーンでは、沖域、陸域において、ヨシとチクゴスズメノヒエが対照的な係数値を示した。植栽後 2 年目の C ゾーンでは、ヨシが負の影響を受ける沖域の配置で、チクゴスズメノヒエが正の値を示した。一方、ウキヤガラはヨシの係数値の傾向に関係なく、陸域でやや優占し、沖域でやや後退する傾向を示した。植栽後 3 年目の A ゾーンでは、沖域でヨシが優占したが、中間域の d_5, d_6 でヨシの衰退が見られた。そして、ヨシが衰退した区画でチクゴスズメノヒエが優占する傾向が顕著になつた。ウキヤガラは季節ごとの変化は少なく、中間域 d_5, d_6 付近で優占する傾向を示した。

これらの結果から、チクゴスズメノヒエがヨシの生育に影響を及ぼしていることが推察された。クラスター分析の結果では、ヨシ、チクゴスズメノヒエは地盤高別分布が類似していることから、これらの植物種は、種間においてその生育立地を奪い合っていることが考察される。一方、ウキヤガラは植栽位置の影響は受けるが、ヨシ、チクゴスズメノヒエの生育状況の影響はあまり受けない傾向を示した。ウ

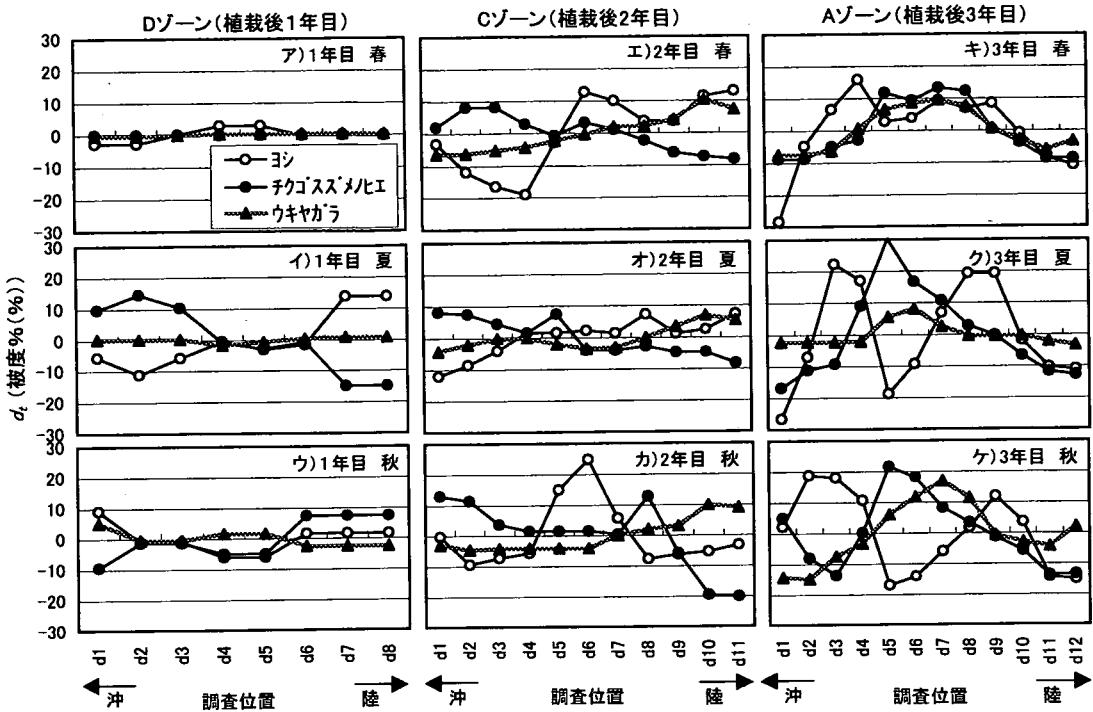


図-14 湖岸線からの位置による主要植物の被度への影響（2元配置）

キヤガラは、ヨシと共に生息が可能な種であると推察される。

7. 結論

本研究では、ヨシ植栽後の植物群落構造の調査手法を提案し、調査結果を定量的に評価する解析手法を検討した。その結果、以下の主な知見を得た。

(1) 確認種は 159 種であり、ヨシ以外にも多様な植物が生育した。植栽後の経過年数別の植物種数は、1 年目が 37 種、2 年目が 74 種、3 年目が 92 種、102 種と経過年数が長くなるにつれて増加したが、一年生草本の出現率は低下した。これらより、時間経過による群落の安定化が確認できた。

(2) ヨシは生育範囲が広く、優占する地盤高は 1 年間の冠水日数が約 94 日～192 日（年間の 26%～52%）の区域であった。また、ヨシ植栽地に生育する植物群の優占、生育する地盤高を示し、地盤高別の生育特性から、4 つのクラスターに分類できた。

(3) 分散分析の寄与率比較により、植栽後の経過年数の増加に伴う植栽位置の影響の増大傾向、植栽工法の影響の縮小傾向を明示した。また、分散分析の係数値比較により、チクゴスズメノヒエの優占と

ヨシの衰退との関係を示した。また、ウキヤガラは、ヨシと共に生息が可能な種であると推察された。

以上の知見は、2000 年の琵琶湖南湖沿岸にあるヨシ植栽地における調査結果に基づいたものであり、今後、さらなるデータの蓄積が求められる。今後は、自生ヨシ群落においても同様の調査を行い、ヨシ植栽後の植物群落の遷移過程と環境条件との関係を検討する予定である。

謝辞：本研究では、地盤データ等の収集に際して、水資源開発公團関西支社および(財)琵琶湖・淀川水質保全機構の協力を得た。各位に対しここに心から感謝する。

参考文献

- 1) 北村四郎、村田源、小山鐵夫、今井龍雄：原色日本植物図鑑、保育社、p.341, 1975.
- 2) 吉良竜夫：ヨシの生態おぼえがき、滋賀県琵琶湖研究所所報、No.9, pp.29-37, 1990.
- 3) 村岡浩爾、多田博登、波田善夫：河川水草帯における水の滞留特性の把握と適正水草帯規模の提案に関する研究、河川美化・緑化調査研究論文集、1994.
- 4) 滋賀県：ヨシ群落現存量等把握調査報告書、1992.
- 5) 藤井伸二：絶滅危惧植物から見た琵琶湖湖岸環境の

- 多様性とその特質、関西自然保護機構会報、Vol.21, No.2, pp.141-149, 1999.
- 6) 毛満卓郎, 中村宣彦, 大塚俊匡, 原稔明: 琵琶湖開発事業と環境保全, 大ダム, No.154, pp.11-20, 1996.
 - 7) 田中周平, 藤井滋穂, 山田淳, 市木敦之: 水ヨシ生育に及ぼす植栽条件の影響に関する研究, 環境工学研究論文集, Vol.36, 253-261, 1999.
 - 8) Tanaka,S., Fujii,S., Yamada,K., Ichiki,A. and Matsumoto,H. : Influence of Mowing Height on Growth of Planted Reed on the Lake Biwa Shore, 9th International Conference on the Conservation and Management of Lakes, Vol.9, No.4, p.183-186, 2001.
 - 9) 立命館大学, 株式会社新洲: 平成12年度湖岸フィールド実験業務委託報告書, 2000.
 - 10) Braun-Blanquet,J. : *Pflanzensoziologie Springer Verlag Wien*, 1964.
 - 11) 矢野悟道, 波田善夫, 竹中則夫, 大川徹編: 日本の植生図鑑(II)人里・草原, 保育社, pp.173-174, 1983.
 - 12) 鶩谷いづみ, 森本信夫: エコロジーガイド 日本の帰化生物, 保育社, pp.20-21, 248-251, 1993.
 - 13) Bittmann,E. : Grundlagen und Methoden des biologischen Wasserbaus, *Der biologische Wasserbau an den Bundeswasserstrassen*, p.17-78, 1965.
 - 14) 奥田重俊, 佐々木寧: 河川環境と水辺植物, ソフトサイエンス社, p.27, 138, 1996.
 - 15) 佐々木好之編: 生態学講座4植物社会学, 共立出版, p.4, 1973.
 - 16) 水資源開発公団琵琶湖開発総合管理所: びわこの沈水植物.

(2002.1.7 受付)

SUCCESSION ANALYSIS OF BOTANICAL COMMUNITIES IN REED PLANTATION FIELDS

Shuhei TANAKA, Shigeo FUJII, Kiyoshi YAMADA,
Kiyoko UNEHARA and Hiroaki NISHIKAWA

This study focused on the succession of botanical communities after reed plantation and also on the identification of the ground level that promotes reeds to grow well. Findings are as follows: (1) After reed plantation, the number of species was increased with elapsed years and the percentage of annual plants was decreased so that the stabilization of the botanical communities was confirmed, (2) Submersion from 94 to 192 days per a year promoted reeds growth, (3) The analysis of variance suggested that planting position increased its effect, while reducing the effect of planting methods with elapsed time. Where *Paspalum distichum* was dominant, *Phragmites australis* (reed) was declined. The effect of the competition of niche was suggested.