

宍道湖のヨシ帯におけるマクロベントス群集 多様性の季節変化

原田茂樹¹⁾・中村幹雄²⁾・國井秀伸³⁾

Seasonal changes of macrobenthic diversity in reed bed of Lake Shinji

Shigeki Harada¹⁾, Mikio Nakamura²⁾ and Hidenobu Kunii³⁾

Abstract: The investigation of macrobenthic community in reed bed of Lake Shinji, Shimane Prefecture, Japan, was done in 1993 - 1994, to clarify the seasonal change of macrobenthic diversity. The comparison of species diversity between outside and inside of reed bed was also done. In result, average species number per sample was found to be higher at inside of reed bed than at outside of the reed bed almost all over the year. It was assumed that this phenomenon resulted from the ability of reed to maintain the sediment at stable conditions. Some species (e.g. *Neanthes japonica*, *Notomastus* sp., Amphipoda etc.) were influenced heavily by winter drought.

Keywords: Lake Shinji, macrobenthos, reed bed, species richness, winter drought

はじめに

宍道湖の湖岸には、少ないながらもヨシ *Phragmites australis* が群落 (ヨシ帯) を形成している。このヨシ群落がヤマトシジミ *Corbicula japonica* の稚貝の生息地として重要な役割を果たしていることを坂本(1992)は指摘している。ヤマトシジミ以外のベントスについても、坂本ら(1995)は、ヨシ帯は何もない湖岸と比べて明らかにベントス量は豊富であることを示した。しかし、坂本ら(1995)は、宍道湖の水位が冬期に前年の夏に比べ約30 cm 低下し、調査したヨシ帯の多くが部分的に干陸し、これらのヨシ帯でヨシの水中部分に付着していたヤマトシジミの稚貝から成貝まで、干陸から逃れることができず、大量に死滅しているのを観察している。このこ

とから、水位が高いときにはヤマトシジミにとってゆりかごとなるヨシ帯も、いったん水位が下がると移動性の乏しいヤマトシジミにとって墓場ともなりうると指摘している。

宍道湖の水位は季節的に変動しており、夏期に最も高く、冬期に30~50 cm 低下する。一般的に、ベントスは比較的移動能力に乏しいと言われており、この水位変動は、ヤマトシジミだけでなく他のベントスにも影響しているかもしれない。それゆえ、ベントスにとってのヨシ帯の重要性も季節により異なると考えられる。しかし、坂本ら(1995)の調査は秋にのみ行っており、その他の季節については調べていない。そこで本研究では、宍道湖のヨシ帯の内部と外部、さらに冬期に干上がる場所と干上がらない場所で季節的にマクロベントスを採集し、比較することで、ヨシ帯におけるマクロベントス群集の生物量と多様性の季節的变化、水位変動による干上がりの影響および底質粒度との関係について調べた。その結果、いくつかの興味ある知見を得たのでここに報告する。

¹⁾ 島根大学大学院理学研究科生物学専攻
Graduate School of Science, Department of Biology,
Shimane University, Matsue 690, Japan.

²⁾ 島根県水産試験場三刀屋内水面分場
Shimane Prefectural Fisheries Experimental Station,
Mitoya 690-24, Japan.

³⁾ 島根大学汽水域研究センター
Research Center for Coastal Lagoon Environments,
Shimane University, Matsue 690, Japan.

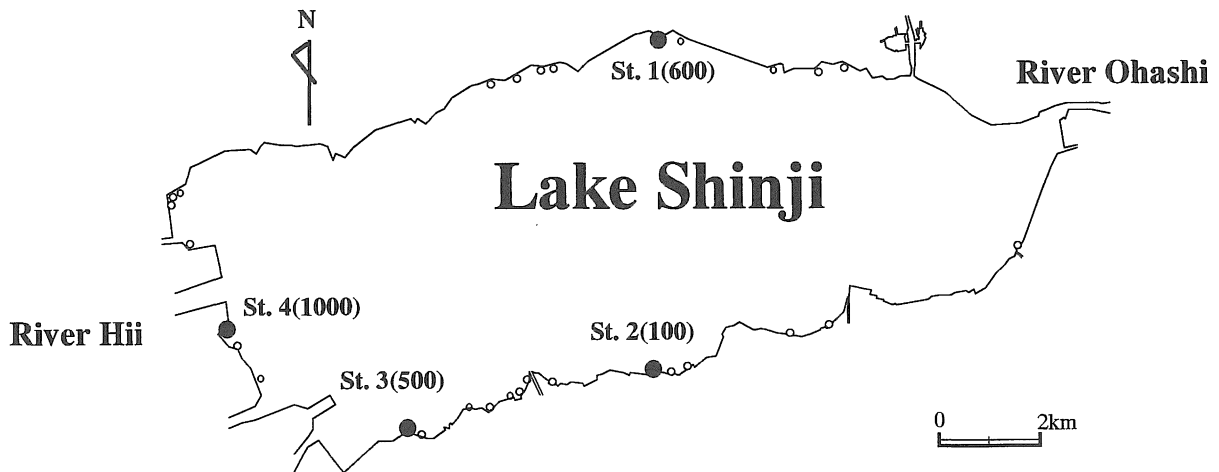


図1. 宍道湖におけるヨシ帯の分布 (○) および調査地点 (●). ()内の数字はヨシ帯のおおよその面積(m²).

Fig. 1. Distribution of reed bed in Lake Shinji. The solid circles are reed beds surveyed. The open circles are other reed beds. The numbers in parentheses are approximate area(m²).

調査地と調査方法

1993年4月の時点で、一部もしくは全体が湖水に浸かっているヨシの群落は、ヨシ帯というよりヨシパッチという様なものも含め宍道湖湖岸に約25あった。この中から今回の調査の目的に合致する条件、1)複数回のサンプルを季節的に採集できる面積があり、2)汀線をはさんで群落が存在し、3)それが水位変動にかかわらず維持され、4)対照のための採集ができるように群落の左右どちらかが浜になっている群落を調査地として4地点選んだ(図1)。

調査は、各地点で季節ごと(春期:1993年5月, 夏期:8月, 秋期:11月, 冬期:1994年2月)に行った。マクロベントスの採集には、直径12 cmの円柱状の筒を用い、深さ10 cmまで底土を採泥した。採泥は、冬期に干上がる場所(干出部)と年中冠水している場所(非干出部)で3回ずつ行い、比較のためヨシ帯から5~10 m離れた場所でも同様の採集を行った。最初の調査月(1993年5月)に目印を付けた竿を立てて調査開始時の水位が後でもわかるようにし、季節により水位が変わっても同様の場所で採集できるようにした。

採集した泥は研究室に持ち帰り、0.5 mmメッシュのふるいにかけて、ふるい上に残ったものをマクロベントスとして、10%中性ホルマリン水溶液で固定し、同定後、種ごとに個体数の計数・湿重量の計量を行った。個体数はそれぞれのマクロベントスの頭部の数とし、湿重量は、種ごとに頭部のないものも含め、貝類については殻付きのままサンプル合計を測った。ヤマトシジミについては殻長4 mmで稚貝と成貝に分けた。マクロベントスの同定は、昆虫類

は日本産水生昆虫検索図説(川合, 1985)、その他の種は島根県三刀屋内水面分場にある標本を用いて第一筆者が行った。

底質の粒度組成を調べるために、マクロベントスの採集ごとに、100~150 gの底泥を採集した。採集した底泥は、研究室に持ち帰り、110℃で24時間処理し、ふるい分け法により、6段階(ϕ スケール:-4, -2, -1, 1.5, 4)に分けて粒度組成を調べた。

結果と考察

今回の調査で採集されたマクロベントスのリストと各種の個体密度(ind./m²)および出現頻度を表1に示した。種数は、二枚貝2種、巻き貝4種、多毛類4種、昆虫類2種、甲殻類5種およびイトミミズ類(Tubificina)とプラナリア(Plathelminthes)の計20種であった。ただし、昆虫類のユスリカ類(Chironomidae)、甲殻類のヨコエビ類(Amphipoda)およびコツブムシ類(*Gnorimospheroma* spp.)、そしてイトミミズ類(Tubificina)は少なくとも2種以上含まれていた。これらのマクロベントスの中でヨシ帯内部のみに出現したものはなかった。個体数は、ヤマトシジミが最も多く(相対頻度:54.26%)、次のイトミミズ類(同:28.55%)を加えると全体の80%を超えた。出現頻度もヤマトシジミが最も高く(90.63%)、第二位がイトミミズ類(81.77%)となった。

今回採集されたマクロベントス群集は、種数が少なく、ヤマトシジミとイトミミズ類が非常に優占しており、また、ヨシ帯内部のみに出現した種はなかった。したがって、ヨシ帯内外で多様性を比較する場合、種数を直接比較してもあまり意味はなく、種数に各種個体数の均等性、総個体数を加味した多様度

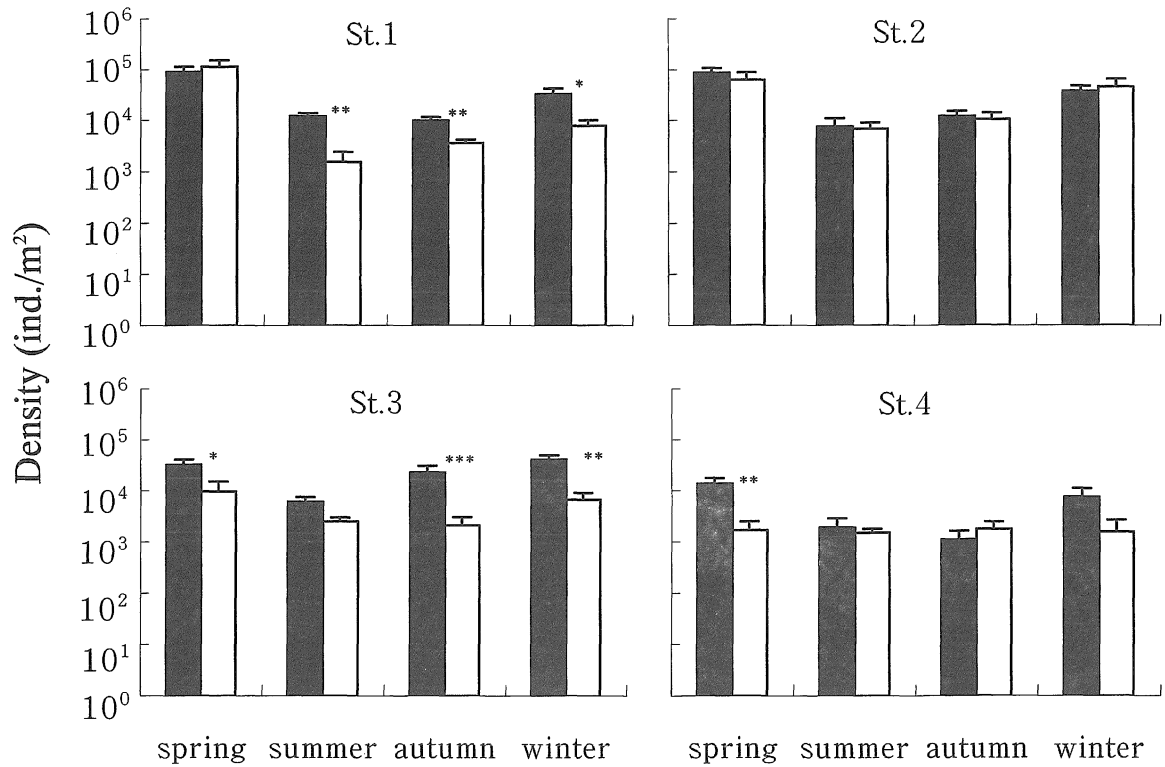


図2. ヨシ帯内外におけるマクロベントスの個体密度(ind./m²). 黒いバーと白いバーはそれぞれヨシ帯の内部と外部を示す。エラーバーは1標準誤差。

Fig. 2. Density(ind./m²) of macrobenthos at inside and outside of reed bed. Filled and open bars show inside and outside of reed bed, respectively. Bars are 1 standard errors. Asterisks are result of ANOVA. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$.

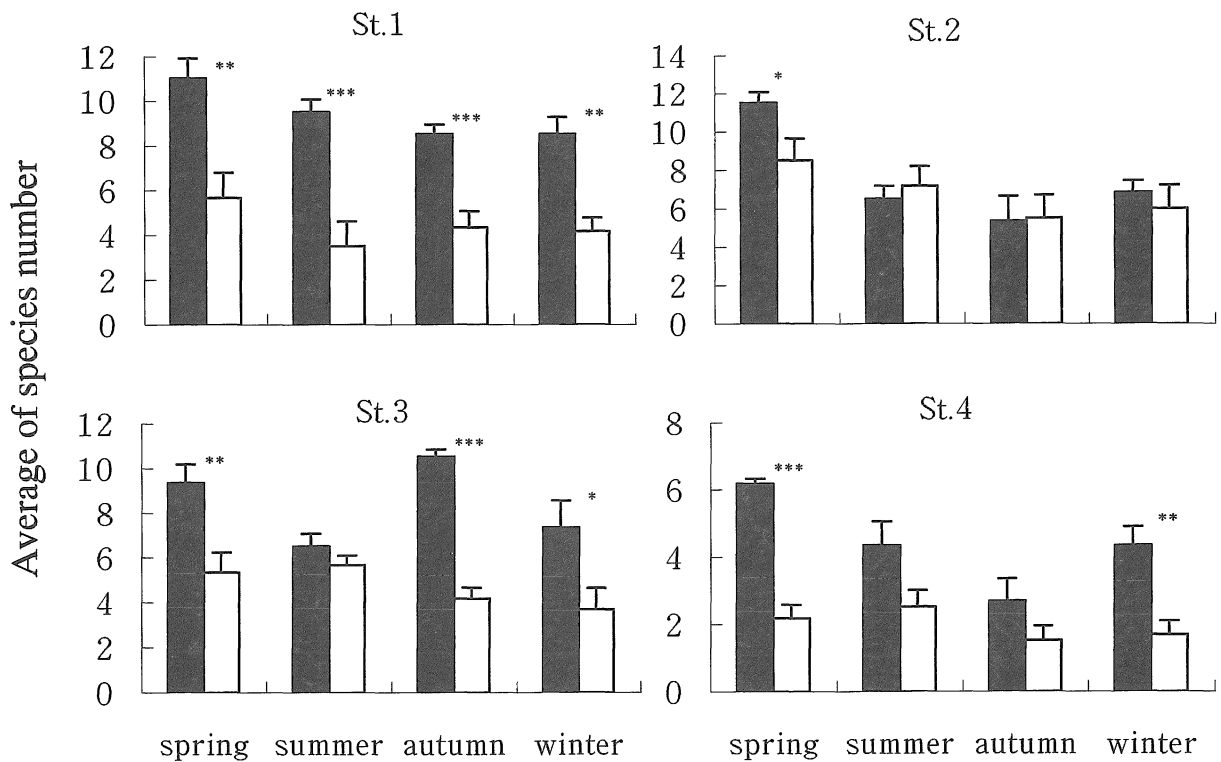


図3. ヨシ帯内外におけるマクロベントスのサンプル当たりの平均種数. 黒いバーと白いバーはそれぞれヨシ帯の内部と外部を示す。エラーバーは1標準誤差。

Fig. 3. Average of species number at inside and outside of reed bed. Filled and open bars show inside and outside of reed bed, respectively. Bars are 1 standard errors. Asterisks are result of ANOVA. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$.

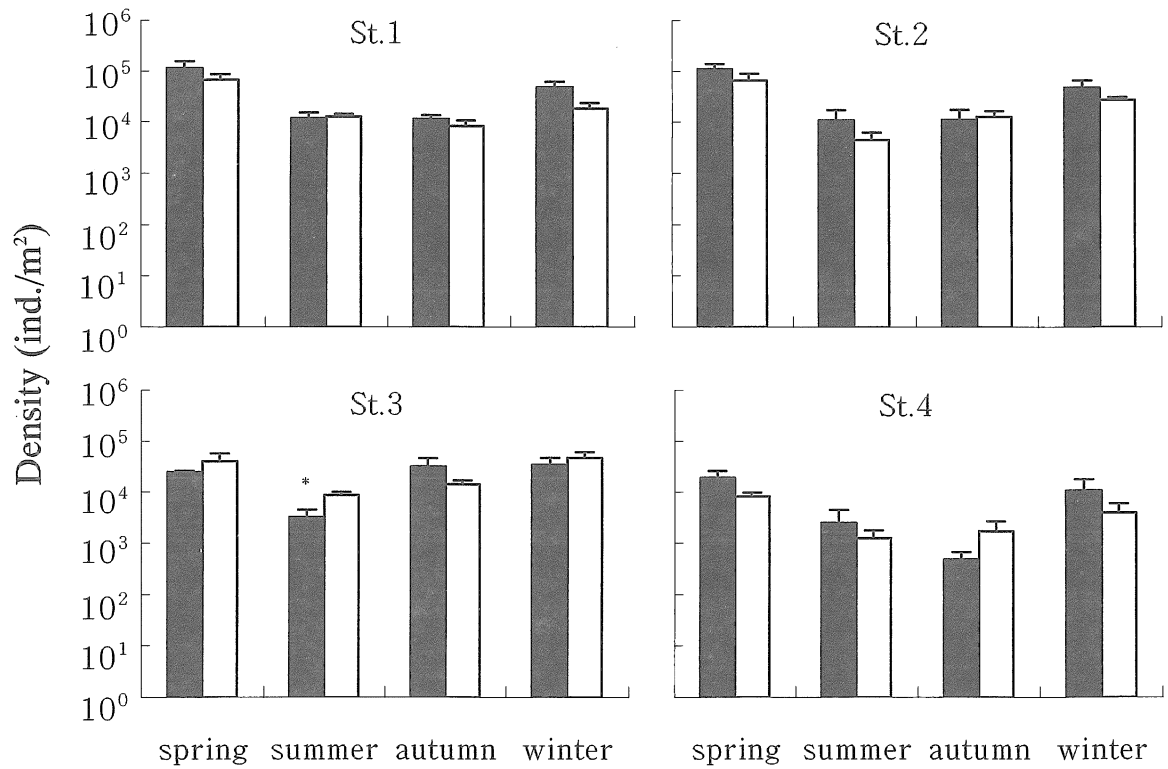


図4. ヨシ帯内部の干出部と非干出部におけるマクロベントスの個体密度(ind./m²). 黒いバーと白いバーはそれぞれヨシ帯内部の干出部と非干出部を示す。エラーバーは1標準誤差。

Fig. 4. Density(ind./m²) of macrobenthos at drought and non-drought site of reed bed. Filled and open bars show drought and non-drought site of reed bed, respectively. Bars are 1 standard errors. Asterisks are result of ANOVA. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$.

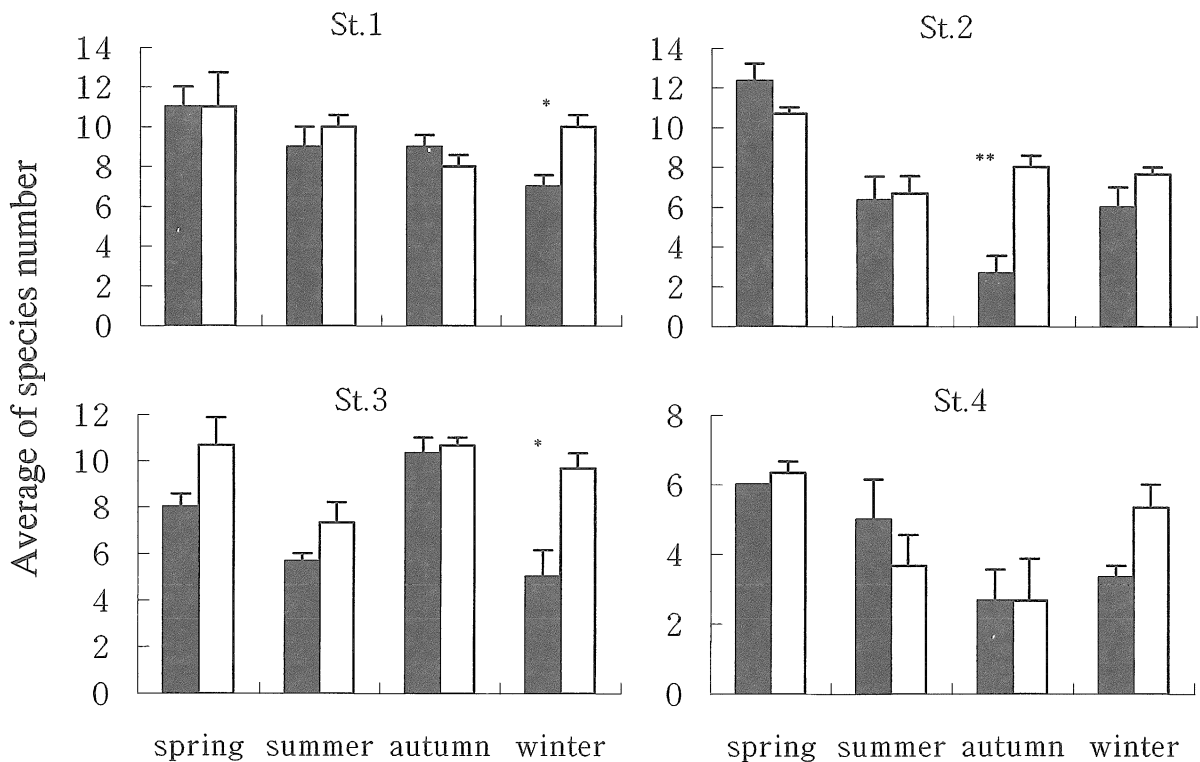


図5. ヨシ帯内部の干出部と非干出部におけるマクロベントスのサンプル当たりの平均種数。黒いバーと白いバーはそれぞれヨシ帯内部の干出部と非干出部を示す。エラーバーは1標準誤差。星印は分散分析の検定結果。

Fig. 5. Average of species number at drought and non-drought site of reed bed. Filled and open bars show drought and non-drought site of reed bed, respectively. Bars are 1 standard errors. Asterisks are result of ANOVA. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$.

指数は優占している種の出現傾向が強く反映されるためその他の種の出現傾向が反映され難く、ヨシ帯内外で差があったとしても結果には現れ難いと考えられる。そこでここでは多様性として、サンプル当たりの平均種数を用いた。

ヨシ帯内外でのマクロベントスの生物量、多様性の季節変化の違いをみるために、個体密度および平均種数をヨシ帯内外で比較した(図2, 図3)。検定には分散分析を用いた。個体密度は、季節によりヨシ帯内部の方が多かたり外部の方が多かたりと変化していた。すべての季節でヨシ帯内部の方が多かったのは st.3のみであり、それでも夏では有意差は認められなかった。平均種数は st.2の夏期と秋期を除きヨシ帯内部の方が多かった。有意差が認められたのは、st.1で全ての季節、st.2で春、st.3で夏以外、そして st.4で春と冬であった。st.2は他のステーションと比べるとヨシ帯内外であまり差は見られなかった。

季節的にみると、ヨシ帯は何もない湖岸と比べて明らかにベントス量は豊富である(坂本ら, 1995)ということにはなかった。今回調査を行った4つのヨシ帯の中で、st.2が一番面積が小さかったが、ヨシ帯内部の個体密度や平均種数が外部より明らかに低いと言うことはなく、他のステーションと比べてもあまり差はなかったことから、対照とした外部が、マクロベントスにとって生息に適した環境であったためこの様な結果になったと考えられる。しかし、この様な st.2でも種数では、他のステーション同様春に有意差が認められており、マクロベントスにとってヨシ帯の重要性は、春に高くなると推察される。

干上がりの影響をみるために、ヨシ帯内部の干出部と非干出部で個体密度および平均種数を比較した(図4, 図5)。分散分析の結果、個体密度にヨシ帯内外で有意差が認められたのは、st.3の夏($p < 0.05$)のみであった。干上がりの影響を受けているとすれば、一番顕著にあらわれるのが冬期で、干出部の方が非干出部より低い値となることが予想されたが、有意差はないものの st.3を除いて、逆に浅所の方が高い値を示した。平均種数は st.2で秋期に干出部(実際には汀線付近)で大きく低下したことを除けば、他の季節に比べ冬が一番干出部と非干出部での差が大きく、干出部の方が低い値を示した。そのうち検定により有意差が認められたのは、st.1と st.3 (共に $p < 0.05$) の2カ所であった。

平均種数は干出部で冬期に低くなったが、個体数は干出部と非干出部で季節的にほとんど差がなかった。これは、干上がりの影響を受ける種が存在する

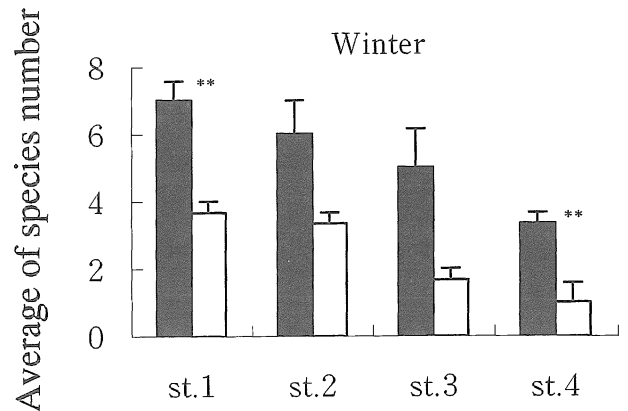


図6. 浅い干出部における冬季のマクロベントスの平均種数。黒いバーと白いバーはそれぞれヨシ帯の内部と外部を示す。エラーバーは1標準偏差。

Fig. 6. Average species number of macrobenthos observed during winter at shallow exposed area inside (filled bars) and outside (open bars) of reed bed. Asterisks are result of ANOVA.

*, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$.

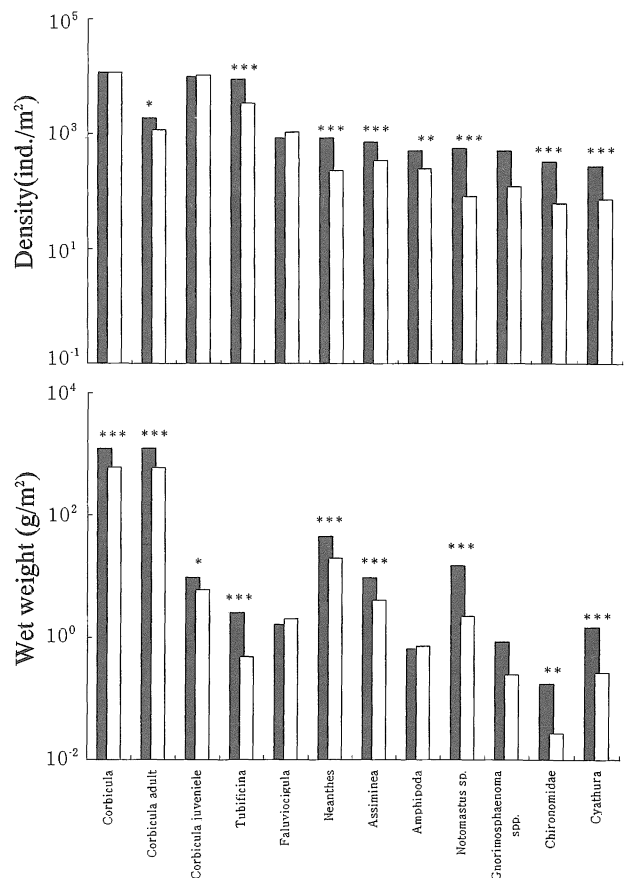


図7. ヨシ帯内外における主要マクロベントスの個体密度(ind./m²)と(湿重量 g/m²). 黒いバーと白いバーはそれぞれヨシ帯の内部と外部を示す。

Fig. 7. Density(ind./m²) and wet weight(g/m²) of main macrobenthos at inside and outside of reed bed. Filled and open bars show inside and outside of reed bed, respectively. Asterisks are result of ANOVA. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$.

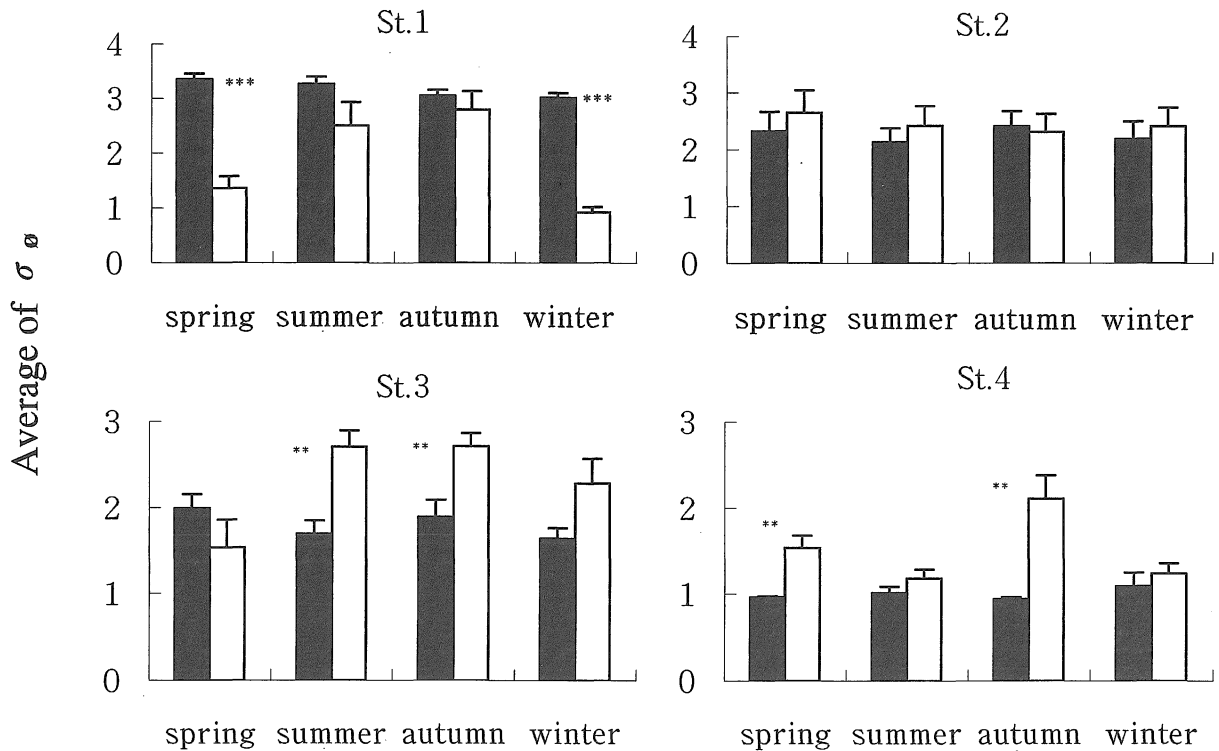


図8. ヨシ帯内外における底質粒度組成の淘汰度の比較. 黒いバーと白いバーはそれぞれヨシ帯の内部と外部を示す. エラーバーは1標準誤差.

Fig. 8. Comparison of $\sigma \phi$ of substratum at inside and outside of reed belt. Filled and open bars show inside and outside of reed bed, respectively. Bars are 1 standard error. Asterisks are result of ANOVA. *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$.

表1. 採集されたマクロベントスのリストと各種の個体密度(ind./m²)と出現頻度(n=192).

Table 1. List of macrobenthos identified and density and occurrence frequency (n=192) of each macrobenthos (ind./m²).

Taxa	Species name	Density (ind./m ²)	Occurrence frequency (%)	
Mollusca				
Pelecypoda	<i>Corbicula japonica</i>	11,649	90.6	
		(adult) 1,519	81.8	
		(juvenile) 10,130	80.7	
	<i>Musculus (musculus) senhousia</i>	17	5.7	
Gastropoda	<i>Assiminea lutea japonica</i>	524	46.4	
	<i>Faluvicigula nipponica</i>	950	40.1	
	<i>Stenothyra (Incaestuarium) edogawensis</i>	1	1.6	
	<i>Clithon retropictus</i>	0.5	0.5	
Annelida				
Polychaeta	<i>Neanthes japonica</i>	534	64.1	
		316	52.1	
		203	19.3	
		5	3.1	
Oligochaeta	<i>Tubificina</i>	6,128	81.8	
Hirudinea		1	1.0	
Arthropoda				
Insecta	Chironomidae	193	35.4	
		<i>Styriurus nagoyanus</i>	1	1.6
Crustacea	Amphipoda	372	54.2	
		<i>Gnoringosphaenoma</i> spp.	310	33.3
		<i>Excirrolana (Pontogerooides) japonica</i>	17	7.3
		<i>Cyathura kikuchii</i>	174	37.5
		<i>Tanaisidae</i> sp.	10	6.3
Plathelminthes		63	12.0	
total		21,469		

ことを示しており、種が減少した干出部で、干上がりの影響を受けないあるいは受けにくい種が個体数を増やしたものと推察される。ただし、干出部の冬季の平均種数をヨシ帯内外で比較すると(図6)、有為差がみられるのは st.1 と st.4 (共に $p < 0.01$) であるが、いずれのステーションでもヨシ帯の内部の方が外部に比べ2~3倍高かった。どちらも干上がるとはいつても、ヨシ帯内部の方が何もないところよりもマクロベントスにとっては良い生息環境のようである。

主要なマクロベントスとヨシ帯の関係をみるために、ステーションと季節をあわせてヨシ帯内外で比較を行い、ヤマトシジミについては殻長4 mm で稚貝と成貝に分けても比較した(図7)。個体密度では、比較を行った10種のうち、ヤマトシジミ、カワグチツボ(*Faluvicigula nipponica*)、コツブムシ類を除く7種について、また湿重量では、カワグチツボ、ヨコエビ類、コツブムシ類を除く7種がヨシ帯内部の方が外部より有意に多かった。坂本(1992)はヨシ帯内にヤマトシジミの稚貝が大量に生息していることから、ヨシ帯がヤマトシジミにとってゆりかごのような役割を果たしていると報告している。また坂本ら(1995)はヤマトシジミの稚貝はヨシ帯内部の方が外部より多く生息していたと報告している。しか

し、今回の調査では、ヤマトシジミ稚貝の個体密度はヨシ帯内外でほとんど差はなく、成貝の方が外部に比べヨシ帯内部で多かった。

主要マクロベントスと干上がりの影響をみるために、ヨシ帯内部の干出部と非干出部で個体密度および湿重量を季節的に比較した(表2)。干上がりの影響があるとすれば、冠水していた季節では差は見られないにも関わらず、実際干上がった冬期に差が現れ、干出部で低い値を示すと考えられる。個体密度、湿重量共に、このような傾向を見せたのは、*Notomastus* sp. とヨコエビ類の2種であった。またゴカイ(*Neanthes japonica*)とキクチスノウミナナフシ(*Cyathura kikuchii*)の2種は、湿重量のみ同様の傾向を示した。これらの種はヤマトシジミなどの二枚貝と比べると比較的移動能力があり、有意差がでたのは、干上がりのために死亡したためではなく、単に水位が下がると共に移動したとも考えられる。ユスリカ類も個体密度、湿重量ともに冬期に干出部の方が有意に少なく、個体密度では春期と秋期でも同様に有意差があった。ユスリカ類は干出部が汀線付近となった秋期ですでに影響を受けており春期は前年度の影響が残っていたものと思われる。ヤマトシジミは全ての季節で個体密度・湿重量ともに有意差は見られなかった。成貝・稚貝に分けてみると、稚貝では冬期に干出部の方が個体密度は小さくなるが、成貝・稚貝共に冬期では有意差は見られず、ヤマトシジミが干上がりの影響を受けたようには見えなかった。

ヨシ帯内外での底質環境の季節変化の違いをみるために、底質粒度分布から淘汰度($\sigma\phi$)を求め比較した(図8)。どのステーションでもヨシ帯内外で有意差が認められない季節があった。しかし、ステーション間で数値に違いはあるものの、いずれのステーションでもヨシ帯内部では季節的变化があまりなく安定しており、それに比べ外部では、st.2を除き、季節的に変動が激しかった。これは、ヨシ帯外部では、波の影響が強いが、ヨシ帯に波浪の影響をやわらげる効果があり、ヨシ帯内部では、外部に比べ波の影響を受けにくかったためと考えられる。st.2のヨシ帯外部は何も遮るものがなく、他のステーションの外部同様に波浪の影響を受けていると考えられ、なぜ淘汰度が安定していたのかはわからない

表2. ヨシ帯内部干出部と非干出部における主要ベントスの個体密度(ind./m²)と湿重量(g/m²)の比較検定結果。

Table 2. Density (ind./m²) and wet weight (g/m²) of main macrobenthos at drought and non-drought sites in reed bet and result of ANOVA.

Species name	season	Density(ind./m ²)		Result of ANOVA	wet weight(g/m ²)		Result of ANOVA	
		shallow	deep		shallow	deep		
Corbicula japonica	total	spring	43841	29798		20898.383	13932.747	
		summer	1710	3487		673.362	1717.836	
		autumn	1548	3251		866.920	2442.528	
		winter	5470	4593		1866.625	2642.318	
	adult	spring	2241.1	1282.7		2112.305	1267.597	
		summer	589.8	1953.6	*	446.111	1421.075	
		autumn	1061.6	2580.2		812.367	1812.869	
		winter	3450.1	1761.9		702.502	1269.764	
	juvenile	spring	41600.3	28515.0		29.411	19.366	
		summer	1120.5	1533.4		2.877	10.004	**
		autumn	486.6	670.9		1.614	2.720	
		winter	2019.9	2830.9		6.599	3.444	
Assiminea lutea japonica	spring	3516.5	928.9	*	1204.080	114.849		
	summer	213.8	88.5		10.313	37.723		
	autumn	339.1	140.1		22.123	47.004		
	winter	361.2	95.8		247.420	38.681		
Falviocigula nipponica	spring	3627.0	2565.5		1867.763	585.744		
	summer	110.6	110.6		15.009	0.206		
	autumn	73.7	125.3		1.998	88.604		
	winter	22.1	29.5		0.103	0.096		
Neanthes japonica	spring	1717.7	1614.5		463.339	522.868		
	summer	766.7	825.7		196.486	191.039		
	autumn	479.2	361.2		69.268	167.035		
	winter	434.9	530.8		106.570	300.941	** *	
Notomastus sp.	spring	1363.8	766.7		377.698	209.144		
	summer	449.7	191.7		219.089	24.888		
	autumn	331.7	471.8		7.527	128.052		
	winter	221.2	611.9	**	46.267	163.150	** *	
Tubificina	spring	6620.1	3914.5		725.111	612.953		
	summer	2801.4	943.6		1754.815	110.813		
	autumn	9296.1	3862.9		2597.278	1570.824		
	winter	27969.5	15164.2		9721.134	4263.719		
Chironomidae	spring	73.7	221.2	*	0.201	7.839		
	summer	110.6	44.2		22.155	22.140		
	autumn	29.5	154.8	*	0.014	14.793		
	winter	88.5	1865.1	**	36.894	81.582	*	
Amphipoda	spring	626.6	1017.3		273.172	457.357		
	summer	339.1	523.4		51.876	81.509		
	autumn	457.1	486.6		1.135	0.708		
	winter	7.4	552.9	** *	7.372	67.043	*	
Gnoriomphaenoma spp.	spring	2712.9	176.9		1865.703	81.338		
	summer	243.3	73.7		0.097	0.095		
	autumn	508.7	88.5		2.595	15.444		
	winter	36.9	140.1		29.562	37.428		
Cyathura kikuchii	spring	390.7	906.8		67.388	251.865		
	summer	110.6	294.9		37.413	67.771		
	autumn	103.2	118.0		0.781	15.894		
	winter	44.2	235.9		15.032	17.096	*	

*, p<0.05; **, p<0.01; ***, p<0.001.

が、底表下5 cm 以深は粘土層になっていたことが関係しているのかもしれない。

ヨシ帯では何もない湖岸より、ほぼ季節的にマクロベントスの平均種数が高い傾向がみられ、特に春期に最も顕著であった。その傾向は、底質粒度の淘汰度はステーションにより異なるがヨシ帯内部では季節的变化が少なく安定していたこと、そしてヨシ帯外部では平均種数にヨシ帯内外で他のステーションより顕著な差が見られなかったst.2においてのみ、淘汰度がヨシ帯内部と変わらない値を示し季節的に安定していたことから、マクロベントスと底質粒度との関係よりも、底質が季節的にあまり変化せず安定していることがマクロベントスの平均種数を高め、つまりより種が混み合せて生息することを可能にしていると考えられる。そして、ヨシ帯は波浪の影響をやわらげる効果があり、それによりその内部の底質環境は季節的変動が小さく安定しているため、結果的にマクロベントスの平均種数を高める効

果があると推察された。しかし、ヨシ帯内外での平均種数の差が何故春期に最も顕著になったのかはわからない。また、ヨシ帯外部でもヨシ帯内部とあまり差がみられないところがあり、対照として比較した外部によって結果が大きく異なることが示唆された。したがって、宍道湖湖岸部のマクロベントスにとってのヨシ帯の意義を明らかにするには湖岸部全域におけるマクロベントスの詳細な調査が必要と思われる。

謝 辞

本研究にあたり、調査およびマクロベントスの分類同定について、島根県水産試験場三刀屋内水面

分場の研究員の方々に、ご協力していただいたことをここに感謝します。

文 献

- 川合禎二(編)(1985)日本産水生昆虫検索図説。東海大学出版，東京，409 p.
- 坂本巖(1992)宍道湖のヤマトシジミの生息域としての湖岸ヨシ帯。汽水湖研究，2: 1-7.
- 坂本陽一・國井秀伸・中村幹雄(1995)宍道湖のヨシ帯とマクロベントス。汽水湖研究，4: 68-72.