

鹿児島県上甕島の海跡湖に見られる海産植物と生育環境

島袋寛盛^{1,2}・今村圭史^{1,3}・新井章吾⁴・田中敏博^{5,6}・今吉雄二⁵・吉田忠生⁷・寺田竜太^{1*}

¹ 鹿児島大学水産学部 (〒 890-0056 鹿児島県鹿児島市下荒田 4 丁目 20-5)

² 現所属: 独立行政法人水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所 (〒 739-0452 広島県廿日市市丸石 2-17-5)

³ 現所属: 鹿児島県環境技術協会 (〒 891-0132 鹿児島県鹿児島市七ツ島 1 丁目 1-10)

⁴ 株式会社海藻研究所 (〒 811-0114 福岡県粕屋郡新宮町湊坂 3-9-4)

⁵ 鹿児島県水産技術開発センター (〒 891-0315 鹿児島県指宿市岩本字高田上 160-10)

⁶ 現所属: 鹿児島県商工労働水産部水産振興課 (〒 890-8577 鹿児島県鹿児島市鴨池新町 10-1)

⁷ 北海道大学名誉教授 (〒 818-0103 福岡県太宰府市朱雀 6-13-13)

Hinomori Shimabukuro^{1,2}, Takashi Imamura^{1,3}, Shogo Arai⁴, Toshihiro Tanaka^{5,6}, Yuji Imayoshi⁵, Tadao Yoshida⁷ and Ryuta Terada^{1*}: Seaweed/Seagrass community and its habitat characteristics from a landlocked brackish-water lagoon in Kamikoshiki-jima Island, Kagoshima Prefecture, Japan. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 60: 31-40, July 10, 2012

Habitat characteristics and vertical distribution of a seaweed/seagrass community in landlocked brackish-water lagoons were determined in Kamikoshiki-jima Island, Kagoshima Prefecture, Japan. A field survey was conducted along the shoreline of Namakoike and Kaiike Lake, and a line-transect survey was also conducted to elucidate their community structure. Vertical distribution of temperature, salinity, dissolved oxygen and nutrients were also measured using a portable CTD and spectrophotometer. A brown alga, *Sargassum piluliferum*, was confirmed to be the dominant species along the shoreline at depths of 0-4 m in Namakoike Lake. Meanwhile, two species of angiosperm, *Ruppia maritima* and *Zostera japonica*, were observed in some places of both lakes. A sandbank separates the lakes from the sea, and there are no visible ways of exchanging water. However, there are slight tidal changes within the lakes that are synchronized with the tide, and therefore some seawater may be exchanged by seeping through the sandbank. Nevertheless, these three species found in the lakes were not confirmed to exist in the adjacent water outside of the lake. We suggest that the seaweed / seagrass community in the two lakes were isolated completely from the outside ecosystem. In both of these lakes, a thermocline and halocline with the presence of anoxic layer was evident, and these gradients corresponded with the vertical distributional limit of marine plants. These environmental factors in the lakes may have influenced the distribution characteristics of marine organisms in this ecosystems.

Key Index Words: brackish-water, landlocked lagoon, *Ruppia maritima*, *Sargassum piluliferum*, *Zostera japonica*

¹ Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Shimoarata 4-50-20, Kagoshima, Kagoshima, 890-0056, Japan

² Present address: National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Fisheries Research Agency, Maruishi 2-17-5, Hatsukaichi, Hiroshima, 739-0452, Japan

³ Present address: Foundation of Kagoshima Environmental Research and Service, Nanatsushima 1-1-10, Kagoshima, Kagoshima, 891-0132, Japan

⁴ Marine Algae Research Co. Ltd., Minatozaka 3-9-4, Shingu, Fukuoka, 811-0114, Japan

⁵ Kagoshima Prefectural Fisheries Technology and Development Center, Iwamoto 160-10, Ibusuki, Kagoshima, 891-0315, Japan

⁶ Present address: Fisheries Promotion Division, Commerce, Industry, Labor and Fisheries Department, Kagoshima Prefecture Government, Kamoike-Shinmachi 10-1, Kagoshima, Kagoshima, 890-8577, Japan

⁷ Professor Emeritus of Hokkaido University, Suzaku 6-13-13, Dazaifu, Fukuoka, 818-0103, Japan

* Author for correspondence: terada@fish.kagoshima-u.ac.jp

緒言

海跡湖とは、^{さし}砂嘴や砂州が発達して外海から分離された潟湖の総称である。鹿児島県薩摩半島西方沖約 40 km に位置する上甕島(薩摩川内市)には、島の北岸に沿って海鼠池、貝池、鉾崎池、須口池の 4 海跡湖が点在している (Fig. 1)。これらの湖沼群は約 6000 年前に入江が閉塞され、ほぼ同時に形成されたとされているが、湖水の水質は海水と大きく異なっており、それぞれの池でも相違がある (荒巻ら 1976)。陸封化が進んでいる須口池や鉾崎池の水質は淡水に近いが、海鼠池や貝池は外海との海水の交換が見られる。特に、貝池は紅色硫黄細菌の一種である *Chromatium* sp. (クロマチ

ウム目) が層を形成しており、年間を通して全層循環が起こらない部分循環湖となっている (松山 1985, 渡辺・堀内 1996, 2000, Moon & Matsuyama 1998, Nakajima *et al.* 2003)。

海鼠池は湖沼群で最大の池で、長さ約 2200 m, 幅約 550 m, 面積 0.56 km², 最大水深 24 m に達する (Fig. 2)。また、本池に隣接する貝池は長さ約 700 m, 幅約 200 m, 面積 0.16 km², 最大水深 11 m である。両池は砂州によって外海と隔離されており、砂州は最も狭い場所で約 30 m である。砂州の上には常緑樹のウバメガシ *Quercus phillyraeoides* (ブナ科) が生育しており、日常的な波浪や潮の干満により、外海

の海水が砂州を越えて湖内に達することはない。ただし、砂州の砂礫を通じて水面下で海水が流入しており、湖面も潮の干満に応じて若干の上下が見られる。また、両池には海藻や海水魚、ベントスが生息しているが、これらの海産生物は砂礫によって外海から完全に隔離されている。池の後背域は急傾斜の崖地であり、池に流れ込む河川はない。淡水の流入は雨水や後背域から底質を通じて流入する間隙水に限られており、海鼠池と貝池の間は、短い水路（幅約 50 cm, 長さ約 2 m, 水深 10 cm 未満）を介して貝池側から海鼠池に汽水が一部流入する。

海鼠池や貝池の海産生物は、外海から隔離された特異な環境下で維持されている個体群として知られている（鹿児島県 1990）。松沼（2010）は 4 湖沼群から 10 科 17 種の魚類を報告し、海域や汽水域に出現する魚種は海鼠池と貝池でのみで確認されたと報告している。また、貝池のベントス相を構成する生物は全て海産種であることも報告されている（山室 1987）。海産植物については、緑藻 2 種、褐藻 2 種、紅藻 3 種、海産頭花植物 1 種の計 8 種が報告されている（鹿児島県 1990）。特に、マメタワラ *Sargassum piluliferum* に形態が似た種が優勢し、局地的にコアマモ *Zostera japonica* が生育していたと報告されている。海鼠池には、古くは遠藤吉三郎博士が訪れていたと記されているが（鹿児島県水産試験場 1949）、海産植物相や生育環境、群落の垂直分布等に関する知見は十分でない。

汽水域の海藻群落は島根県の中海や福井県の三方五湖、北海道の厚岸湖など、各地で見られる（Ohmi 1958, 早川ら

2009）。しかし、外海から完全に隔離された環境における海藻群落は沖縄県本部町の塩川などわずかであり、上甕島の海跡湖群は当該環境で日本最大の海藻群落である（環境省自然環境局生物多様性センター 2008）。本研究では、海鼠池や隣接する貝池、砂州の外海側（長目の浜）における海産植物の生育状況や生育環境を明らかにすることを目的として調査を行った。

材料及び方法

調査は 2003 年 4 月 14 日に予備調査、5 月 1, 2 日, 10 月 27, 28, 29 日に本調査を実施した。また、その後の生育状況確認のために 2004 年 2 月 27 日と 2006 年 7 月 6 日に補完調査を行った。

海産植物相

5 月 1, 2 日と 10 月 27, 28, 29 日に実施した。海鼠池と貝池、およびこれらと外海を隔てる砂州の外海側に位置する長目の浜において素潜りまたは SCUBA で海産植物を採集し、鹿児島大学水産学部で種の同定を行った（Figs 1, 2A）。学名に

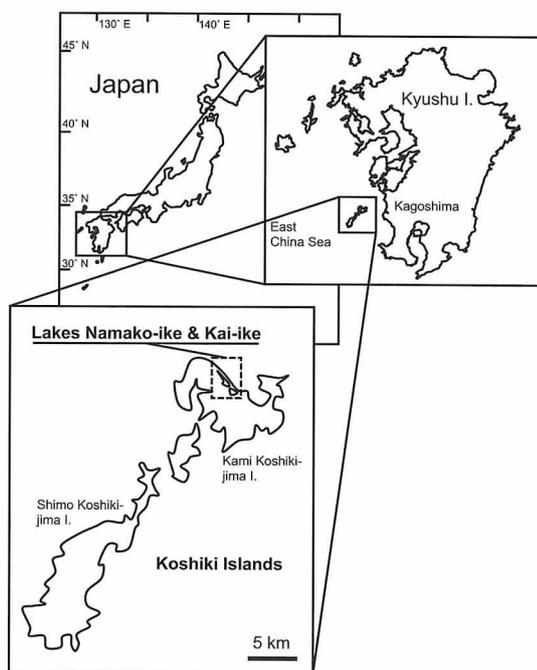


Fig. 1. Map showing the study site (Namakoike and Kaiike Lake) in Kamikoshiki-jima Island, Kagoshima Prefecture, Japan.

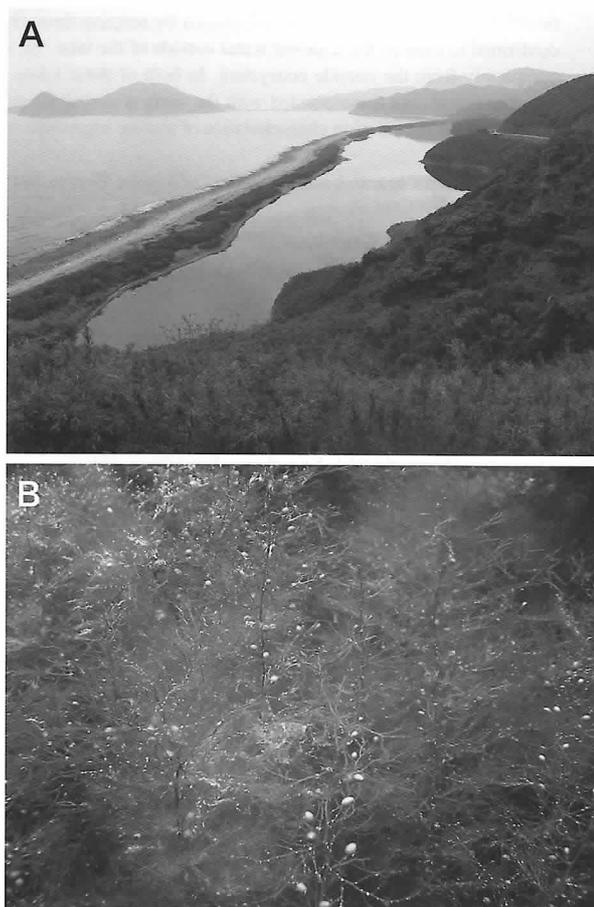


Fig. 2. A. Namakoike Lake (View from the north). B. *Sargassum piluliferum* in the study site (St. 5).

については吉田・吉永 (2010) と大場・宮田 (2007) に従った。出現種のうち、マメタワラについては成熟状況を併せて観察した。

垂直分布構造

海鼠池と長目の浜 (外海) における海産植物の垂直分布構造を、ライントランセクト法を用いて調査した (Fig. 3)。海鼠池内の調査測線 1 (31°51.723' N 129°52.612' E) と調査測線 2 (31°52.252' N 129°52.040' E) および長目の浜の調査測線 3 (31°51.746' N 129°52.666' E) において、湖岸 (または海岸) の起点から垂直 (沖合) 方向に調査測線を設置し、約 5 m 間隔で出現種と被度を記録した。5 月 1 日はおもな優占種の繁茂状況についてのみ予備調査を行い、10 月 28 日は測線上に生育する全ての種類を対象に行った。また、優占種については 50 cm 四方のコドラートを同一水深帯に 3ヶ所ずつ設置し、枠内の藻体をすべて採集した。ただし、外海に設置した調査測線 3 では、優占種が無節サンゴモ類だったため、採集を行わなかった。

採集した材料は、研究室にて形態の観察を行った上でホンダワラ類については主枝長と重量を計測した。重量は定温乾燥器 (TSE, Drying Oven, 三洋電機) で 60°C, 48 時間以上乾燥させた後、電子天秤 (ELT602, Sartorius Mechatronics) で秤量した。

生育環境

水質等は 5 月 1 日と 10 月 28 日に調査した。海鼠池では鹿児島県 (1990) に準じて湖の湖岸に沿って 5 つの観測点 (St. 1 ~ 5) を設け、貝池では最も水深が深い地点に定点を設けた。水温、溶存酸素濃度 (DO)、塩分は携帯型 CTD (Datasonde 4a, Hydrolab) を用いて表面から湖底まで測定した。また、各地点において、北原式採水器を用いて表層から水深 5 m 間隔で採水し、分光光度計 (DR 2000, HACH Company) を用いて栄養塩 (硝酸態窒素 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、亜硝酸態窒素 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、アンモニア態窒素 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、リン酸態リン $\text{PO}_4\text{-P}$) を測定した。硝酸態窒素の測定はカドミウム還元法、亜硝酸態窒素はジアゾ化法、アンモニア態窒素はサリチル酸法、リン酸態リンはアスコルビン酸法を用いた。また、10 月 28 日の調査では、上述の採水に加えて各定点の底層付近でも採水し、同様の項目を測定した。なお、5 月 1 日の貝池については観測機器の不具合のために欠測した。

両池には外海の干満に応じた湖面のわずかな推移が見られることから、調査地で測量器 (AFL321, Pentax) を用い、外海面に対する海鼠池及び貝池の湖面の高度差を測定した。計測時の時刻の潮汐は、海上保安庁水路部発行の潮汐表 (平成 15 年版) に従った。

結果

海産植物相

海鼠池で緑藻 4 種、褐藻 5 種、紅藻 19 種、海産顕花植物

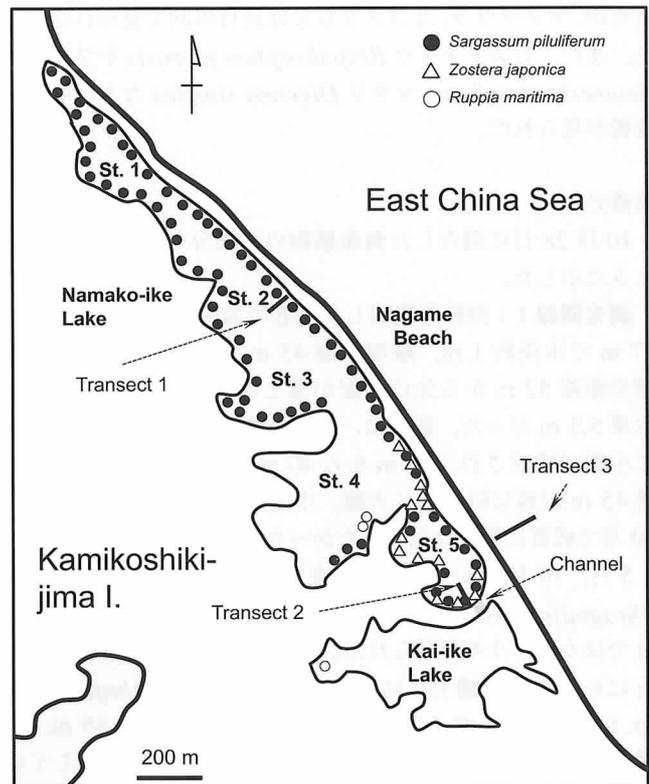


Fig. 3. Distribution of three species, *Sargassum piluliferum*, *Zostera japonica* and *Ruppia maritima* in Namakoike and Kaiike Lake, Kamikoshiki-jima Island, Kagoshima Prefecture, Japan. Three lines shows the location of the line transect.

2 種の合計 30 種を確認した。また、貝池内で緑藻 2 種、褐藻 2 種、紅藻 5 種、海産顕花植物 1 種の合計 10 種、長目の浜で緑藻 7 種、褐藻 9 種、紅藻 30 種の合計 46 種を確認した (未同定種を含む; Table 1)。

海鼠池では、マメタワラが St. 4 の陸側の一部を除いてほぼ全域で見られた (Figs 2B, 3)。本種は水深 1 m から 8 m で高密度に繁茂し、ムカデノリ *Grateloupia asiatica* やトゲノリ *Acanthophora spicifera*、ナガミル *Codium cylindricum* などが混生した。一方、海産顕花植物のコアマモは St. 4 の砂州側から St. 5 の湖岸に沿って見られ、カワツルモ *Ruppia maritima* が St. 4 の陸側の湖畔の一部に生育していた。マメタワラやコアマモ、カワツルモは 2004 年 2 月と 2006 年 7 月の追跡調査でも確認された。

貝池には藻場を形成するようなホンダワラ科藻類は見られず、ボウアオノリ *Ulva intestinalis* やシオグサ類、ウミウチワ類、オゴノリ *Gracilaria vermiculophylla* などの小型藻類が見られた。また、顕花植物ではカワツルモが見られた。

長目の浜ではホンダワラ属藻類の幼体の一部が見られたが、発達した群落の形成は見られなかった。ミルやオキナウチワ *Padina japonica*、オバクサ *Pterocliadiella tenuis*、ムカデノリなど、海鼠池内で生育する種類が長目の浜でも見ら

れたが、マメタワラ、オゴノリなどは長目の浜で見られなかった。また、ヒメイチョウ *Rhipidosiphon javensis* やフデノホ *Neomeris annulata*、マクリ *Digenea simplex* などの亜熱帯性種が見られた。

垂直分布

10月28日に調査した海産植物の垂直分布構造を Table 2 と 3 に示した。

調査測線 1: 側線を設置した湖底の勾配は緩く、離岸距離 37 m で水深約 1 m、離岸距離 45 m で水深 1.7 m だった。離岸距離 52 m から先は勾配が急となり、離岸距離 70 m で水深 5.5 m だった。底質は、離岸距離約 10 m までが砂泥底に小礫で構成され、10 m から 40 m は大礫や小礫、離岸距離 45 m 以遠は砂泥底に大礫、小礫が点在していた。5月と10月で底質に変化は見られなかった。

5月、10月のいずれの調査でも、湖岸付近にはヨシ *Phragmites australis* が生育し、離岸距離 3 m 前後の水深 0.5 m ではカワツルモが見られた。また、離岸距離 12 m から 19 m にかけての大礫上にはオキツノリ属の一種 *Ahnfeliopsis* sp. が見られた。マメタワラは離岸距離 12 m から 45 m、水深 0.6 m から 1.7 m の大礫上に最大被度 100% で優占していた。また、マメタワラ上にはクロガシラ類やイギス科の藻類が着生すると共に、アコヤガイ *Pinctada fucata martensii* が大量に着生していた。離岸距離 50 m、水深 3.7 m 以深では、基質から遊離したマメタワラが寄り藻のように堆積していた。マメタワラは 5月と10月の両方で優占したが、下草

として生育する小型海藻の一部には季節性が見られた。特に、ムカデノリが離岸距離 1~3 m、水深 1 m 前後で被度 10~30% で 5月に見られたが、10月には見られなかった。

調査測線 2: 調査地は砂州の上に位置し、湖底は離岸距離 13 m で水深 3 m、離岸距離 25 m で水深 7 m、離岸距離 32 m で水深 10 m と湖底の勾配は側線 1 と比較して急であった。底質は、起点から 5 m は大礫もしくは小礫で、離岸距離 5 m から 29 m は大礫に小礫や砂泥が混在した。また、離岸距離 30 m 以遠は砂泥底だった。測線 2 の底質も 5月と10月で変化はなかった。

マメタワラは離岸距離 2 m から 16 m、水深 0.5 m から 4 m にかけての大礫上に最大被度 90% で優占し、マメタワラ上にアコヤガイが多く着生していた。他には、湖岸付近と離岸距離 25 m から 29 m、水深 7 m 前後の場所にイトグサ類が数種見られた。マメタワラは 5月と10月の両方で優占した。調査測線 3: 調査地は遠浅で、離岸距離 35 m で水深 1.7 m、離岸距離 60 m で水深約 3.5 m だった。底質は大礫や小礫で、波浪等で移動する大礫や小礫が中心だった。

側線の起点から離岸距離 30 m にかけての転石帯には大型海藻が見られなかった。離岸距離 35 m から 60 m にかけては無節・有節石灰藻が優占し、磯焼けのような景観を呈した。小型海藻では、アミジグサ *Dictyota dichotoma* やフデノホ、ヒメイチョウ、スリコギズタ *Caulerpa racemosa* var. *late-virens*、カイメンソウ *Ceratodictyon spongiosum*、ソゾ属の一種などが点生した。海鼠池で優占するマメタワラは見られなかった。

Table 1. Seaweed / Seagrass in Namakoike, Kaiike Lake and Nagame Beach confirmed in this study.

Phylum	Order	Species	Location and Month					
			Namakoike		Kaiike		Nagame	
			May	Oct.	May	Oct.	May	Oct.
Chlorophyta	Ulvales	<i>Ulva intestinalis</i>	+	+	+	+		
	Cladophorales	<i>Cladophora</i> spp.	+	+	+	+		
	Caulerpaceles	<i>Caulerpa nummularia</i>						+
		<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>late-virens</i>						+
		<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>peltata</i>						+
		<i>Caulerpa webbiana</i> f. <i>tomentella</i>						+
			<i>Rhipidosiphon javensis</i>					+
	Codiales	<i>Codium cylindricum</i>	+	+				
		<i>Codium fragile</i>	+	+			+	+
	Dasycladiales	<i>Neomeris annulata</i>					+	
Heterokontophyta	Ectocarpales	<i>Hincksia mitchellae</i>	+					
	Sphacelariales	<i>Sphacelaria tribuloides</i>			+			
		<i>Sphacelaria</i> sp.						+
	Dictyotales	<i>Dictyota dichotoma</i>						+
		<i>Dictyota linearis</i>						+
		<i>Distromium decumbens</i>						+
		<i>Pachydictyon coriaceum</i>						+
		<i>Padina japonica</i>			+	+	+	+
		<i>Padina minor</i>			+	+	+	+
		<i>Zonaria diesingiana</i>						+
	Fucales	<i>Sargassum piluliferum</i>	+	+				
		<i>Sargassum</i> sp.						+

Table1. Continued.

Phylum	Order	Species	Location and Month					
			Namakoike		Kaiike		Nagame	
			May	Oct.	May	Oct.	May	Oct.
Rhodophyta	Nemaliales	<i>Tricleocarpa cylindrica</i>					+	+
		<i>Liagora ceranoides</i>					+	
	Corallinales	<i>Amphiroa anceps</i>					+	
		<i>Amphiroa zonata</i>					+	
		<i>Amphiroa valonioides</i>					+	
		<i>Corallina pilulifera</i>					+	+
		<i>Jania adhaerens</i>					+	+
		<i>Lithophyllum okamurae</i>					+	
		<i>Lithophyllum</i> spp.					+	+
		<i>Gelidium pusillum</i>					+	
	Gelidiales	<i>Pterocladia tenuis</i>	+	+			+	
		<i>Bonnemaisoniales</i>					+	+
	Gigartinales	<i>Gloiosiphonia capillaris</i>	+		+	+		
		<i>Grateloupia asiatica</i>	+	+			+	+
		<i>Grateloupia ramosissima</i>		+				
		<i>Hypnea flexicaulis</i>					+	+
		<i>Hypnea spinella</i>					+	
		<i>Hypnea yamadae</i>					+	
		<i>Peyssonneliaceae</i> spp.	+	+			+	+
		<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>	+	+	+	+		
		<i>Ahnfeltiopsis</i> sp.	+					
		<i>Portieria hornemannii</i>					+	+
	Gracilariales	<i>Gracilaria parvispora</i>	+	+				
		<i>Gracilaria vermiculophylla</i>	+	+	+	+		
		<i>Gracilariopsis chorda</i>	+					
	Rhodymeniales	<i>Champia parvula</i>					+	
		<i>Ceratodictyon spongiosum</i>					+	+
		<i>Chrysymenia wrightii</i>		+		+		
		<i>Gelidiopsis intricata</i>	+	+	+	+		+
	Ceramiales	<i>Centroceras clavulatum</i>					+	
		<i>Ceramiceae</i> sp.		+				
		<i>Wrangelia tanegana</i>					+	
		<i>Acanthophora spicifera</i>	+				+	
		<i>Chondria dasyphylla</i>	+				+	
		<i>Chondria lancifolia</i>						+
		<i>Digenea simplex</i>					+	+
		<i>Laurencia intricata</i>		+				
		<i>Laurencia okamurae</i>					+	
		<i>Laurencia</i> sp.	+	+			+	
		<i>Palisada yamadana</i>	+	+			+	+
<i>Polysiphonia</i> spp.		+						
<i>Tolypocladia glomerulata</i>						+		
Magnoliopsida	Alismatales	<i>Ruppia maritima</i>	+	+	+	+		
		<i>Zostera japonica</i>	+	+				

マメタワラの現存量と密度、成熟

調査測線 1 における 5 月 1 日のマメタワラ群落の現存量 (乾重量) は 106 g m^{-2} 、主枝数は 192 本 m^{-2} 、主枝長は 45.6 cm、成熟率 (生殖器床形成率) は 100% だった (Table 4)。また、10 月 28 日の現存量は 253 g m^{-2} 、主枝数は 331 本 m^{-2} 、主枝長は 42.2 cm、成熟率は 22% だった。

調査測線 2 における 5 月 1 日のマメタワラ群落の現存量は 41.4 g m^{-2} 、主枝数は 341 本 m^{-2} 、主枝長は 18.2 cm、成熟率は 0% だった。一方、10 月 28 日の現存量は 256 g m^{-2} 、主枝数は 340 本 m^{-2} 、主枝長は 60.7 cm、成熟率は 66% だった。

生育環境

海鼠池

水温: 水温は 5 月で最高 22.8°C (St. 1 の水面) を示し、最低は 11.5°C (St. 4 の水深 20 m) だった (Fig. 4)。いずれの調査点においても表面水温は 20°C から 22°C の範囲を示し、水深約 5 m まで同程度の値を示した。一方、水温は水深 5 m から 10 m にかけて著しく低下し、顕著な温度躍層が見られた。水深 10 m 以深では 12°C 前後の値を示したが、St. 2 や St. 3 では湖底 (水深 17 m) でやや上昇し、 15°C 前後を示した。St. 5 は水深が約 5 m と浅いことから、表面と湖底の水

温に差が見られなかった。

10月は最高19.4°C (St. 2の水面)を示し、最低は13.4°C (St.4の水深21.4 m)だった。いずれの調査点においても表面水温は19°C前後の値を示し、水深約10 mまで同程度の

Table 2. Vertical and horizontal distribution of the aquatic plants and invertebrate communities in Namako-ike Lake, Kamikoshiki-jima Island, Kagoshima Prefecture, on October 28, 2003.

Transect 1												
Distance (m)	0	3	12	19	27	37	41	45	52	54	56	70
Depth (m)	0	0.5	0.6	0.6	0.7	1.0	1.1	1.7	3.7	4.3	4.8	5.5
Substratum	MS, P, C,	MS,	MS,	MS	MS							
	P	MS	P	C								
<i>Phragmites australis</i>	30											
<i>Polysiphonia</i> sp. 1	+											
<i>Cladophora</i> sp. 1	+											
<i>Ruppia maritima</i>	10	70						+	+			
<i>Ahnfeltiopsis</i> sp.		5	40	30								
<i>Ulva intestinalis</i>		+	+	+	+							
<i>Gelidium pusillum</i>		+	+	5	+							
<i>Peyssonneliaceae</i> spp.		+	5	5	20	5	+					
<i>Gelidiopsis intricata</i>				+	10							
<i>Cladophora</i> sp. 2			+	20	5	10						
<i>Sphacelaria</i> sp.		+	5	10	5	+	5					
<i>Sargassum piluliferum</i>		20	60	95	100	60	20	+	+	5		
Ceramiaceae sp.				+	10	15	20					
<i>Chondria dasyphylla</i>						+	+					
<i>Gracilaria parvispora</i>								+	+			
<i>Pinctada fucata martensii</i>	+	+	5	10	10	20	20	20	30			
<i>Serpulidae</i> sp.		+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>Halichondriidae</i> sp.				+	5	5	5	5				
<i>Bugula</i> sp.							+	+	+	+		
<i>Styela plicata</i>											5	

Transect 2												
Distance (m)	0	2	5	13	16	25	29	32	37	39		
Depth (m)	0	0.4	0.5	3.0	4.0	7.2	8.6	10.8	12.5	13.5		
Substratum	C, P	MS,	MS	MS	MS							
				MS	MS	MS	MS	C				
<i>Polysiphonia</i> sp. 1	25	40	+									
<i>Polysiphonia</i> sp. 2		5										
<i>Laurencia</i> sp.		+										
<i>Sargassum piluliferum</i>	10	90	20	90	20							
<i>Chondria dasyphylla</i>		+										
Ceramiaceae sp.		5	30									
<i>Peyssonneliaceae</i> spp.		30	5	20								
<i>Polysiphonia</i> sp. 3			+	+	10	30	10					
<i>Asparagopsis taxiformis</i>					5							
<i>Lithophyllum</i> spp.						+						
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>						+						
<i>Codium fragile</i>						+	+					
<i>Polysiphonia</i> sp. 4						+	+					
<i>Gracilaria parvispora</i>						+	+					
<i>Chrysmenia wrightii</i>							+					
<i>Pinctada fucata martensii</i>	25	30	40	10	30							
<i>Serpulidae</i> sp.		5	5	+	+	+	+					
<i>Halichondriidae</i> sp.			+	5	+							
<i>Bugula</i> sp.				+	5							

Values for each species indicates the coverage of the quadrat (50 cm * 50 cm). Total coverage was estimated more than 100% when each species was laid to overlap each other.

+ indicates less than 5% coverage.

Substratum: C: Cobble; MS: Muddy Sand; P: Pebble.

値を示した。水温は水深10 m以深で低下し、St. 4では水深21 mで13°Cだった。一方、St. 1からSt. 3では、水深12 mで水温16°Cから17°Cを示し、湖底まで顕著な変化は見られなかった。

溶存酸素濃度 (DO): DOは5月で最大9.42 mg L⁻¹ (St.4の水深7.7 m), 最小0.12 mg L⁻¹ (St. 2の水深17.1 m)を示した (Fig. 5)。表面で約7 mg L⁻¹程度の値を示し、水深5 mまで変化しなかったが、水深6 mから8 mで約9 mg L⁻¹と増加した。9 m以深では著しく低下し、水深15 m以深の湖底部では0.69 mg L⁻¹から0.12 mg L⁻¹の値を示した。ただし、水深の浅いSt. 5では湖底部 (水深5.2m) で4.17 mg L⁻¹を示した。

10月は最大6.89 mg L⁻¹ (St. 5の水深0.1 m), 最小0.16

Table 3. Vertical and horizontal distribution of the seaweed community in offshore Nagame-nohama Beach, Kamikoshiki-jima Island, Kagoshima Prefecture, on October 28, 2003.

Transect 3				
Distance (m)	0	35	43	60
Depth (m)	0	1.7	2.2	3.5
Substratum	B, C,	B, C,	B, C,	B, C,
	P	P, S	P, S	P, S
<i>Codium fragile</i>		+		
<i>Asparagopsis taxiformis</i>		+	+	
<i>Amphiroa zonata</i>		+	+	
<i>Dictyota dichotoma</i>		+	10	+
<i>Corallina pilulifera</i>		+	20	+
<i>Amphiroa valonioides</i>		+	+	+
<i>Sphacelaria</i> sp.		+	+	5
<i>Peyssonneliaceae</i> spp.		+	+	10
<i>Hypnea yamadae</i>		+	+	+
<i>Lithophyllum</i> spp.	60	60	80	
<i>Jania adhaerens</i>	20	30	10	
<i>Centroceras clavulatum</i>	20	5	5	
<i>Cladophora</i> sp.	20	+	5	
<i>Pterocladia tenuis</i>	10	5	5	
<i>Padina japonica</i>	+	+	+	
<i>Laurencia</i> sp.	+	5	10	
<i>Sargassum</i> sp.			+	
<i>Tricleocarpa cylindrica</i>			+	
<i>Neomeris annulata</i>			+	
<i>Rhipidosiphon javensis</i>			+	
<i>Digenea simplex</i>			+	
<i>Ceratodictyon spongiosum</i>			+	
<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>late-virens</i>			+	
<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>peltata</i>			+	
<i>Wrangelia tanegana</i>			+	
<i>Distromium decumbens</i>			+	
<i>Liagora ceranoides</i>			+	
<i>Tolypocladia glomerulata</i>			+	
<i>Acanthophora spicifera</i>			+	
<i>Champia parvula</i>			+	+
Ceramiaceae sp.			5	5
<i>Lithophyllum okamurae</i>				+
<i>Chondria dasyphylla</i>				+

Values for each species indicates the coverage of the quadrat (50 cm * 50 cm).

Total coverage was estimated more than 100% when each species was laid to overlap each other.

+ indicates less than 5% coverage

Substratum: B: Boulder; C: Cobble; P: Pebble; S: Sand.

mg L⁻¹ (St. 4 の水深 21.4 m) だった。表面では 6 mg L⁻¹ 前後で、水深 10 m まで同程度の値だった。しかし、水深 10 m から 12 m にかけては DO が著しく減少し、湖底まで 1 mg L⁻¹ 以下の値を示した。水深の浅い St. 5 では表面から水深 5 m まで 6 mg L⁻¹ 前後を示し、湖底 (水深 6.3 m) で 3.85 mg L⁻¹ だった。

塩分: 塩分は 5 月で最大 32.5 psu (St.3 の水深 16.3 m)、最小 25.3 psu (St.5 の水深 0.2 m) だった (Fig. 6)。表面では約 26 psu を示し、水深約 6 m までほぼ同程度の値だった。水深 6 m 以深は徐々に値が高くなり、水深 15 m から湖底では 29 から 32 psu を示した。

10 月は最大 32.4 psu (St. 3 の水深 16.8m)、最小 26.9 psu (St. 2 の水深 0.6 m) だった。表面から水深 10 m までは約 27 psu を示し、水深 10 m 以深では値は徐々に増加し、水深 15 m から湖底では 30 から 32 psu を示した。

栄養塩: 5 月の調査では、硝酸態窒素 (NO₃-N) が表面や水深 5 m、10 m で 2 μM 前後だったが、水深 15 m では 5 μM から 8 μM を示した地点もあった (Table 5)。亜硝酸態窒素 (NO₂-N) も表面、水深 5 m、10 m で 0.2 μM から 0.4 μM を示したが、水深 15 m では 1.6 μM を示した地点があった。アンモニア態窒素 (NH₄-N) は表面から水深 15 m のほ

とんどの水深で検出限界以下だったが、St. 4 の水深 15 m で 7.9 μM を示し、水深 20 m では 71.4 μM と高い値を示した。リン酸態リン (PO₄-P) は表面から水深 15 m のほとんどの水深で 1 μM から 3 μM 程度だったが、St. 4 の水深 15 m で 4.2 μM、水深 20 m で 11.5 μM を示した。

10 月の調査では、硝酸態窒素が表面から湖底に至るほとんどの地点で 1.4 μM から 3 μM の範囲を示したが、St. 3 の水深 15 m、St. 4 の 20 m、湖底で 4.3 μM および 5.0 μM の値を示した。亜硝酸態窒素はすべての水深で 0.2 μM から 0.8 μM の範囲で推移した。アンモニア態窒素は湖底および水深 15 m の一部で高い値が検出され、最大 279 μM (St. 4 の水深 22.1 m) に達した。リン酸態リンは St. 3 の水深 15 m、St. 4 の水深 20 m、湖底で高い値が検出され、最大 22.2 μM (St. 4 の水深 22 m) を示したが、表面や水深 5m、10m では 0.3 μM から 1.3 μM の間で推移した。

貝池

10 月の水温は、表面から水深 3 m までは約 18°C を示し、水深 3.5 m から 4 m で著しく増加し、最高 24.5°C を示した (Fig. 7A)。それ以深は再び低下し、水深 5m 以深は約 21°C で変化しなかった。溶存酸素濃度は、表面で 5.7 mg L⁻¹ を示し、水深約 3 m まで同程度の値だったが、水深 3.7 m 以深で急激に低下し、水深 4.7 m から湖底にかけては 0.7 mg L⁻¹ 以下だった (Fig. 7B)。塩分は、表面から水深約 3m まで 25 psu 前後で変化しなかったが、水深 3.5 m で 33.4 psu と急激に増加し、それ以深も同程度の値を示した (Fig. 7C)。

栄養塩は水深が深いほど高い値を示した (Table 6)。表面では硝酸態窒素が 2.1 μM、亜硝酸態窒素 0.4 μM、リン酸態リンは 3.1 μM だったが、アンモニア態窒素は検出限界以下であった。一方、水深約 3 m では硝酸態窒素が 7.1 μM、亜硝酸態窒素 1.5 μM、アンモニア態窒素 2.1 μM、リン酸態リ

Table 4. Biomass, number of branches, length and ratio of maturation of *Sargassum piluliferum* in Namakoike Lake, Kamikoshi-jima Island, Kagoshima Prefecture Japan (May 1, and October 28, 2003).

Transect	Month	Biomass (g m ⁻²)	Number of branches (shoot m ⁻²)	Branch length (cm)	Maturation (%)
1	May	106.0	192	45.6	100
	Oct.	253.0	331	42.2	22
2	May	41.4	340	18.3	0
	Oct.	27.8	340	60.8	67

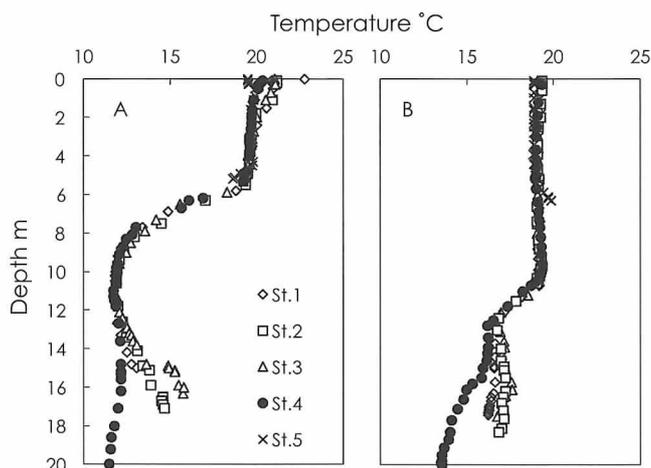


Fig. 4. Vertical distribution of the water temperature at four sites in Namakoike Lake, Kamikoshi-jima Island, Kagoshima Prefecture, Japan. A: May 1, 2003; B: October 28, 2003.

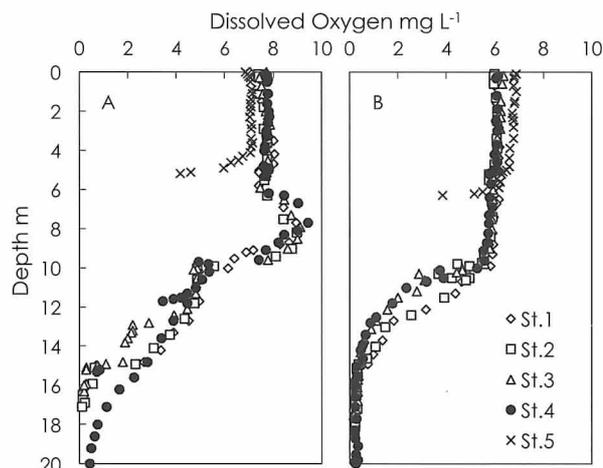


Fig. 5. Vertical distribution of dissolved oxygen (mg L⁻¹) at four sites in Namakoike Lake, Kamikoshi-jima Island, Kagoshima Prefecture, Japan. A: May 1, 2003; B: October 28, 2003.

ンは $5.6 \mu\text{M}$ を示した。

なお、5月の表面水温は 22.3°C 、溶存酸素濃度 7.7 mg L^{-1} 、塩分濃度 16.2 psu を示した。また、表面の栄養塩は硝酸態窒素が $2.1 \mu\text{M}$ 、亜硝酸態窒素 $0.2 \mu\text{M}$ 、アンモニア態窒素 $2.1 \mu\text{M}$ 、リン酸態リン $1.9 \mu\text{M}$ を示した。

長目の浜

長目の浜の5月の表面水温は 20.4°C 、溶存酸素濃度 9.1 mg L^{-1} 、塩分濃度 33.6 psu だった (Table 6)。また、栄養塩は硝酸態窒素が $2.1 \mu\text{M}$ 、亜硝酸態窒素 $0.2 \mu\text{M}$ 、リン酸態リン $2.2 \mu\text{M}$ 、アンモニア態窒素が検出限界以下だった。

10月の栄養塩は硝酸態窒素 $1.4 \mu\text{M}$ 、亜硝酸態窒素 $0.2 \mu\text{M}$ 、リン酸態リンは $1.1 \mu\text{M}$ 、アンモニア態窒素は検出限界以下だった。

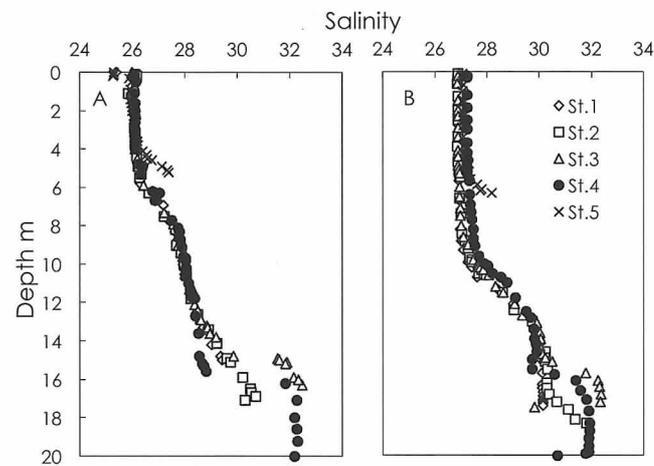


Fig. 6. Vertical distribution of salinity at four sites in Namakoike Lake, Kamikoshiki-jima Island, Kagoshima Prefecture, Japan. A: May 1, 2003; B: October 28, 2003.

湖面の潮高

海鼠池の湖面の高さは、5月1日の干潮時 (15時33分) で、長目の浜より 117 cm 高く、貝池は同時刻で 144 cm 高かった。10月28日の海鼠池は、満潮時 (10時11分) で長目の浜より 127 cm 高く、貝池は同時刻で 134 cm 高かった。

考察

本研究では海鼠池で30種、貝池で10種、長目の浜で46種の海産植物を確認した。海鼠池では、湖畔に沿った水深5mまでの場所にマメタワラが広く分布し、鹿児島県 (1990) の報告と概ね同じ分布が確認された。一般に、ホンダワラ類は岩盤や岩塊上に生育するが、本研究の個体群は大礫や小礫の上に生育する点で異なった。調査時の長目の浜は高さ2m程度の波があったが、海鼠池や貝池は砂州や砂州上の陸上植生により風が遮られており、長目の浜のような波浪は見られなかった (Fig. 2)。台風や季節風等の影響を除き、波浪等による底質の攪乱は起こりにくい環境であることから、礫などに着生して生育できるものとする。

マメタワラが生育する水深の塩分は5月、10月とも26から27 psuであり、ガラモ場が一般に見られる環境の塩分としては低かった。鹿児島県水産試験場 (1949) は海鼠池の表面塩分を15 psu、水深5mで25から28 psuと報告しており、梅雨時期などの雨水で塩分が低下するとしている。海鼠池には流入河川がなく、淡水の供給は雨水か後背地から浸出した底質間隙水に限られる。塩分の変化は天候に影響を受けると考えられることから、今後は梅雨時期や降雨時の塩分も調査することが求められる。また、海鼠池個体群の塩分耐性を培養試験等で明らかにすることも重要である。

マメタワラは5月と10月の両方で見られた。鹿児島湾では、マメタワラは3月から5月にかけて生長し、夏季は付着器と茎状部、翌年伸長する新主枝のみとなる (土屋ら 2011)。しかし、海鼠池の個体群は5月と10月の両方で主枝を保有しており、いずれの時期も生殖器床が確認された (Table 4)。

Table 5. Nitrogen and phosphate concentrations at Namakoike Lake, Kamikoshiki-jima Island, Kagoshima Prefecture, Japan (May 1 and October 28, 2003).

Month	Depth (m)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (μM)					$\text{NO}_2\text{-N}$ (μM)					$\text{NH}_4\text{-N}$ (μM)					PO_4 (μM)				
		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
May	0	2.9	2.1	2.9	2.1	2.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	1.1	1.7	1.6	1.8	3.2
	5	2.1	2.9	2.9	2.9	2.1	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	ND	ND	ND	ND	ND	1.7	2.4	1.5	2.4	1.2
	10	4.3	1.4	2.1	1.4		0.3	0.3	0.2	0.3		ND	ND	ND	ND		2.5	2.6	2.0	2.4	
	15	5.7	8.6	7.9	3.6		0.7	1.6	1.6	0.7		ND	ND	ND	7.9		1.8	3.2	2.2	4.2	
	20				2.1					0.4					71.4					11.5	
Oct.	0	1.4	2.9	2.1	2.9	2.9	0.3	0.4	0.3	0.2	0.3	ND	ND	ND	ND	ND	0.5	1.1	1.3	1.1	0.8
	5	2.1	2.9	2.1	2.1	2.9	0.4	0.2	0.3	0.3	0.2	ND	ND	ND	ND	ND	0.9	0.6	0.6	0.6	0.8
	10	2.1	2.1	2.1	2.1		0.3	0.3	0.4	0.2		ND	2.9	ND	ND		0.4	0.9	3.8	0.3	
	15	2.1	2.1	4.3	2.9		0.4	0.4	0.7	0.4		ND	0.7	179.0	ND		2.3	3.1	21.7	4.4	
	20				4.3					0.7					ND						20.5
B*	2.9	2.9	2.9	5.0	2.1	0.5	0.4	0.4	0.8	0.2	15.0	14.3	5.7	278.6	ND	5.3	5.7	4.9	22.2	1.3	

B: Bottom.

* Depth of the bottom: St. 1, 17.2 m; St. 2, 18.7 m; St. 3, 18.2 m; St. 4, 22.1 m; St. 5, 6.8 m

ND: Not detected.

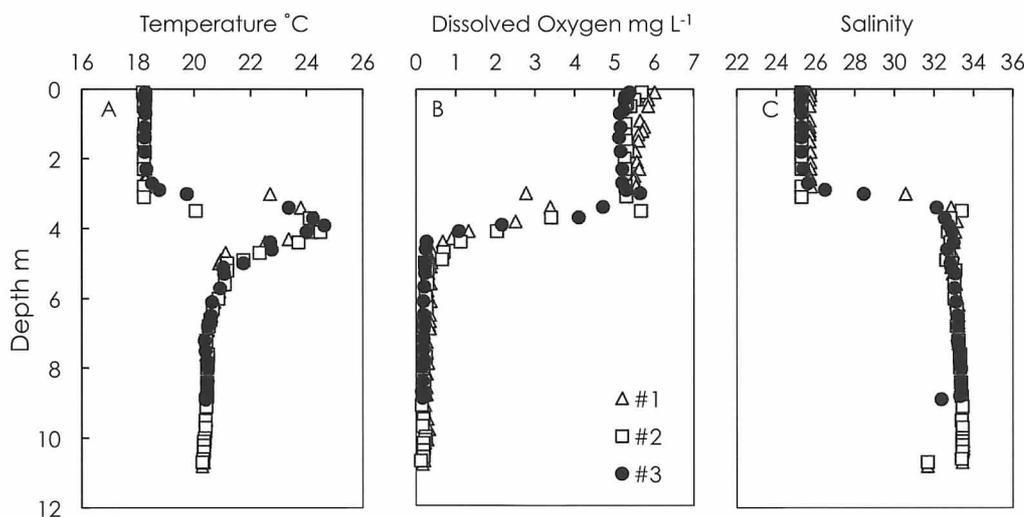


Fig. 7. Vertical distribution of water temperature (A), dissolved oxygen (B) and salinity (C) in Kaiike Lake, Kamikoshiki-jima Island, Kagoshima Prefecture, Japan. Measured three times at the same location on October 28, 2003.

測線1の5月のマメタワラ主枝はいずれも十分伸長しており、成熟率は100%だった。一方、測線2では、伸長を開始した新生の未成熟主枝に入れ替わっていた。10月には、測線2のマメタワラの方が伸長しており、67%の主枝が成熟していたのに対し、測線1の主枝の成熟率は22%だった。このように、側線1と側線2のマメタワラでは成熟と流失の時期に差が見られた。鹿児島県(1990)は、海鼠池のマメタワラの全長は5月が最も短く、夏にかけて生長し、秋に成熟すると報告している。本研究の結果は鹿児島県(1990)の季節変化の当該月と概ね一致しており、5月の成熟率の違いは更新前後の個体群を測定した差によるものと考えられる。これらの結果から、甌島のマメタワラは春から夏に繁茂して秋に成熟し、春に成熟する鹿児島湾の個体群とは異なる季節性を有する。同一種で異なる季節性を持つことは広島湾のアカモク *Sargassum horneri* など知られている(Yoshida *et al.* 2001)。広島湾のアカモクは、ほぼ同じ水温環境に生育する個体群で季節性に二型が認められるが、海鼠池と鹿児島湾の水温は著しく異なる。マメタワラ生育帯の水温(表面)は5月と10月で20°C前後だったが、鹿児島県(1990)は夏季に約30°C、冬季は10°Cを若干下回ることを報告している。一方、鹿児島湾中部の水温は、夏季は約29°Cに達するが、冬季は約16°C程度と海鼠池よりも高い(土屋ら2011)。今後は海鼠池個体群の至適温度や温度耐性等についても明らかにした上で、季節性について考察することが求められる。

海鼠池の個体群は、1) 偏圧した主枝、2) 線状で分枝する葉、3) 球状で冠葉を持たない気胞、等の点でマメタワラの記載に一致する(吉田1998)。しかし、海鼠池の個体群は、主枝や末端枝が鹿児島湾に生育する個体群よりも細い。波浪のほとんどない生育環境がこのような形態に影響を及ぼしていることが十分に考えられるが、外部から長期間にわたり隔離されていることから、鹿児島県沿岸に生育するマメタワラとは遺

Table 6. Nitrogen and phosphate concentrations at Kaiike Lake and Nagame Beach (offshore seawater), Kamikoshiki-jima Island, Kagoshima Prefecture, Japan (May 1 and October 28, 2003).

Month	Depth (m)	Kaiike				Nagame Beach			
		NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	PO ₄	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	PO ₄
May	0	2.1	0.2	2.1	1.9	2.1	0.2	ND	2.2
	3	7.1	1.5	2.1	5.6				
	5	7.9	1.8	2.9	5.9				
Oct.	0	2.1	0.4	ND	3.1	1.4	0.2	ND	1.1
	3	7.1	1.5	2.1	5.6				
	5	7.9	1.8	2.9	5.9				

伝的な分化が進んでいる可能性がある。今後、分子系統解析等などにより、海鼠池個体群の遺伝的な特異性を明らかにする必要がある。

調査測線1と2の両方でマメタワラが優占する群落が見られたが、この垂直分布構造は鹿児島県(1990)の報告とほぼ一致した。しかし、今回の調査では、長目の浜を中心とする甌島の沿岸域でマメタワラを確認できなかった。長目の浜は無節石灰藻が繁茂する「磯焼け」状態であり、海鼠池内と長目の浜では海藻の植生が著しく異なった。長目の浜の磯焼けの進行は鹿児島県(1990)ですでに報告されており、10年以上にわたって継続していると考えられる。上甌島の外海側に生育するマメタワラは、近傍の浦内湾桑之浦で1984年に採取された標本が鹿児島県水産技術開発センター標本庫に収蔵されているが(KFE-B67-42-67, 68)、現在は当地で見られない。また、薩摩半島西岸では、阿久根市やいちき串木野市羽島、荒川などで1980年代に採取された標本が同様に収蔵されている(新村1990)。しかし、現在の羽島や荒川では、フタエモク *Sargassum duplicatum* などの亜熱帯や暖温帯に見られる種類が繁茂しており、マメタワラは港湾内の静穏域等を除いてほとんど見られない。このように、薩摩半島西岸周辺では磯焼けの進行や海藻植生の変化が著しく、長目の浜も同様であったと考えられる。磯焼けが進行する以前の長目

の浜の海藻植生については記録がないが、現在の海鼠池の海藻植生と類似していた可能生がある。

海鼠池は約 6000 年前に入江が閉塞されて以降、外海から隔離された生態系となったと言われている (荒巻ら 1976)。実際、外海の海水は海面下の砂礫を介して浸出するのみであり、海藻類が内外へ侵入・拡散することは不可能である。また、砂州の上には常緑樹のウバメガシが生育していることから、砂州の上を越えて外海水が頻繁に流入していることは考えにくい。ただし、1951 年のルース台風では波浪によって砂州が崩れ、外海水が直接流入したことが記録に残っている。湖内の海藻類は外海から隔離されており、外海の個体群と遺伝的な交流は通常は見られないが、かつては砂州の崩壊等でごく希にあった可能性も推察される。

海鼠池の水温は、5 月で水深 5 m、10 月で水深 10 m までは表面とほぼ同じであり、それ以深に温度躍層が見られた (Fig. 4)。温度躍層より上の水深では塩分や溶存酸素濃度も一定であり、この水深帯では湖水の垂直混合があると考えられる (Figs 5, 6)。一方、温度躍層の下では、塩分は深い場所ほど高くなっており、無酸素層が形成されていた。この水深帯では垂直混合が見られず、成層状態であると考えられる。夏季や冬季の結果がないことから結論できないが、水深 10 m 以深の湖水は躍層上部や外海との海水交換がほとんどない状態であると思われる。

水面付近の栄養塩は長目の浜と同程度の値を示したが、湖底付近では高濃度のアンモニア態窒素が検出された (Table 5)。これは分解者によって生成されたアンモニア態窒素が無酸素層で硝酸に硝化されず、湖底に蓄積しているためと考えられる。溶存酸素濃度の結果と併せると、水深 10 m 以深の湖底では魚介類や海産植物が生息・生育することは難しいと考えられる。

貝池では、水深約 3 m まで水温、塩分、溶存酸素濃度がほぼ一定だったが、水深 3 m から 4 m で水温と塩分が増加し、溶存酸素濃度が減少した。この水深帯にはクロマチウムが高濃度で層を形成していることが報告されている (松山 1985)。クロマチウムの存在と塩分の密度によって下層には無酸素層が成層状態になっていることから、過去の報告と同様に全層循環がおこらない状態 (部分循環湖) であると示唆された (渡辺・堀内 1996, 2000)。このことから、貝池で魚介類や海産植物が生存可能なのは、湖畔の浅所に限られる。海鼠池や貝池では、河川や塩生湖沼に見られるヨシやカワツルモと共に海草のコアマモが見られ、海藻のマメタワラの群落も見られた。生育場所の異なるこれらの種類が同一ヶ所に見られることは珍しく、甌島海跡湖湖沼群に見られる特異な生態系として希少性が高いと考える。海鼠池や貝池での水産物の漁獲等は地域住民によって管理されており、これらの活動によって生態系が良好に維持されている。これらの生態系

が今後も保全されるためにも、地域活動や研究者によるモニタリングが重要と考える。

謝辞

本研究の一部は第 7 回環境省自然環境保全基礎調査沿岸域生態系調査として実施されたことを明記し、調査にご協力くださいました特定非営利活動法人日本国際湿地保全連合の関係各位に御礼申し上げる。調査に際しては、薩摩川内市上甌町瀬上地区の関係者の皆様にご協力をいただいた。この場を借りて謝意を表す。

引用文献

- 荒巻 孚・山口雅功・田中好國 1976. 鹿児島県、上甌島における甌四湖の水文地形学的研究. 専修大学自然科学紀要 9: 1-80.
- 早川雄一郎・吉川伸哉・大城 香・神谷充伸 2009. 三方五湖に生育するシオグサ属藻類の遺伝的多様性と形態的可塑性. 藻類 59: 55.
- 鹿児島県水産試験場 1949. 鹿児島県甌島海鼠池産アコヤガイ利用に関する研究. 昭和 24 年度鹿児島水試事報, pp. 66-115, 鹿児島県水産試験場, 鹿児島.
- 鹿児島県 1990. 昭和 58 ~ 60 年度甌島周辺海域総合開発調査 (事業報告書). 鹿児島県.
- 環境省自然環境局生物多様性センター 2008. 第 7 回自然環境保全基礎調査浅海域生態系調査 (藻場調査) 報告書, 環境省自然環境局生物多様性センター, 富士吉田, 428 pp.
- 松沼瑞樹・米沢俊彦・本村浩之 2010. 上甌島汽水湖群の魚類相およびニクハゼ *Gymnogobius heptacanthus* (スズキ目ハゼ科) の記録. Nature of Kagoshima 36: 79-87.
- 松山道郎 1985. 上甌島貝池の精巢上体と海水の流出流入. 陸水学雑誌 46: 229-238.
- Moon, S. W. & Matsuyama, M. 1998. Utilization of Inorganic Nitrogen by a Phototrophic Bacterium, *Chromatium* sp. at Mid-Depth in Lake Kaiike. J. Microbiol. 36: 118-123.
- Nakajima, Y., Okada, H., Oguri, K., Suga, H., Kitazato, H., Koizumi, Y., Fukui, M. & Ohkouchi, N. 2003. Distribution of chloropigments in suspended particulate matter and benthic microbial mat of a meromictic lake, Lake Kaiike, Japan. Environ. Microbiol. 5: 1103-1110.
- 新村 巖 1990. 鹿児島県産海藻目録. 鹿児島県水産試験場紀要 13: 1-112.
- 大場達之・宮田昌彦 2007. 日本海藻図譜, 北海道大学出版会, 札幌, 114 pp.
- Ohmi, H. 1958. The species of *Gracilaria* and *Gracilariopsis* from Japan and adjacent waters. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 6: 1-66.
- 土屋勇太郎・坂口欣也・寺田竜太. 2011. 鹿児島湾桜島におけるホンダワラ属 (ヒバマタ目) 藻類 4 種, マメタワラ, ヤツマタモク, コブクロモク, キレバモクの季節的消長と生育環境. 藻類 59: 1-8.
- 渡辺真木・堀内清司 1996. 湖沼の水質形成機構 (濃縮・希釈) に関する一考察. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要 31: 131-140.
- 渡辺真木・堀内清司 2000. 部分循環湖・貝池における水温の季節変化. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要 35: 125-130.
- 山室真澄 1987. 鹿児島県上甌島の、塩分が異なる 2 つの汽水湖における大型底生動物相. 陸水学雑誌 48: 177-186.
- Yoshida, G., Yoshikawa, K. & Terawaki, T. 2001. Growth and maturation of two populations of *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyta) in Hiroshima Bay, the Seto Inland Sea. Fisheries Science 67: 1023-1029.
- 吉田忠生 1998. 新日本海藻誌. 内田老鶴圃. 東京
- 吉田忠生・吉永一男 2010. 日本産海藻目録 (2010 年改訂版). 藻類 58: 69-122.

(Received Mar. 6, 2012; Accepted May 14, 2012)