

久美浜湾の海藻相とホンダワラ藻場について

八谷光介, 西垣友和, 白藤徳夫, 和田洋藏

On the Seaweed Flora and *Sargassum* Seaweed Bed in Kumihama Bay, Sea of Japan

Kousuke Yatsuya, Tomokazu Nishigaki, Norio Shirafuji and Yozo Wada

Seaweed flora and *Sargassum* seaweed bed in extremely sheltered Kumihama Bay was investigated. Total of 19 species including 6 Chlorophyceae, 6 Phaeophyceae and 7 Rhodophyceae were listed. *Sargassum* species was dominant at the seaweed bed in Kumihama Bay. *Sargassum thunbergii*, *S. miyabei*, *S. confusum*, and *S. piluliferum* were located from shallow to deep in this order. Of these, *S. confusum* was most dominant and *S. piluliferum* was the second. The standing crop of seaweed was the highest at a depth of 1 m in St. 3 (West coast of the Bay) at 593 g dry wt/m². The number of species in the *Sargassum* bed in Kumihama Bay was less than that in either Maizuru or Miyazu Bay. *Sargassum confusum* in Kumihama Bay had shorter and thinner leaves, thinner stem and main branches, and smaller vesicles than that in the other areas of Kyoto Prefecture.

キーワード：久美浜湾, 海藻相, ホンダワラ藻場, フシスジモク

久美浜湾は京都府の日本海沿岸部の西側に位置し、周囲 22 km、面積 7 km² で、狭い水路（幅 50 m、長さ 300 m）以外は砂嘴によって外海と隔てられている閉鎖性の強い湾である（Fig. 1；田中，1970；田口，井上，2005）。また、主な流入河川は東岸の佐濃谷川、南岸の川上谷川である。このような地形の久美浜湾は他の海域に比べて低塩分、高・低水温になりやすく、特に海藻類が生育する浅所においてその傾向が顕著である（田中，1970；田口，井上，2005）。このような環境における海藻相を他の海域のものと比較することは、海藻類の生理生態学的観点から重要である。特に、ホンダワラ藻場は、多くの魚介類の棲み場や餌場となる（布施，1962；大野，1981）ため、その分布や種組成などを把握することは、海藻以外の生物の生活史を理解するためにも必要である。

京都府の内湾の海藻相についてはこれまでに舞鶴湾（道家ら，1994）や宮津湾（道家ら，1995）で調査されているが、久美浜湾の海藻に関する報告はほとんどなく、田中（1970）がアナアオサ *Ulva pertusa*、アマモ *Zostera marina* の出現について述べているだけである。そこで本研究では久美浜湾の海藻相について調査し、さらにホンダワラ藻場の現存量や生産構造などを調べ、それらと環境要因との関係について考察した。

材料と方法

2005年11月24日に久美浜湾の北岸、東岸、西岸、南岸に調査地点をそれぞれ1カ所ずつ設け（順に St. 1, 2, 3, 4 と記す；Fig. 1）、海藻相と海藻群落の現

存量や生産構造を調査した。各地点で素潜りまたは SCUBA 潜水によって地形の概要を把握した後に、生

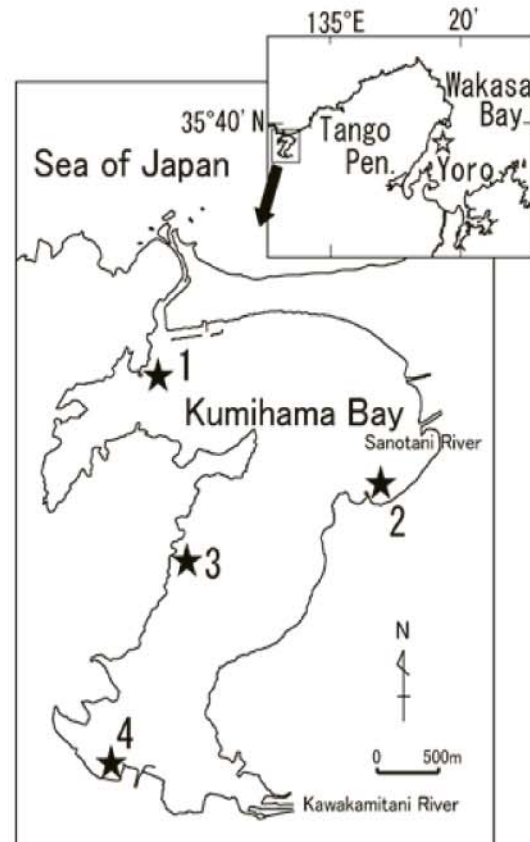


Fig. 1 Location of Kumihama Bay and Yoro (open star), and the four stations (closed star) in Kumihama Bay.

Table 1 List of seaweed species at the four stations in Kumihama Bay

Species/Station	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
Chlorophyceae				
<i>Ulva pertusa</i>	○	○	○	○
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	○	○		○
<i>Cheatomorpha crassa</i>	○			
<i>Cladophora sp.</i>		○	○	
<i>C. opaca</i>		○		
<i>Codium fragile</i>	○			
Phaeophyceae				
<i>Padina arborescens</i>			○	
<i>Colpomenia sinuosa</i>	○		○	
<i>Sargassum confusum</i>	○	○	○	
<i>S. miyabei</i>	○	○	○	○
<i>S. piluliferum</i>	○		○	
<i>S. thunbergii</i>	○	○	○	○
Rhodophyceae				
<i>Gelidium elegans</i>	○	○	○	
<i>Liihophyllum okamurae</i>	○			
<i>Gracilaria vermiculophylla</i>		○		
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>		○		
<i>Champia parvula</i>	○	○		
<i>Ceramium boydenii</i>		○		
<i>C. tenerrimum</i>	○	○	○	○

育している種を目視で判別した。種名は吉田ら (2005) に従った。各地点の水深 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 m において、海藻が繁茂している場所に 50 cm × 50 cm の方形枠を 2 枠ずつ置いて坪刈りした。採集した藻体を種別に分け、基質との付着部位から 10 cm ごとに層別に切り分けて、80°C で 24 時間乾燥させて乾重量を測定した。そして、海藻群落の垂直分布を示す生産構造図 (Monsi und Sacki, 1953; 谷口, 山田, 1978) を各地点、各水深について作成した。

久美浜湾と京都府内の他海域のフシスジモク

Sargassum confusum の形態を比較するため、久美浜湾の St. 1 で採集したフシスジモク 2 個体と、若狭湾に面した宮津市養老地先 (Fig. 1) で 2005 年 10 月 25 日に採集した 2 個体について、主枝基部と上部に形成された葉の長さと同幅、主枝と茎の幅、気胞の直径の合計 7 項目を測定した。なお、久美浜湾のフシスジモクの形態はどの調査地点でも同様であった。

結 果

久美浜湾の 4 地点からは緑藻類 5 属 6 種、褐藻類 3 属 6 種、紅藻類 6 属 7 種の合計 14 属 19 種が出現した (Table 1)。外海とつながる水路に近い St. 1 と湾東岸の St. 2 では 13 種が出現し、湾西岸の St. 3 では 10 種、湾南岸の St. 4 では 5 種が出現した。ホンダワラ属ではフシスジモク、ミヤベモク *Sargassum miyabei*、マメタワラ *S. piluliferum*、ウミトラノオ *S. thunbergii* の 4 種が出現した。St. 1 と St. 3 では 4 種すべてが出現し、St. 2 ではマメタワラを除く 3 種、St. 4 ではマメタワラとフシスジモクを除く 2 種が出現した。

各地点の各水深における単位面積 (1 m²) あたりの現存量 (g dry wt/m², 以下、現存量と記す) を Fig. 2 に、生産構造図を Fig. 3 に示す。現存量が多かった種は、ウミトラノオ、ミヤベモク、フシスジモク、マメタワラ、マクサ *Gelidium elegans*、ミル *Codium fragile* の 6 種であり、その他の種の現存量は 2 g dry wt/m² 未満であった。

St. 1 では岩盤と転石が水深 2.0 m 以深まで分布していたが、海藻類の生育は水深 2.0 m 以浅に限られた。現存量を水深別にみると、水深 1.0 m の 442 g dry wt/m² が最大でついで水深 1.5 m が多く、水深 0.5 m, 2.0 m では 100 g dry wt/m² 未満であった (Fig. 2)。水深 0.5 m でウミトラノオが優占していたが (Fig. 3)、付着藻であるホソジズモ *Cheatomorpha crassa* が岩面およびウミトラノオのほぼ全面を覆って

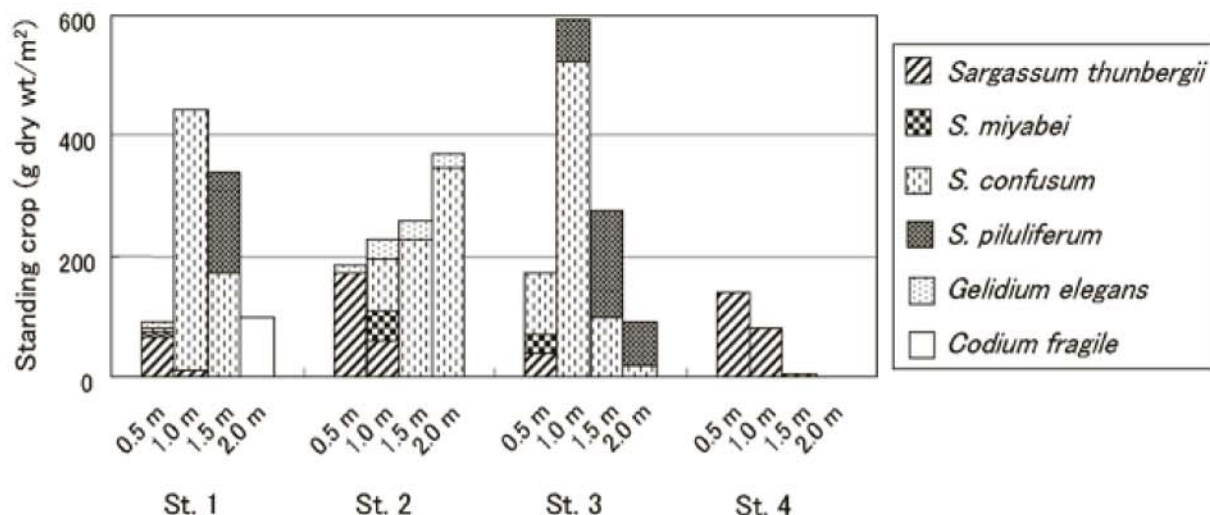


Fig. 2 Standing crop (g dry wt/m²) of seaweed community at each depth in each station.

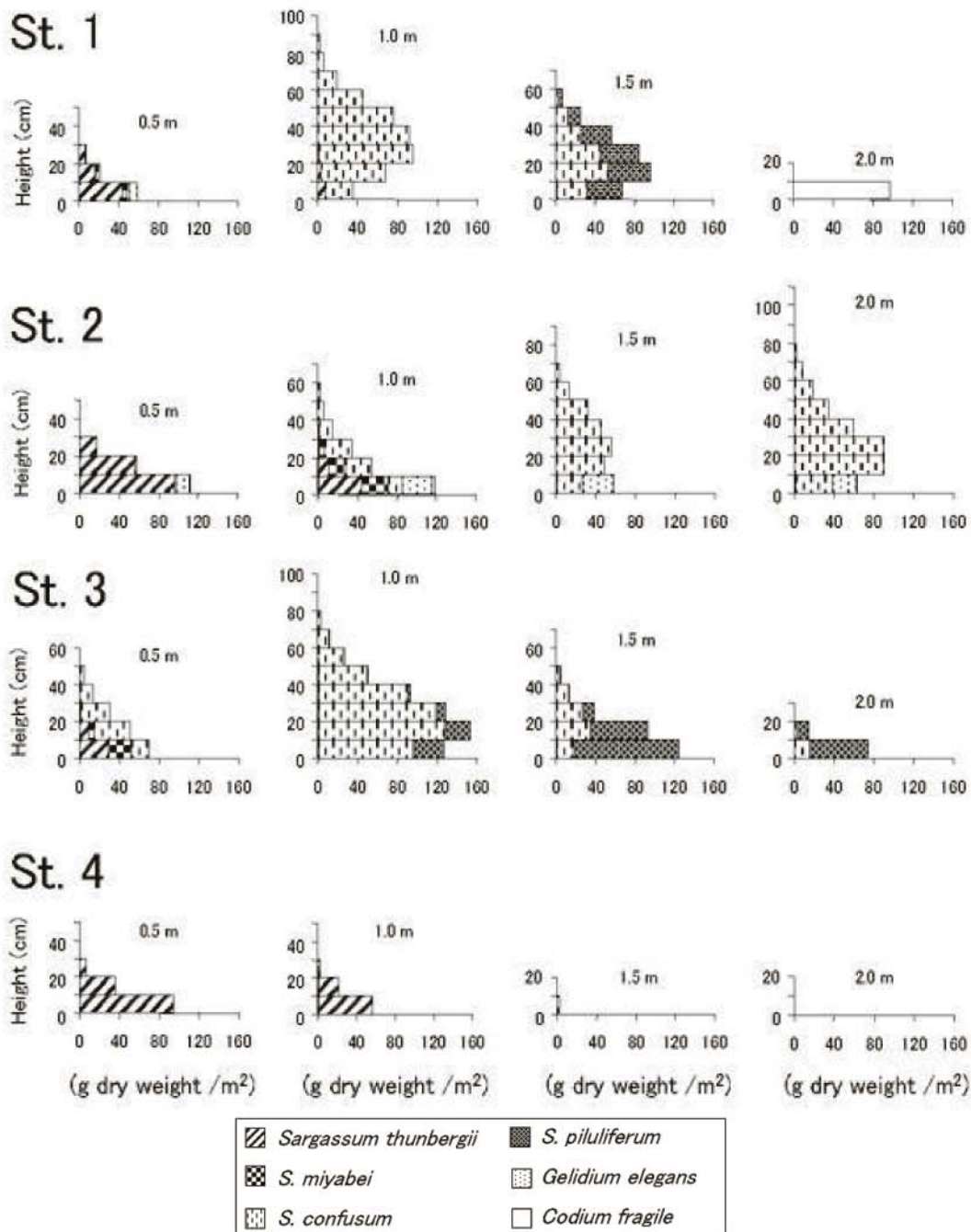


Fig. 3 Productive structure of seaweed community at each depth in each station.

いた。水深 1.0 m ではフシスジモクが優占し、1.5 m ではマメタワラとフシスジモクが混生していた (Fig. 3)。水深 2.0 m ではホンダワラ類が生育せずミルだけが生育した (Fig. 3)。

St. 2 は水深 0.5 m まで人工護岸であり、水深 0.5~1.0 m では砂地から岩盤や転石が露出し、それらに海藻類が生育していた。水深 1.0 m 以深では砂地の中にわずかに転石などが露出する遠浅の地形で、水深 2.0 m 以深においては海藻類の付着基質を見つけることが困難で、その生育を確認できなかった。現存量は水深 2.0 m で最も多く 369 g dry wt/m² であり、水深が浅くなるほど減少した (Fig. 2)。水深 0.5 m で

ウミトラノオが優占し、水深 1.0 m ではウミトラノオとフシスジモクが混生していた。また、水深 1.5 m と水深 2.0 m でフシスジモクが優占していた (Fig. 3)。また、すべての水深帯で下草としてマクサが出現した (Fig. 3)。

St. 3 では岩盤と転石が水深 2.0 m より深所まで分布していたが、海藻類の生育は水深 2.0 m 以浅に限られた。現存量を水深別にみると、水深 1.0 m で最大となり 593 g dry wt/m² であったが、それ以深では減少し、水深 2.0 m の現存量は 90 g dry wt/m² であった (Fig. 2)。水深 0.5 m と水深 1.0 m でフシスジモクが多く、水深 1.5 m と水深 2.0 m でマメタワラが多

かった (Fig. 3)。

St. 4 では水深 1.0 m までがコンクリート製の斜路であり海藻類が生育したが、水深 1.5 m と水深 2.0 m は砂泥底で海藻類が付着できる基質がなかった。現存量は水深 0.5 m の 138 g dry wt/m² が最大であった (Fig. 2)。水深 0.5 m と水深 1.0 m でウミトラノオだけが出現した (Fig. 3)。

久美浜湾におけるホンダワラ属の各種の生育水深帯は、浅所からウミトラノオ、ミヤベモク、フシスジモク、マメタワラの順であったが、フシスジモクやマメタワラが出現しない地点もあった (Figs. 2, 3)。

久美浜湾と養老のフシスジモクの形態測定の結果を Table 2 に示す。久美浜湾のフシスジモクは養老のものより有意に葉長が短く、葉幅が狭く、茎や主枝が細く、気胞が小さかった ($P < 0.05$, Student's *t*-test)。久美浜湾のフシスジモクの葉の長さや幅、主枝と茎の幅の平均値は、養老の 1/2 未満であり、特に久美浜湾の主枝基部の葉の長さの平均値は養老の 1/3 未満であり、両者の差が目立った (Table 2)。

考 察

これまで久美浜湾の海藻については未調査であったが、本研究によって14属19種の生育が確認された。久美浜湾から近く、日本海に直面する網野町五色浜では、1979年10月の調査よりホンダワラ科海藻17種を含む57属91種が報告されている (今野, 中島, 1980)。京都府の内湾域では、1993年5月の舞鶴湾調査からホンダワラ科11種を含む合計43属67種が (道家ら, 1994)、1994年6月の宮津湾調査からはホンダワラ科8種を含む合計32属49種が報告されている (道家ら, 1995)。5, 6月には季節的に出現する海藻が多いので、11月に調査された久美浜湾のものとは出現種数に関して直接比較できないが、種数が季節的に変動しない多年生あるいは真一年生のホンダワラ科に限れば比較できる。久美浜湾で出現したホンダワラ科4種はすべて舞鶴湾と宮津湾でも出現していた (道家ら, 1994, 1995)。それゆえ、久美浜湾の海藻の種数は、外海域はもとより内湾の舞鶴湾や宮津湾よりもかなり少ないといえる。

舞鶴湾や宮津湾の湾奥のホンダワラ藻場ではアキヨレモク、ミヤベモク、ウミトラノオが優占していた (道家ら, 1994, 1995) が、久美浜湾ではフシスジモ

久美浜湾の海藻の種数は塩分、水温、透明度などの環境要因に影響されると考えられる。そこで、これらの環境要因を久美浜湾と舞鶴湾と比較し、久美浜湾における海藻の出現種数が少ない理由を考察する。

久美浜湾内で年4回測定された塩分の年平均値 (1999~2003年度の平均値) は水深 0.5 m で20.5%、水深 1.0 m で21.3%であり、毎月1回測定された水深 0.5 m の水温 (1999~2003年度の各月の平均値) は 4.4°C (2月) から 28.8°C (8月) の範囲内であった (塩分、水温ともに湾内4地点の平均値; 京都府, 2001, 2002a, 2002b, 2004, 2005)。一方、舞鶴湾において隔月で測定された水深 0.5 m の水温 (1999~2003年度の各月の平均値) は 9.9°C (3月) から 26.4°C (9月) の範囲内であった (湾内4地点の平均; 京都府, 2001, 2002a, 2002b, 2004, 2005)。舞鶴湾中部の水深 1 m の塩分は出水後を除いて20%まで低下することはなかった (八谷ら, 未発表)。久美浜湾と舞鶴湾の透明度の年平均値 (1999~2003年度の平均値) を比較すると、久美浜湾では湾口で 2.6 m、湾奥で 2.3 m であり、舞鶴湾の湾奥部から湾中部 (2.0~2.8 m) と同等で湾口部 (4.0 m) よりも低い (京都府, 2001, 2002a, 2002b, 2004, 2005)。以上のように久美浜湾は舞鶴湾と比べて、塩分が低く水温変化が大きく透明度が低い環境である。

Middelboe *et al.* (1998) はデンマーク各地の海藻相を調査し、塩分20%以下の地点では褐藻類と紅藻類の種数が減少するという傾向を示した。また中海・宍道湖においても塩分濃度の低下に伴う海藻相の変化が報告されている (秋山, 1982; 島村, 中村, 1998)。Mathieson *et al.* (1981) はアメリカ東岸の Great Bay Estuary System およびその沿岸の海藻相を調べ、水温変化が大きくなることも、塩分低下ほどではないが、海藻の種数を減少させることを示した。

海藻の生育下限水深は透明度などによって制限される (坂西, 飯泉, 2004) ため、久美浜湾の海藻類の生育は浅所に限定されている。舞鶴湾の湾口部では水深 3 m 地点でホンダワラ科海藻の被度が40%以上 (道家ら, 1994) であるが、久美浜湾の St. 1 と St. 3 では水深 1.5~2.0 m より深所には基質が存在してもホンダワラ科海藻が生育していなかった。海藻類の生育できる安定した硬い基質が少ない地点では海藻の種数も少ないことが報告されている (Middelboe *et al.*, 1998)。

Table 2 Morphological comparisons of *Sargassum confusum* in Kumihama Bay and Yoro

	Length of leaf (mm)		Width of leaf (mm)		Width of main branch (mm)	Width of stem (mm)	Diameter of vesicle (mm)
	Basal part of main branch	Upper part of main branch	Basal part of main branch	Upper part of main branch			
Kumihama Bay	27.3 (6.5)	21.6 (6.7)	5.1 (1.9)	2.8 (0.9)	0.9 (0.3)	1.5 (0.9)	2.9 (0.5)
Yoro	90.5 (11.2)	58.6 (13.7)	13.7 (1.7)	6.9 (1.4)	1.9 (0.6)	3.4 (0.5)	3.8 (0.6)

Figures indicate Mean (SD) in mm.

久美浜湾では低透明度のために海藻類の生育が浅所に限られ、その浅所の底質も砂泥が多く海藻が生育できる基質が少ない。以上のように、久美浜湾で生育できる海藻の種数は、塩分、水温、透明度および基質面積の点から、舞鶴湾よりも少なくなっていると考えられた。

久美浜湾は河川水が流入する閉鎖性内湾なので栄養塩濃度が比較的高いと考えられる。このような環境ではホソジズモ、アナアオサ、ボウアオノリ *Enteromorpha intestinalis* のように生殖細胞が発芽してから成熟に達するまでの時間が短い生活史特性を持った種が優占しやすい (Littler and Murray, 1975)。このような種は大型海藻の付着藻となる場合もあり、広島湾ではノコギリモクの季節消長に対する付着藻の増殖の影響が報告されている (吉田ら, 2005)。久美浜湾でも St. 1 においてウミトラノオがホソジズモに全面的に覆れており、ウミトラノオの生育はホソジズモの付着によっていくらか影響されていると考えられる。今後、久美浜湾のホンダワラ藻場の消長を観察する場合には、付着藻の増減にも注目する必要があるだろう。

久美浜湾のフシスジモクの各部位の形態は養老のものとは有意に異なっていた。京都府各地の藻場調査での目視観察や過去に残された標本においても、久美浜湾でみられたような形態のフシスジモクは、久美浜湾以外からは見つかっていない (八谷, 未発表)。フシスジモクはもともと形態の変異が大きく (吉田, 1985)、成熟期に関しても春から夏 (津田, 赤池, 2001; 四井ら, 1984) と、秋 (筒井, 新井, 1996) のものがある。フシスジモクと同じヒバマタ目の *Fucus vesiculosus* では、塩分濃度の低い地点とそれ以外の地点で形態が異なることが報告されている (Kalvas and Kautsky, 1998)。さらに、フシスジモクには種内で分化した群が存在する可能性があり、種以下の分類の検討が望まれている (新井ら, 1996)。そこで、久美浜湾のフシスジモクについても、他海域の個体群と遺伝的分化や低塩分耐性を比較することにより、局所個体群の分化等に関して新たな知見が得られることが期待される。

文 献

秋山 優. 1982. 中海・宍道湖の藻類. 遺伝, **36** (10): 90-94.
新井章吾, 筒井 功, 寺脇利信. 1996. 能登半島に生育するホンダワラ類の概要と生態的視点を背景とした検索表. のと海洋ふれあいセンター研報, (2): 7-16.
道家章生, 宗清正廣, 辻 秀二, 井谷匡志. 1994. 京都府の海藻 I. 舞鶴湾の海藻分布. 京都海洋セ研報, **17**: 72-79.
道家章生, 宗清正廣, 辻 秀二, 井谷匡志. 1995. 京

都府の海藻 II. 宮津湾の海藻分布. 京都海洋セ研報, **18**: 22-27.
布施慎一郎. 1962. ガラモ場における動物群集. 生理生態, **11**: 23-45.
Kalvas A., Kautsky L. 1998. Morphological variation in *Fucus vesiculosus* populations along temperature and salinity gradients in Iceland. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **78**: 985-1001.
今野敏徳, 中島 泰. 1980. 丹後半島五色浜周辺 (京都府網野町海中公園地区候補地) の海藻植生について. 海中公園センター調査報告, **69**: 24-52.
京都府. 2001, 2002a, 2002b, 2004, 2005. 平成11, 12, 13, 14, 15年度公共用水域および地下水の水質測定結果. 京都府企画環境部環境管理課, 京都.
Littler M.M., Murray S.M. 1975. Impact of sewage on the distribution, abundance and community structure of rocky intertidal macro-organisms. *Mar. Biol.*, **30**: 277-291.
Mathieson A.C., Reynolds N.B., Hehre E.J. 1981. Investigations of New England marine algae II: The species composition distribution and zonation of seaweeds in the Great Bay Estuary System and the adjacent open coast of New Hampshire. *Bot. Mar.*, **24**: 533-545.
Middelboe A.L., Sand-Jansen K., Krause-Jansen D. 1998. Patterns of macroalgal species diversity in Danish estuaries. *J. Phycol.*, **34**: 457-466.
Monsi M., Sacki T. 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jap. J. Bot.*, **14**: 22-52.
大野正夫. 1981. ガラモ場内の環境. 「藻場・海中林」 (日本水産学会編). 75-92. 恒星社厚生閣, 東京.
坂西芳彦, 飯泉 仁. 2004. 北海道根室半島沿岸の水中光量子量—コンブ目藻類の生育限界水深との関係—. 藻類, **52**: 141-148.
島村京子, 中村幹雄. 1998. 汽水湖中海における海藻・海草類の分布と現存量. 水産増殖, **46**: 219-224.
田口 寛, 井上知明. 2005. 北部閉鎖性海域の溶存酸素の鉛直分布調査結果について—久美浜湾—. 京都府保環研年報, **50**: 87-94.
田中俊次. 1970. 久美浜湾の漁場環境. 京水試業績, **36**: 15-59.
谷口和也, 山田悦正. 1978. 能登飯田湾の漸深帯における褐藻ヤツマタモクとノコギリモクの生態. 日水研報告, **29**: 239-253.
津田藤典, 赤池章一. 2001. 北海道積丹半島西岸におけるフシスジモク群落の生活年周期と生産量. 水産増殖, **49**: 143-149.

筒井 功, 新井章吾. 1996. 九十九湾で観察された秋に成熟するフシスジモク. のと海洋ふれあいセンター研報, (2): 71-75.

吉田吾郎, 新村陽子, 内村真之, 玉置 仁, 梶田淳, 村瀬 昇, 寺脇利信. 2005. 広島湾・阿多田島におけるノコギリモクの季節消長—3年間のモニタリングから—. 藻類, 53: 126.

吉田忠生. 1985. ホンダワラ類の分類と分布 (5),

Teretia 節の種類 1. 海洋と生物, 37: 106-109.

吉田忠生, 畠田 智, 吉永一男, 中島 泰. 2005. 日本海藻目録 (2005年改訂版). 藻類, 53: 179-228.

四井敏雄, 中村伸司, 前迫信彦. 1984. 長崎県野母崎沿岸におけるホンダワラ 8 種の成熟期. 長崎水試研報, 10: 57-61.