

# 舞鶴湾におけるアマモ群落の特徴— I

—密度, 現存量, 草丈組成の季節変化—

道家章生  
井谷匡志  
葭矢護



舞鶴湾のアマモ場を周年調査し, アマモの出現形態別の季節的な動態と水温との関係を検討した。

栄養株: 水温 20°C から 9°C に降温する期間には, 分枝による密度の増加と草丈の生長がみられるが, 現存量の増加は小さい。水温が 9°C から 13°C に昇温する期間には, 実生株の発芽による密度の増加がみられるが, 実生株以外の草丈の生長と現存量の増加は小さい。水温が 13°C から 23°C に昇温する期間には, 実生株以外の草丈が最大まで生長することにより現存量が最大値まで増加する。水温が 23°C から 25°C に昇温する期間には, 密度と現存量の減少がみられるが, 草丈が減少しないことから, 現存量の減少規模は小さい。水温が 25°C から 23°C に降温する期間には, 密度と草丈の減少により現存量が著しく減少する。

生殖株: 水温 10°C から 11°C に花穂の形成, 水温 11°C から 16°C に開花と受精, 水温 16°C から 23°C に種子の形成, そして水温 23°C から 25°C に種子の放出が起こる。

舞鶴湾のアマモ群落の特徴として, 他の内湾性海域と比較して生殖株の出現割合が高いこと, 現存量の最大値が高いことが明らかになった。

アマモ *Zostera marina* は, 北半球の太平洋, 大西洋沿岸に分布し (PHILLIPS and MENEZ, 1988), 日本沿岸では北海道から南九州までその分布が確認されている (MIKI, 1933)。本種は浅海砂泥域にアマモ場と呼ばれる海草群落を形成し, 水産上有用な魚類の幼稚仔生息場 (布施, 1962; KIKUCHI, 1966) としての機能を有する。同時に, 枯死脱落した草体がデトリタスとなって海域の基礎生産力となっている点 (向井, 1982), 栄養塩の取り込みによる水質浄化機能という環境保全の点 (飯泉, 1989) からも注目されている。しかし, 沿岸浅海域の開発等に伴い, 環境変化の影響を受けやすいアマモ場の減少が全国的に問題となっており, その維持や増殖をはかるために各海域における本種の周年を通じた生態把握が急務となっている。京都府では宮津湾 (道家ほか, 1995), 舞鶴湾 (古旗・岩見, 1965; 入江・梅崎, 1981), 久美浜湾 (田中, 1970), 阿蘇海 (中津川, 1980) でアマモ場を確認しているが, 同一場所でも年間を通して群落の密度, 現存量, 草丈組成を追跡した報告はない。今回, 舞鶴湾に形成されているアマモ場を周年調査し, 本種の季節的な動態を明らかにしたので報告する。

## 材料と方法

調査は1996年4月から1997年4月にかけて Fig. 1 に示した舞鶴湾の白浜地先で行なわれた。この地先のアマモ場は水深（舞鶴湾平均水面下）1~2 m に形成されており、その水深約 1.5 m において杵取りを毎月1回行った。杵取りには 0.25 m×0.25 m の杵を使用し、4 杵内に出現したアマモについて地下茎の最初の節から上の部分を毎月1回 SCUBA 潜水により採集した。アマモの出現形態には栄養繁殖を行う栄養株、有性生殖を行う生殖株がある。さらに、栄養株のうち、種子から発芽して分枝するまでの初期段階の株は、栄養株と区別して実生株とされている。採集したアマモを栄養株、生殖株、実生株に選別したのち、種類別に株数の計数と地下茎の最初の節から葉の先端までを最大草丈として測定した。これらのアマモを24時間以上風乾したのち、80°C で8時間乾燥して重量を測定し、現存量（乾燥重量/m<sup>2</sup>）を求めた。生殖株については、川崎ほか（1988）の方法で花穂の状態をⅠ（花穂形成中）、Ⅱ（開花前）、Ⅲ（開花中）、Ⅳ（種子形成前）、Ⅴ（種子形成）、Ⅵ（種子放出）の6段階に分類した。また、1996年6月には生殖株1本あたりの花穂数と花穂1本あたりの種子数を計数した。

各調査時にはアマモ場の沖で、STD（アレックス電子製）を用いて水深 1 m 層の水温と塩分を測定した。

## 結果

**水温と塩分の季節変化** 1996年4月から1997年4月までの水深 1 m 層における水温と塩分の変化を Fig. 2 に示した。水温は1996年4月には約 13°C を示した。その後、水温は上昇傾向を示し、7月から8月にかけて約 25°C に昇温して、最高水温を示した。9月以降水温は下降傾向を示し、1997年1月に 9°C まで降温して、最低水温を示した。1月以降、水温は再び上昇傾向を示し、4月に 13°C まで上昇した。調査期間中の塩分は29から33の範囲にあった。

**密度と現存量の季節変化** 1996年4月から1997年4月までのアマモの密度と現存量の変化を Fig. 3 に示した。アマモの密度と現存量は1996年4月には308株/m<sup>2</sup>と342 g/m<sup>2</sup>であったが、栄養株と生殖株の増加により6月には412株/m<sup>2</sup>と678 g/m<sup>2</sup>まで上昇した。7月には生殖株の消失と栄養株の減少により180株/m<sup>2</sup>と388 g/m<sup>2</sup>まで著しく減少した。7月以降は密度が栄養株の引き続き減少により緩やかに減少したのに対して、現存量が8月以降に著しく減少し、9月に最低値の140株/m<sup>2</sup>と70 g/m<sup>2</sup>となった。

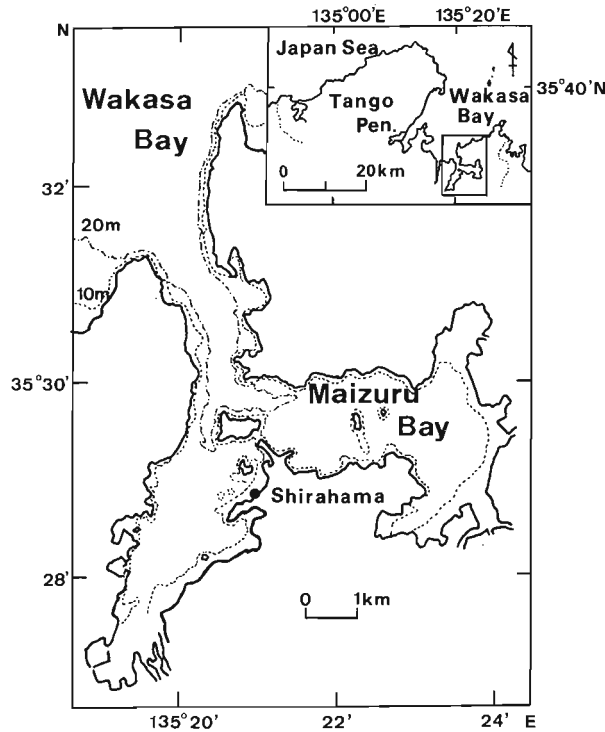


Fig. 1. A map showing survey area.

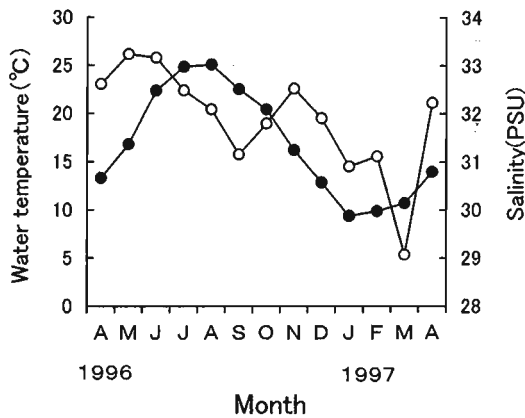


Fig. 2. Monthly variations in water temperature and salinity (PSU) at 1 m in depth at the survey site from April 1996 to April 1997. Closed and open circles indicate water temperature and salinity (PSU), respectively.

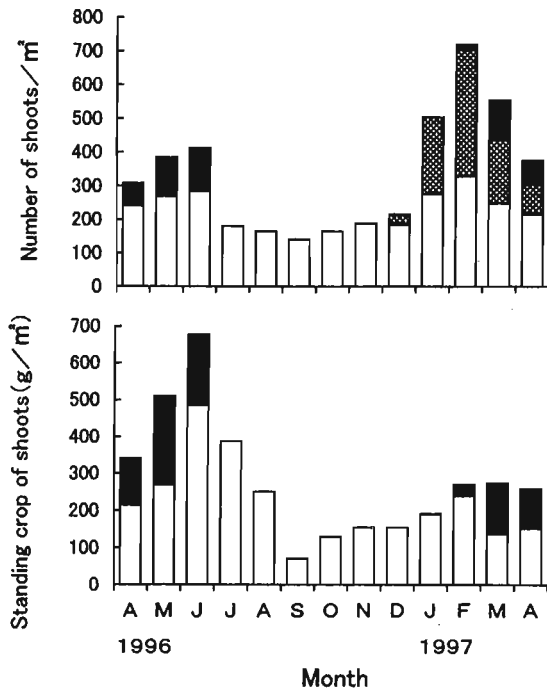


Fig. 3. Monthly variations in density (shoot/m<sup>2</sup>) and standing crop (dry weight/m<sup>2</sup>) of eelgrass at the survey site from April 1996 to April 1997. Open, closed and shaded columns indicate vegetative shoot, reproductive shoot and seedling shoot, respectively.

10月以降、栄養株は増加傾向に転じ、10月から12月までの密度と現存量は緩やかな増加傾向を示し、12月には実生株の添加も認められた。1997年1月には実生株の添加と栄養株の増加により、密度は著しく増加し、2月に最高値の720株/m<sup>2</sup>となった。しかし、現存量の場合は添加した実生株の乾燥重量がわずかであったために、この間には緩やかな増加傾向を示すにとどまった。2月以降は生殖株の出現がみられたが、実生株の減少により全体の密度は減少した。現存量の場合は、この間 270~275 g/m<sup>2</sup>と横ばい傾向を示した。

**生殖株の出現割合と花穂の成熟状況** 1996年4月から1997年4月までの全体に占める生殖株の出現割合と花穂の成熟段階別出現割合を Fig. 4 に示した。生殖株は1996年4月から6月までの期間および1997年2月から4月までの期間に出現し、生殖株の出現割合は2~31%であった。

花穂は2月から3月に形成され、開花は4月、種子は5月から6月に形成された。しかし、種子がすべて放出された状態の生殖株は確認されなかった。1996年6月時点での生殖株1本あたりの平均花穂数(±標準偏差)は15.2(±1.5)本、花穂1本あたりの平均種子数(±標準偏差)は8.6(±1.4)個であった。

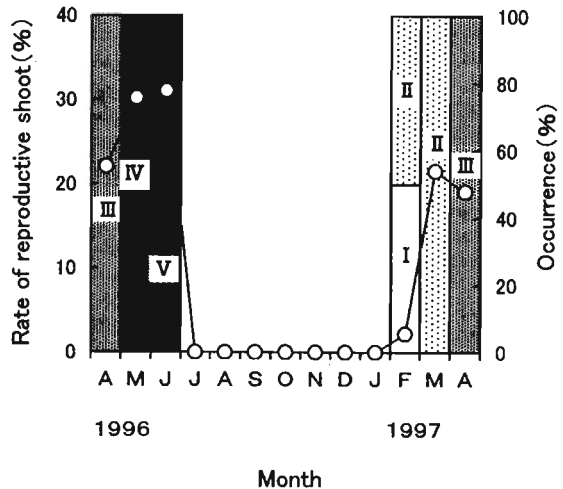


Fig. 4. Monthly variations in occurrence of percentage numbers of spadices at various flowering stages and rate of reproductive shoot at survey site from April 1996 to April 1997. Flowering stages of eelgrass inflorescence were followed by KAWASAKI's classification (1988). I: immature anthers and pistils, II: mature anthers and pistils, III: flattening thecae, IV: no anthers and undeveloped seeds, V: ripe fruit, VI: release of seeds.

草丈組成の季節変化 1996年4月から1997年4月までの形態別の草丈組成を Fig. 5 に示した。栄養株の草丈については1996年4月から7月にかけてモードが90~100 cm から120~130 cm に増加したが、7月から9月にかけてその値は120~130 cm から30~40 cm まで減少した。特に、7月にみられた100 cm から150 cm の株が8月には消失し、8月にみられた60 cm から100 cm の株が9月には消失した。10月になるとモードは80~90 cm まで増加したが、その後はモードの増加はみられず、100 cm を越える株が増加したのは1997年3月以降であった。10月の草丈組成には、80~90 cm にモードをもつ株とは別に30~40 cm にもう一つのモードをもつ株がみられ、それらの株は1997年1月にかけて出現率が增加する傾向がみられた。

生殖株の草丈については1996年4月から5月にかけて100 cm から150 cm の株の出現割合が高かった。しかし、

6月には150 cm 以上の株も出現したが、この時点で先枯れや花穂が流出している株が多くなり、110 cm 以下の株の出現割合が増加した。7月から1997年1月までは生殖株は出現しなかったが、1997年2月には80 cm から100 cm の株が出現し、4月には再び100 cm から150 cm の株の出現割合が増加した。

実生株の草丈については、1996年12月から1997年1月までは10 cm 以下の株のみが出現したが、2月以降には10 cm から20 cm の株が増加した。

### 考察

アマモの生育に悪影響をおよぼす水温、塩分条件は30°C 以上の高水温や5°C 以下の低水温、34以上の高塩分や17以下の低塩分とされている(川崎ほか, 1986)。今回

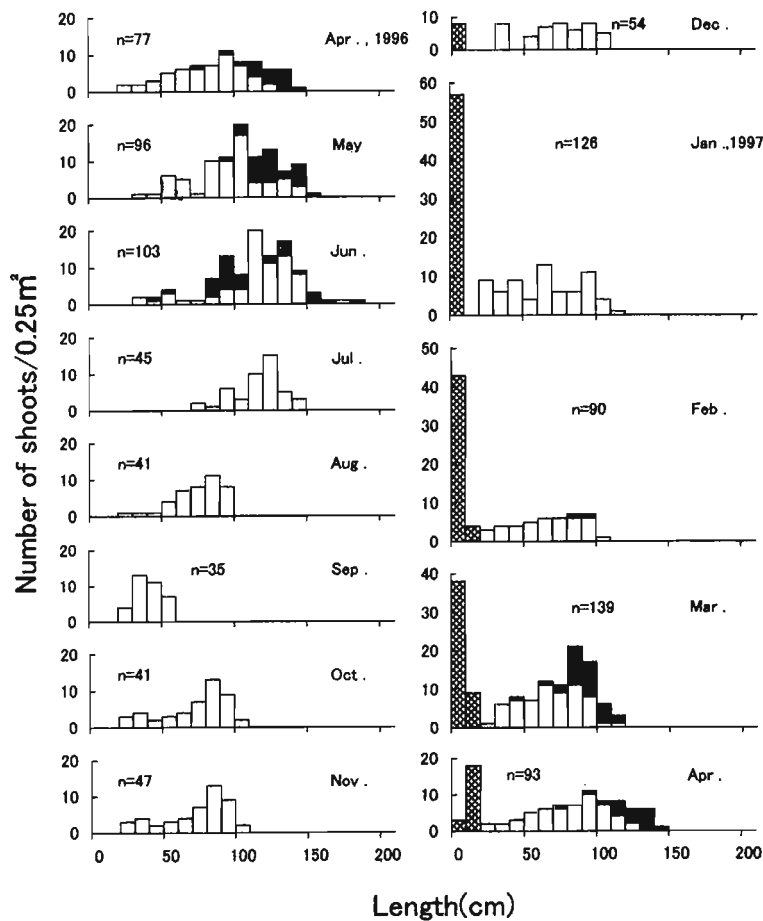


Fig. 5. Frequency distribution of shoot length of eelgrass at the survey site from April 1996 to April 1997. Open, closed and shaded columns indicate vegetative shoot, reproductive shoot and seedling shoot, respectively.

の調査では、舞鶴湾の水温と塩分は9~25°C、29~33の範囲であり (Fig. 2)、今回の調査でみる限り、舞鶴湾ではアマモの生育に影響を与えるような水温、塩分は観測されなかった。

アマモは水温下降期に地下茎の伸長に伴う分枝により株数が増加することが知られている (植木, 1991; 川端ほか, 1993; 寺脇ほか, 1984)。今回の調査においても、10月から1月にかけての水温下降期に栄養株の密度の増加が確認された (Fig. 2, 3, 5)。したがって、この間にみられた栄養株の密度の増加は、栄養繁殖による株数の増加に基づくものと考えられる。また、室内実験において、アマモは水温15°Cまでに開花し、水温19~23°Cで種子が成熟することが報告されている (幡手, 1974)。今回の調査においても、水温が16°Cに昇温する間に開花が認められ、水温が23°Cに昇温する間に種子が形成された (Fig. 2, 4)。したがって、天然海域においても上述の室内実験と同様の結果が得られたことより、アマモの種子の形成と水温には密接な関係があると考えられる。川崎ほか (1986) は、アマモの発芽、栄養生長、有性生殖には水温が重要な要因となっているとしており、今回の調査結果もこれを支持するものである。そこで、今回の結果および既往の知見に基づいて舞鶴湾における水温変化 (Fig. 2) とアマモの出現形態別の季節的な動態について以下に整理する。

①栄養株：水温が20°Cから9°Cに降温する期間には、密度の増加や降温初期に草丈の生長がみられるが、現存量の増加は小さい。水温が9°Cから13°Cに昇温する期間には、実生株の発芽による密度の増加がみられるが、実生株以外の草丈の生長や現存量の増加は小さい。水温が13°Cから23°Cに昇温する期間には、実生株以外の草丈が最大まで生長することにより現存量が増加し、最大値を示す。水温が23°Cから25°Cに昇温する期間には、密度の減少

により現存量の減少がみられるが、草丈が先枯れすることなく残存することから、現存量の減少程度は小さい。水温が25°Cから23°Cに降温する期間には、密度の減少と残存個体の先枯れにより現存量が著しく減少する。

②生殖株：水温が10°Cから11°Cに昇温する期間には、生殖株が出現して花穂が形成されるとともに、草丈は最大まで生長する。水温が11°Cから16°Cに昇温する期間には、開花と受精が行われ、水温が16°Cから23°Cに昇温する期間には、種子が形成され、現存量が最大値を示す。水温が23°Cから25°Cに昇温する期間には、株の先枯れとともに種子が放出される。

次に、今回の調査で明らかとなった舞鶴湾におけるアマモの生活史を内湾性の他海域のそれと比較する (Table 1)。比較した海域は福井県の小浜湾 (Miki, 1933)、愛知県の三河湾 (新崎, 1950)、山口県の柳井湾 (川端ほか, 1990)、神奈川県の小田和湾 (Atoi, 1980; 川崎ほか, 1988)、北海道の野付湾 (水島, 1985)、石川県の飯田湾 (谷口・山田, 1979) である。舞鶴湾における生殖株の出現時期 (2月)、種子形成時期 (5~6月)、発芽時期 (12~2月) は北海道の野付湾を除き小浜湾 (2月, 7月, 12~2月)、三河湾 (1月, 4~5月, 12~4月)、柳井湾 (3月, 6~7月, 11~2月)、小田和湾 (2月, 6月, 12~1月)、飯田湾 (4月, 6月, 2~3月) のそれらとほぼ同時期である。また、生殖株1本あたりの花穂数 (15.2本/生殖株) と花穂1本あたりの種子数 (8.2個/花穂) も各海域 (7~16本/生殖株, 3~13個/花穂) で大きな相違がみられない。

一方、舞鶴湾における生殖株の出現割合は、調査期間を通して2~31%であり、そのうち1996年5~6月は30~31%であった (Fig. 4)。これに対して、野付湾と小田和湾でのそれは0~28%と8~14%であり、両湾以外の海域で

Table 1. Comparison in the life cycle of eelgrass between Maizuru Bay and other sea areas. N.D. indicates no data

Item	Area Prefecture	Maizuru Bay Kyoto	Obama Bay Fukui	Mikawa Bay Aichi	Yanai Bay Yamaguchi	Odawa Bay Kanagawa	Iida Bay Ishikawa	Notsuke Bay Hokkaido
Apperance of reproductive shoot		Feb.	Feb.	Jan.	Mar.	Feb.	Apr.	May
Rate of reproductive shoot (%)		2-31	N.D.	N.D.	N.D.	8-14	N.D.	0-28
Formation of seed		May-Jun.	Jul.	Apr.-May	Jun.-Jul.	Jun.	Jun.	N.D.
Germination		Dec.-Feb.	Dec.-Feb.	Dec.-Apr.	Nov.-Feb.	Dec.-Jan.	Feb.-Mar.	N.D.
Number of spadix/shoot		15.2	N.D.	7-16	15	N.D.	N.D.	N.D.
Number of seed/spadix		8.6	N.D.	3-11	10-13	N.D.	N.D.	N.D.
Max standing crop (g/m <sup>2</sup> )		678	N.D.	N.D.	N.D.	193	140	600
Density at max. standing crop (shoot/m <sup>2</sup> )		412	N.D.	N.D.	N.D.	500	347	350

も生殖株の出現割合が10%を超えることはほとんどない(向井, 1982)。したがって、舞鶴湾における1996年5~6月の同数値30~31%は他海域と比較して高い数値を示している。このように他海域と比較して舞鶴湾でアマモの生殖株がより多く出現する理由については現時点では明らかではない。しかし、上述のように野付湾の場合でも生殖株の出現割合が0%の場所や28%と比較的高い場所が確認されている(Table 1)ことや、生殖株は前年以前に栄養繁殖により維持された個体から形成され、その年に発芽した実生株が生殖株を形成することはほとんどない(新崎, 1950; 川端ほか, 1990)ことから判断して、生殖株の出現割合は海域によって差が生じるというよりも、海域内の場の特性や群落内での実生株の占める割合の多寡により変動する可能性が高いと考えられる。

舞鶴湾におけるアマモの現存量の最高値(678g/m<sup>2</sup>)とその時の密度(412株/m<sup>2</sup>)を他海域と比較すると、株密度については各海域(347~500株/m<sup>2</sup>)とも大きな差は認められなかったが、現存量については舞鶴湾と野付湾の数値が小田和湾と飯田湾のそれ(140~193g/m<sup>2</sup>)より大きく、1株あたりの個体重量が重いことが示唆される。個体重量を左右する要因として、株の草丈について着目し、株の草丈の知見が得られている舞鶴湾、同湾と同じ中部日本海に位置する飯田湾および野付湾における株の草丈を比較した。その結果、飯田湾では草丈50~100cmの株が主体(谷口・山田, 1979)であるのに対して、舞鶴湾では草丈90~150cmの株(Fig. 3)が、野付湾では草丈80~120cmの株が主体(水島, 1985)であり、明らかに舞鶴湾と野付湾のものが飯田湾のものより草丈が大きかった。したがって、各海域でみられる現存量の最高値の差は株の草丈の違いによって生じるものと考えられる。Aioi (1980)は小田和湾のアマモについて、地下茎部分と株部分の現存量に占める割合と底質との関係に着目し、その林冠構造(Canopy structure)を現存量のうち①地下茎部分の比率の高いタイプ、②株部分の比率の高いタイプ、③これらの中間タイプの3タイプに分け、砂域には①タイプ、泥域には②タイプ、砂泥域には③タイプが卓越すると特徴づけている。Aioi (1980)にしたがえば、各海域でみられる現存量の最高値の差は各海域の底質の差に基づくのではないかと考えられる。

以上のように、今回の調査によって舞鶴湾内のアマモ群落の季節的な動態とその特徴を明らかにした。今後は、これらの特徴に応じた増殖手法を確立するとともに、同湾内においてアマモの分布がみられない場所に着目し、アマモの分布を制限している要因を明らかにしていきたい。

## 文献

- Aioi, K.. 1980. Seasonal change in the standing crops of eelgrass (*Zostera marina* L.) in Odawa Bay., Central Japan. *Aquat., Bot.*, **8**: 343-354.
- 新崎盛敏. 1950. アマモ, コアマモの生態(II). *日水誌*, **16**(2): 70-76.
- 道家章生・宗清正廣・辻 秀二・井谷匡志. 1995. 京都府の海藻—II 宮津湾の海藻の分布. *京都海洋セ報*, **18**: 22-27.
- 福田富男. 1987. アマモ場造成に関する研究—Ⅷ 播種によるアマモ場造成手法. *岡山水試報*, **2**: 35-37.
- 布施慎一郎. 1962. アマモ場における動物群集. *生理生態*, **11**: 1-22.
- 幡手格一・上城義信・小川和敏・国武和人. 1974. アマモの増殖に関する研究—I 種子の採集とその発芽および生長について. *栽培技研*, **3**(1): 123-131.
- 入江隆彦・梅崎 勇. 1981. 舞鶴湾の海藻の分布について. *北水研報*, **46**: 47-55.
- 飯泉 仁. 1989. 海草類の栄養塩取り込みについて. *月刊海洋*, **21**(6): 317-321.
- 川端豊喜・長谷川恒孝・富田伸明. 1990. 柳井湾におけるアマモの生長様式とアマモ場造成試験. *沿岸海洋研究ノート*, **27**(2): 146-156.
- 川端豊喜・茅田弘荘・乾 政秀・平山和次. 1993. 柳井湾における春期から夏期のアマモ *Zostera marina* の生長様式. *日水誌*, **59**(3): 445-453.
- 川崎保夫・飯塚貞二・後藤 弘・寺脇利信・下茂 繁. 1986. アマモへの温度の影響 I. 発芽と発芽体の生長. *電力中研研報*, 485028, 18 pp.
- 川崎保夫・寺脇利信・飯塚貞二・後藤 弘・下茂 繁. 1986. アマモへの温度の影響 II. 栄養株の生長と有性生殖. *電力中研研報*, 486019, 23 pp.
- 川崎保夫・飯塚貞二・後藤 弘・寺脇利信・渡辺康憲・菊池弘太郎. 1988. アマモ場造成法に関する研究. *電力中研研報*, U14, 231 pp.
- 川崎保夫・石川雄介・丸山康樹. 1990. アマモ場造成の適地選定方法. *沿岸海洋研究ノート*, **27**(2): 136-145.
- KIKUCHI, T.. 1966. An ecological study on animal communities of the *Zostera marina* belt in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. *Public. Amakusa Mar. Biol. Lab., Kyushuuniv.*, **1**(1), 1-106.
- 古旗喜太夫・岩見喜作. 1965. 舞鶴湾漁業開発総合調査報告書, 大型海藻の分布調査. *京水試業績*, **26**: 57-

- 79.
- Miki, S. 1933. On the Sea-Grasses in Japan (I) *Zostera* and *Phyllospadix*, with Special Reference to Morphological Ecological Characters. Bot. Mag., 47: 842-862.
- 水島敏博. 1985. 野付湾のアマモ現存量と生産量の季節変化. 北水報, 27: 111-118.
- 向井 宏. 1982. アマモ (*Zostera marina* L.) の生態と生理. 漁場環境調査検討事業藻場特別部会昭和56年度報告, 日本資源保護協会, 1-48.
- 中津川俊雄. 1980. 藻場を中心とした阿蘇海における出現魚類について. 京都海洋セ研報, 4: 57-67.
- PHILLIPS, C.R. and MENEZ, G.E.. 1988. Seagrasses, Smithsonian Contributions to the Marine Sciences No. 34. 104 pp. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C..
- 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. 1979. 能登飯田湾におけるアマモとその他海産顕花植物の垂直分布と生活史. 日水研報, 30: 111-122.
- 寺脇利信・川崎保夫・飯塚貞二. 1984. 電源立地点の藻場造成技術の開発 第1報 アマモの移植時期について. 電力中研研報, 484011, 23 pp.
- 植木範行. 1991. 株分けによるアマモの栽培について. 岡山水試報, 6: 69-71.

### Synopsis

#### Some Aspects of Eelgrass (*Zostera marina*) Communities in Maizuru Bay—I

—Monthly Variations of Density, Standing Crop and Frequency Distribution of Shoot Length—

Akio DOUKE, Masashi ITANI and Mamoru YOSHIYA

Relationship between water temperature at 1 m in depth and seasonal variation in density, standing crop (aboveground) and distribution of shoot length of vegetative, reproductive and seedling shoots at a eelgrass (*Zostera marina*) community in Maizuru Bay were studied from April 1996 to April 1997.

Seasonal variation of the vegetative shoot characterizes five periods by water temperature. The periods are as follows: ① increase of the shoot density by vegetative propagation and the shoot length (The period when water temperature falls from 20°C to 9°C). ② increase of the density of seedling shoot by germination and moderate growth of the shoot length except for the seedling shoot (The period when water temperature rises from 9°C to 13°C). ③ showing the maximum standing crop by full-grown of shoot length except for the seedling shoot (The period when water temperature rises from 13°C to 23°C). ④ decrease of the standing crop by defoliation of shoot (The period when water temperature rises from 23°C to 25°C). ⑤ showing the minimum standing crop by defoliation and/or decay of the tip of the shoot (The period when water temperature falls from 25°C to 23°C).

Seasonal variation of the reproductive shoot characterizes four periods by water temperature. The periods are as follows: ① formation of spadices and full-grown of shoot length (The period when water temperature rises from 10°C to 11°C). ② inflorescence and fertilization (The period when water temperature rises from 11°C to 16°C). ③ formation of seeds and showing the maximum standing crop (The period when water temperature rises from 16°C to 23°C). ④ release of seeds and defoliation of the shoot (The period when water temperature rises from 23°C to 25°C).

It was found as aspects of a eelgrass (*Zostera marina*) community in Maizuru Bay that occurrence of reproductive shoot and the maximum standing crop showed higher values compared with other inner sea area.