

若狭湾西部海域における褐藻クロメの分布特性および季節的消長

西垣友和, 道家章生

Bathymetric distribution and phenology of *Ecklonia kurome* in the western Wakasa Bay, the Sea of Japan.

Tomokazu Nishigaki and Akio Douke

Bathymetric distribution of large brown algae, and temporal variation in growth and maturation of *Ecklonia kurome* is reported from July 2012 to July 2013 off the southeast coast of Isokatsura-jima, western Wakasa Bay, in the Sea of Japan. In waters shallower than 4.5 meters, Sargassacean species were dominant, whereas *E. kurome*, *Sargassum ringgoldianum* ssp. *coreanum* and *S. macrocarpum* characterized deeper waters. Lengths of central lamina and longest lateral pinna and wet weight of *E. kurome* were greatest in early summer (May–June), and least in winter (December–February). Sorus formation was observed between October and December.

キーワード：クロメ, 季節的消長

カジメ属褐藻クロメ *Ecklonia kurome* は、主に、紀伊半島潮岬から宮崎県中部までの太平洋岸、瀬戸内海、天草諸島以北の九州西岸および新潟県南部以西の日本海沿岸に断続的に分布し、生育地ごとに形態および生態が多様である（寺脇, 新井, 2004）。カジメ属・アラメ属海藻類の群落は海中林と呼ばれ、アワビ類やサザエ *Turbo cornutus*、ウニ類など多様な生物の餌場、生息場、隠れ場および産卵場として利用され、沿岸漁業でもっとも主要な漁場となっている（谷口, 1998）。また、近年ではクロメの食用としての価値の高さから養殖技術の開発も進められている（西垣ら, 2006）。海中林の保全、造成や養殖技術開発のためには、対象となるカジメ属・アラメ属海藻類の季節的消長や群落維持機構など基礎的な生態に関する知見を集積しておく必要がある。

クロメの生態に関しては、これまで各地で報告されているが（成原, 大木, 1990；寺脇, 川崎, 1990；筒井, 大野, 1992；小島, 谷口, 1994；村瀬, 大貝, 1996）、日本海沿岸での報告例（石田, 由木, 1996）は少ない。京都府においては、著者らは養殖藻体の成長について報告した（西垣ら, 2006）が、天然群落における生態は十分に把握されていない。そこで、本研究では若狭湾西部海域におけるクロメの生態を把握することを目的として、クロメの分布特性および季節的消長を明らかにした。

材料と方法

本研究における全ての調査については、舞鶴市小橋の沖合約1kmに位置する磯葛島の南東岸（Fig.1）において、スキューバ方式による潜水で行った。クロメの

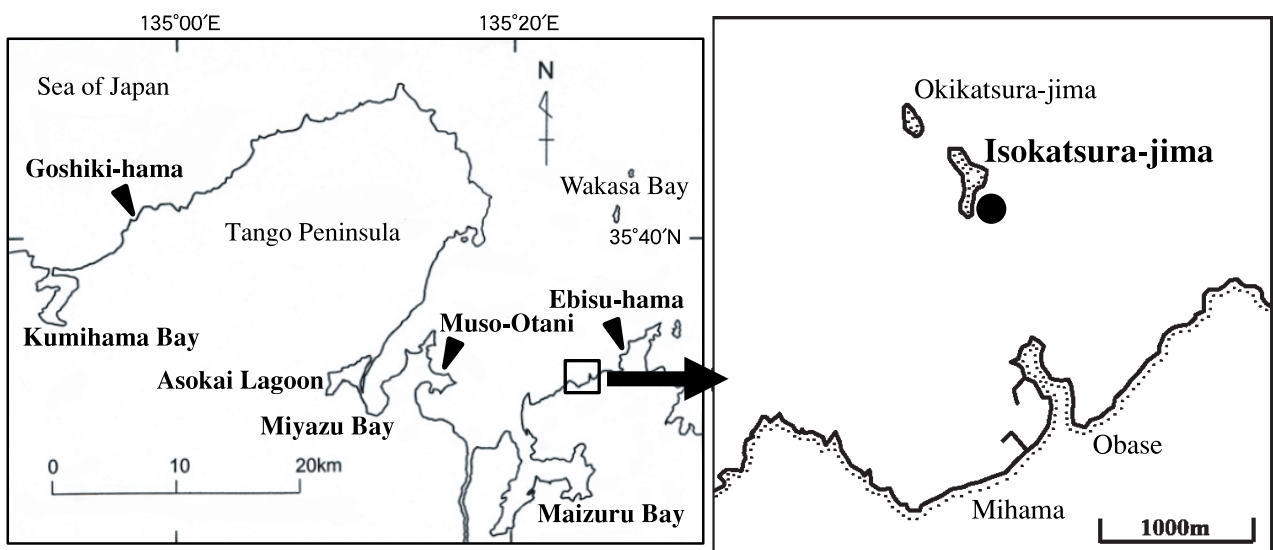


Fig. 1 Study sites (●) for bathymetric distribution of Sargassacea species and *E. kurome*, and phenology of *E. kurome* off the southeast coast of Isokatsura-jima, Wakasa Bay, Sea of Japan.

分布特性を明らかにするために、2011年6月15日に大型褐藻類（クロメおよびホンダワラ科海藻類）の垂直分布を把握する調査を行った。汀線から沖に向かって全長200 mの調査ラインを設置し、ラインに沿って水深および底質を10 mごとに記録し、生育が確認された大型褐藻類の種類を5 mごとに記録した。底質については藤田ら（2003）を参考にして、砂（Sand）、砂利（Pebble）、玉石（Cobble）、転石（Boulder）、岩盤（Rock）に分けて記録した。底質組成および大型褐藻類の優占種および種数の類似性から大型褐藻類の垂直分布の区分けを行った。

大型褐藻類の群落構造を把握するために、2012年5月24日に水深2、5、8 mの任意の場所に方形枠（1 m×1 m枠、水深2 mのみ0.5 m×0.5 m枠、以下同様）を2回ずつ設置し、枠内の大型褐藻類を全て採集した。採集された大型褐藻類については、クーラーボックスに収容して、京都府農林水産技術センター海洋センターに持ち帰った。実験室において種ごとに分けた後、附着器を揃えて高さ10 cmごとに切り分けて、湿重量を測定して2枠の平均値を求め、クロメとホンダワラ科海藻類に分けて生産構造図（藤田ら、2003）を作成した。

さらに、クロメの季節的消長を把握するために、2012年7月から2013年7月まで毎月1回の頻度で、水深5m付近のクロメとヤナギモク *Sargassum ringgoldianum* ssp. *coreanum*が優占する岩盤上2カ所で上記同様に大型褐藻類（ただし、ホンダワラ科海藻類の主枝未伸長の個体を除く）を採集した。クロメについては、側葉長が1 cm以上の個体を成体とし、筒井、大野（1992）を参考にして、成体の全長（附着器下端から側葉を絞った先端までの長さ）、中央葉長（茎葉移行部から中央葉先端部までの長さ）、最大側葉長（最も長い側葉の基部から先端部の長さ）および附着器を含めた湿重量を測定した。また、子嚢斑の有無を確認し、子嚢斑を形成した個体の割合を成熟率とした。他の海藻類については湿重量を測定した。海藻種ごとに重量を合計し、2枠の平均値を求め、現存量とした。クロメの全

長、湿重量等については、季節変化を明瞭化するために、月別に大型個体（各枠の全長の上位3個体）の平均値を求めた。海藻類の採集時にはクロロテック（ACL-208DKあるいはACL-215DK、アレック電子）を用いて、水深5 mの水温および塩分を記録した。

結 果

調査地における水深および底質組成の変化をFig.2に示した。調査ラインの起点および終点の水深は0.5 mおよび13.2 mであった。底質組成では離岸距離60 mまでは転石が主体で、一部玉石と砂利が出現し、70~130 mでは岩盤が主体で、一部玉石が出現し、140~200 mでは岩盤および砂が主体であった。

調査ライン上の5 mごとに出現した大型褐藻類のリストをTable1に示した。離岸距離0~40 mではホンダワラ科海藻8種が出現し、クロメはほとんど出現しなかった。40 m以遠では、クロメは全ての区画で出現が認められ、ホンダワラ科海藻類では100 mまでは10種が出現したが、100 m以遠ではヤナギモクとノコギリモク *Sargassum macrocarpum*のみが出現した。

さらに、大型褐藻類の垂直分布は5つに区分された

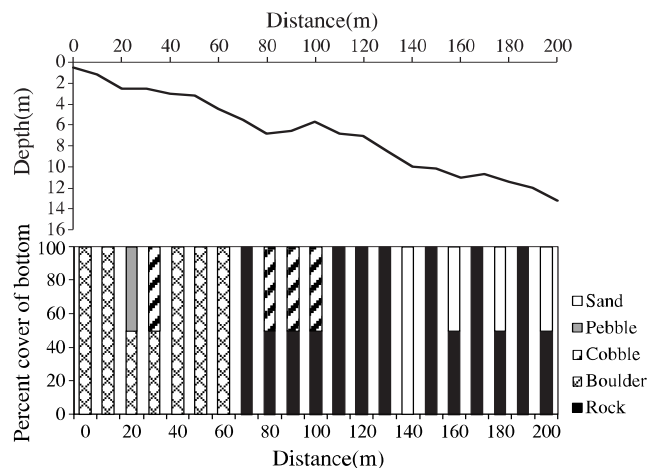


Fig. 2 Depth and percentage cover of bottom on a line transect (200 m) off Isokatsura-jima.

Table 1 List of Sargassacea species and *E. kurome* on a line transect (200 m) off Isokatsura-jima, June 15, 2011

Distance(m)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200										
<i>Sargassum micracanthum</i>	○	○																																																	
<i>Sargassum horneri</i>			○	○	○	○	○																																												
<i>Sargassum siliquastrum</i>	○	○								○	○	○	○	○	○	○																																			
<i>Sargassum hemiphyllyum</i>		○	○	○	○	○	○	○	○	○																																									
<i>Myagropsis myagroides</i>			○	○	○	○	○	○														○																													
<i>Sargassum confusum</i>			○	○	○	○	○	○	○																																										
<i>Sargassum fulvellum</i>			○	○						○	○	○																																							
<i>Sargassum patens</i>			○	○	○	○	○				○	○	○																																						
<i>Sargassum piluliferum</i>											○	○											○																												
<i>Sargassum ringgoldianum</i> ssp. <i>coreanum</i>									○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
<i>Sargassum macrocarpum</i>										○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Ecklonia kurome</i>						○				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Number of species	3	3	5	6	5	5	5	3	7	6	7	6	6	4	4	4	4	3	3	3	5	5	5	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			

Table 2 Zonation of large brown algae (Sargassacea species and *E. kurome*) off the southeastern coast of Isokatsura-jima, by dominant substratum (Fig.2) and algal species (Table 1)

Distance from shoreline(m)	0-10	10-40	40-60	60-110	110-200
Depth(m)	0.5-1.2	1.2-3.0	3.0-4.5	4.5-5.8	6.8-13.2
Dominant substratum	Boulder	Boulder	Boulder	Rock, Cobble	Rock, Sand
Dominant species	<i>S. micracanthum</i> <i>S. horneri</i>	<i>S. confusum</i> <i>S. hemiphylum</i> <i>M. myagroides</i> <i>S. patens</i>	<i>S. siliquastrum</i> <i>S. ringgoldianum</i> sp. <i>coreanum</i> <i>E. kurome</i>	<i>S. ringgoldianum</i> sp. <i>coreanum</i> <i>S. macrocarpum</i> <i>E. kurome</i>	<i>S. ringgoldianum</i> sp. <i>coreanum</i> <i>S. macrocarpum</i> <i>E. kurome</i>
Number of species	4	8	10	8	3

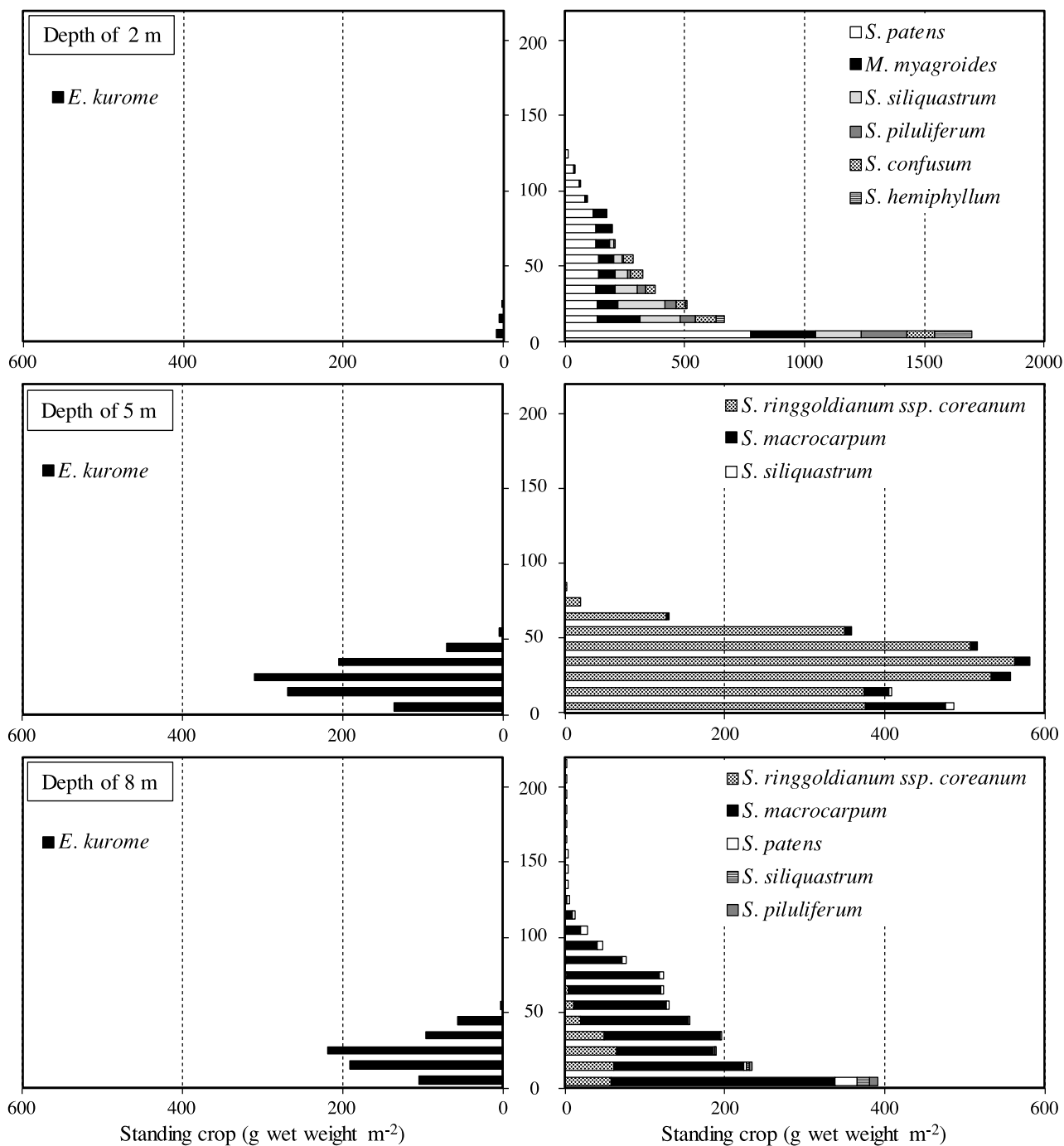


Fig. 3 Productive structure of Sargassacea species and *E. kurome* at depths of 2, 5 and 8 m off the southeast coast of Isokatsura-jima.

(Table2)。水深0.5~1.2 m (離岸距離0~10 m) は転石帯であり、トゲモク *Sargassum micracanthum* およびアカモク *Sargassum horneri* が優占していた。水深1.2~3.0 m (距離10~40 m) は転石帯であり、フシスジモク *Sargassum confusum*, イソモク *Sargassum hemiphyl-lum*, ジョロモク *Myagropsis myagroides*, ヤツマタモク *Sargassum patens* が優占しており、その他に3種のホンダワラ科海藻類の出現が認められた。水深3.0~4.5 m (距離40~60 m) は転石帯であり、クロメ, ヤナギモク, ヨレモク *Sargassum siliquastrum* が優占しており、ホンダワラ科海藻類の出現種は9種であった。水深4.5~6.8 m (距離60~110 m) は岩盤および玉石帯であり、クロメ, ヤナギモク, ノコギリモクが優占しており、その他に5種のホンダワラ科海藻類が出現した。水深6.8~13.2 m (距離110~200 m) は、岩盤および砂帯であり、クロメ, ヤナギモク, ノコギリモクが優占しており、その他のホンダワラ科海藻類は確認されなかった。

水深2, 5, 8 mにおけるクロメおよびホンダワラ科海藻類の生産構造図をFig.3に示した。水深2 mでは、クロメはほとんど出現せず、ホンダワラ科海藻類ではヤツマタモクなど6種が出現し、生産構造図では下層ほど現存量が多く、高さ0~10 cm層の現存量は1,700 g m⁻²であった。水深5 mのクロメおよびホンダワラ科海藻類生産構造図では、下層よりも上層の現存量が多く、最上層は前者で高さ50~60 cm層、後者で高さ80~90 cm層であり、最も現存量の多かった層は、前者で高さ20~30 cm層、後者で30~40 cm層であった。ホンダワラ科海藻類ではヤナギモクが優占していた。水深8 mではクロメは水深5 mと類似の生産構造図を示したが、ホンダワラ科海藻類ではノコギリモクが優占し、生産構造図では下層ほど現存量が多く、最下層の現存量は390 g m⁻²であった。なお、水深2, 5, 8 mにおけるクロメの密度 (個体 m⁻²) および現存量 (g m⁻²) は、

それぞれ1.5および17, 32.0および1,100, 21.0および760であった。

クロメの季節的消長の調査期間中の水温および塩分の変化をFig.4に示した。水温は2012年7月の22.8℃から上昇し、8月には28.8℃の最高値を記録した。その後低下し、2013年2月に10.3℃の最低値を示し、3月は10.4℃とほとんど変化がなかったが、その後上昇して、6月には22.8℃, 7月には26.3℃であった。塩分は概ね32~33の範囲で推移したが、10月には31.2と低い値を、3~6月には33.5~34.2と高い値を示した。

大型褐藻類の現存量の月別変化をFig.5に示した。大型褐藻類の現存量は1,670~5,320 g m⁻²の範囲であった。クロメ, ヤナギモク以外の大型褐藻類としては、ノコギリモク, ヨレモク, ヤツマタモク, ジョロモク, ホンダワラ *Sargassum fulvellum* が採集されたが、現存量に占める重量割合はクロメとヤナギモクの2種で全体の87~100%であった。クロメの現存量は2012年7月には1,260 g m⁻²であり、8月には1,200 g m⁻²とほとんど変化が認められなかったが、その後減少し、1月には190 g m⁻²の最低値を示した。その後増加して、5月に730 g m⁻²となり、7月に550 g m⁻²に減少した。ヤナギモクの現存量は1,470 (2013年1月) ~4,040 (2012年8月) g m⁻²の範囲で変動し、クロメの現存量の2.1~8.0倍であった。

クロメ成体および幼体の密度の月別変化をFig.6に示した。成体の密度は5.5~15.0個体 m⁻²で推移した。幼体の密度は2013年3月までは1.5~7.0個体 m⁻²で推移したが、4月には新規加入個体により56.5個体 m⁻²まで急増した後、7月まで51.5~61.5個体 m⁻²で推移した。

クロメの全長, 中央葉長, 最大側葉長および湿重量の月別変化をFig.7に、成熟率の月別変化をFig.8に示した。クロメは2012年7月に全長504±38 mm (平均±標準偏差, 以下同様に表す), 中央葉長274±49 mm, 最大側葉長296±48 mm, 湿重量247±104 gであり、8

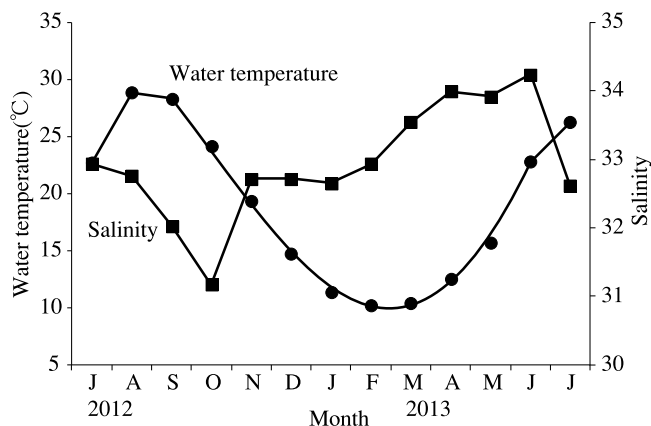


Fig. 4 Changes in water temperature and salinity at 5 m depth between July 2012 and July 2013, at *E. kurome* phenology study site, Isokatsura-jima.

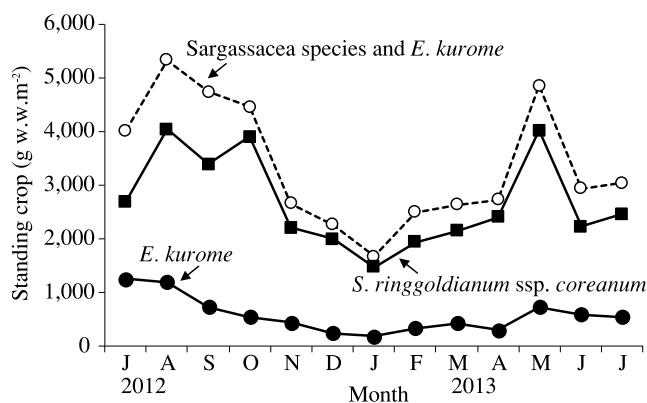


Fig. 5 Monthly changes in standing crop of Sargassacea species and *E. kurome*, July 2012 to July 2013.

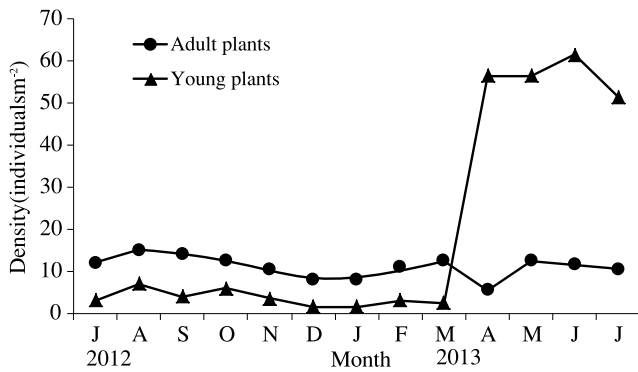


Fig. 6 Temporal variation in age-class density of *E. kurome*, July 2012 to July 2013.

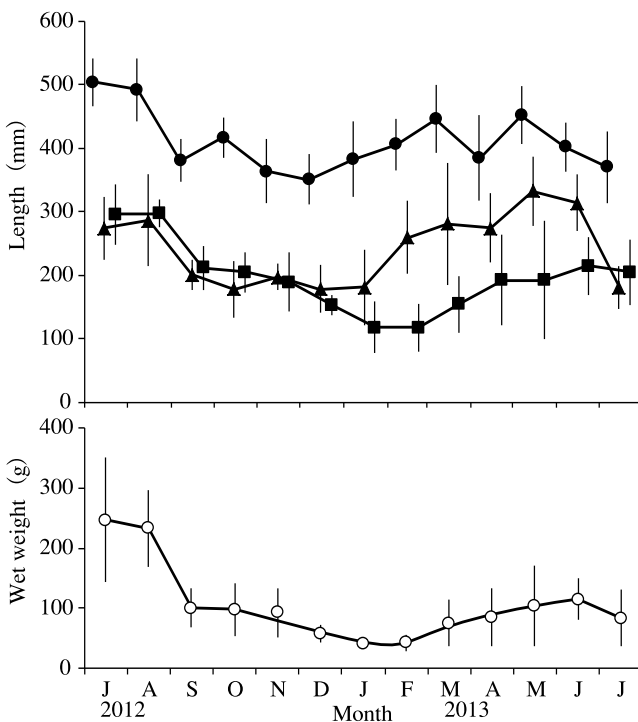


Fig. 7 Temporal variation in plant length (●), central lamina length (▲), longest primary pinna length (■) and wet weight (○) of adult *E. kurome* plants, July 2012 to July 2013. Mean \pm S.D. for 6 samples.

月にかけては各測定値に大きな変化は認められなかったが、9月にかけて全項目で急激な減少が確認され、それ以降も減少傾向を示した。10月に初めて子嚢斑を形成した個体が確認され、成熟率は16%であった。11月には中央葉に色が薄く、附着物の少ない新生部分を持つ個体が確認され、成熟率は81%に上昇した。12月には全長および中央葉長が 351 ± 40 mmおよび 179 ± 38 mmの最低値を示し、成熟率は31%に低下した。1月には最大側葉長および湿重量が 118 ± 40 mmおよび 42 ± 9 gの最低値を示し、1月以降子嚢斑を形成した個体は確認されなかった。全長は12月以降に、中央葉長は1月以降に増加傾向を示し、5月に 452 ± 45 mmおよ

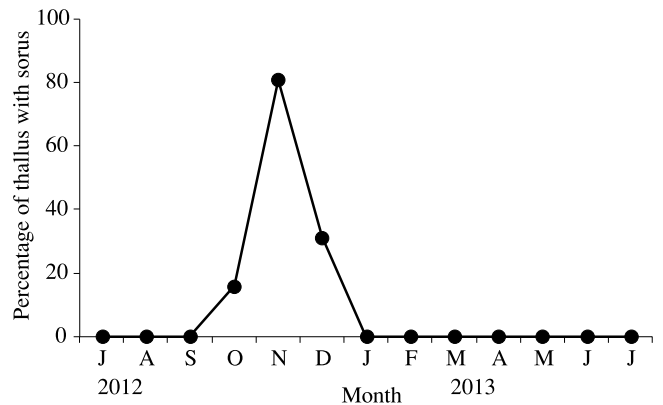


Fig. 8 Temporal variation in percentage of adult *E. kurome* plants with sorus, July 2012 to July 2013.

び 332 ± 54 mmに達した後に減少し、7月には 371 ± 56 mmおよび 182 ± 34 mmであった。最大側葉長および湿重量は2月以降増加傾向が認められ、最大側葉長は4月から7月にかけては $192 \pm 71 \sim 215 \pm 46$ mmで推移し、湿重量は6月に 116 ± 34 gに達した後に減少した。

考 察

京都府沿岸における海藻類の植生や垂直分布に関する調査は、内湾域である舞鶴湾（道家ら, 1994）、宮津湾（道家ら, 1995）、久美浜湾（八谷ら, 2006）、阿蘇海（西垣ら, 2011）、若狭湾西部海域である栗田半島の無双大谷（八谷ら, 2008；遠藤ら, 2010）および大浦半島の舞鶴市野原地先エビスハマ（遠藤ら, 2010）、日本海に面した外海域である京丹后市網野町の五色浜周辺（今野, 中嶋, 1980；遠藤ら, 2010）などで行われている。それらの報告のなかで、クロメの分布は、舞鶴湾（道家ら, 1994）、宮津湾（道家ら, 1995）、無双大谷（八谷ら, 2008）、五色浜周辺（今野, 中嶋, 1980；遠藤ら, 2010）で確認されているが（Fig.1）、群落を形成するような比較的高密度な分布は、外海域の五色浜周辺（今野, 中嶋, 1980）に限られている。

若狭湾西部海域である磯葛島南東岸では、水深3 m以深でクロメの分布が認められ、主として水深4.5 m以浅では転石上に多種のホンダワラ科海藻類の混生群落があり、それ以深では岩盤上でクロメ、ヤナギモク、ノコギリモクを主体とした混生群落が形成されていることが確認された（Table2, Fig.3）。外海域である五色浜周辺の田尻地先では、水深2 mから5 m前後まではエビアマモ *Phyllospadix japonicus* とマメタワラ・ヨレモクなど5種のホンダワラ科海藻類が混生し、水深6 m以深ではノコギリモク・ヤナギモク（オオバモクと記載）・クロメを主体とした濃密な群落が連続しており（今野, 中嶋, 1980）、磯葛島南東岸における分布構造と類似している。磯葛島南東岸と同じ若狭湾西部海域の無双大谷においても、クロメはノコギリモクお

よびヤナギモクと同所的に分布することが確認されている（八谷ら，2008）。したがって，京都府沿岸においてクロメは，純群落を形成するのではなく，ノコギリモク，ヤナギモクと混生群落を形成するのが一般的であると推察される。さらに，クロメの現存量の多い水深5 mの生産構造図（Fig.3）および現存量の月別変化（Fig.5）からは，クロメよりもヤナギモクの方がより優占していると考えられた。また，水深5 mにおけるホンダワラ科海藻類とクロメの生産構造図は，両者とも下層に比べて上層の現存量の多い，いわゆる広葉型で類似していた（Fig.3）。このように両者の生産構造が類似していることによって，ホンダワラ科海藻類とクロメの混生群落が維持されている可能性がある。今後，生産構造の季節変化を把握するとともに，群落内の光環境および海藻類の耐陰性の関係を把握することで，混生群落の維持機構が明らかになることが期待される。

クロメの季節的消長については，初夏（5～6月）に中央葉長，最大側葉長，湿重量が年間で最大となった後に，末枯れにより藻体は縮小した。晩秋（11月）ごろから中央葉では再成長が認められたが，中央葉長は12～1月に最小となり，中央葉の再成長部分に形成される側葉の成長が遅れたために，側葉長および湿重量は1～2月に年間で最小となった（Fig.7）。このような中央葉長の季節変化については，日本海沿岸の島根県鹿島における変化（石田，由木，1996）と概ね一致した。

クロメの成熟期については，和歌山県白浜で春から秋（筒井，大野，1992），瀬戸内海の山口県長島で9～2月，盛期は9～12月（村瀬，大貝，1996），千葉県館山市で8～12月（寺脇，川崎，1990）と報告されている。磯葛島南東岸のクロメの成熟期は10～12月，盛期は11月であり（Fig.8），太平洋岸や瀬戸内海の個体群に比べると成熟期間が短かった。成熟期の後に，新規加入群として幼体が肉眼で確認されたのは4月以降であり，2012年と2013年では7月の幼体密度が大きく異なった（Fig.6）。さらに，両年ではクロメの現存量，大型個体の全長や湿重量も大きく異なった（Fig.5,7）。これらの現象は群落の更新過程を反映している可能性があり，今後は群落内における新規加入量や脱落量，年齢構成の変化などについても明らかにする必要がある。

文 献

道家章生，宗清正廣，辻 秀二，井谷匡志．1994．京都府の海藻Ⅰ-舞鶴湾の海藻の分布．京都海洋七研報，**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-宮津湾の海藻の分布．京都海洋七研報，**18**:22-27．

遠藤 光，山本圭吾，西垣友和，竹野功璽．2010．京都府沿岸の潮下帯岩礁域におけるヒバマタ目褐藻群落の垂直分布．京都海洋七研報，**32**:13-16．
 藤田大介，新井章吾，村瀬 昇，田中次郎，渡辺孝夫，小善圭一，松村 航，長谷川和清，千村貴子，佐々木美貴，松井香里．2003．氷見市虻が島周辺のガラモ場の垂直分布，生産構造および葉上動物相．富山水試研報，**14**:43-60．
 石田健次，由木雄一．1996．島根県鹿島沿岸におけるクロメの季節変化．水産増殖，**44**:241-247．
 今野敏徳，中嶋 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**:23-45．
 小島 博，谷口和也．1994．徳島県牟岐町沿岸における褐藻クロメの成長周期．日水誌，**60**:365-369．
 村瀬 昇，大貝政治．1996．瀬戸内海の長島沿岸に生育するクロメの生長と成熟．水産増殖，**44**:59-65．
 成原淳一，大木雅彦．1990．宮崎県川南地先のクロメ群落について．栽培技研，**19**:1-8．
 西垣友和，山本圭吾，遠藤 光，竹野功璽．2011．阿蘇海の海藻相およびミヤベモク群落について．京都海洋七研報，**33**:13-16．
 西垣友和，八谷光介，和田洋蔵．2006．京都府蒲入地先における養殖クロメの生長と生態．京都海洋七研報，**28**:16-20．
 谷口和也．1998．「磯焼けを海中林へ」1-196．裳華房，東京．
 寺脇利信，新井章吾．2004．アラメ・カジメ類．「有用海藻誌」133-158．内田老鶴圃，東京．
 寺脇利信，川崎保夫．1990．海中砂漠緑化技術の開発第3報 クロメの成長と生育制限要因．電中研研報，U90044:1-25．
 筒井 功，大野正夫．1992．和歌山県白浜産クロメの成長・成熟と形態の季節的变化．藻類，**40**:39-46．
 八谷光介，西垣友和，白藤徳夫，和田洋蔵．2006．久美浜湾の海藻相とホンダワラ藻場について．京都海洋七研報，**28**:27-32．
 八谷光介，西垣友和，白藤徳夫，竹野功璽．2008b．若狭湾西部海域の無双大谷地先における海藻植生について．京都海洋七研報，**30**:27-30．