

京都府網野地先に設置 した基質に形成された ホンダワラ群落の遷移

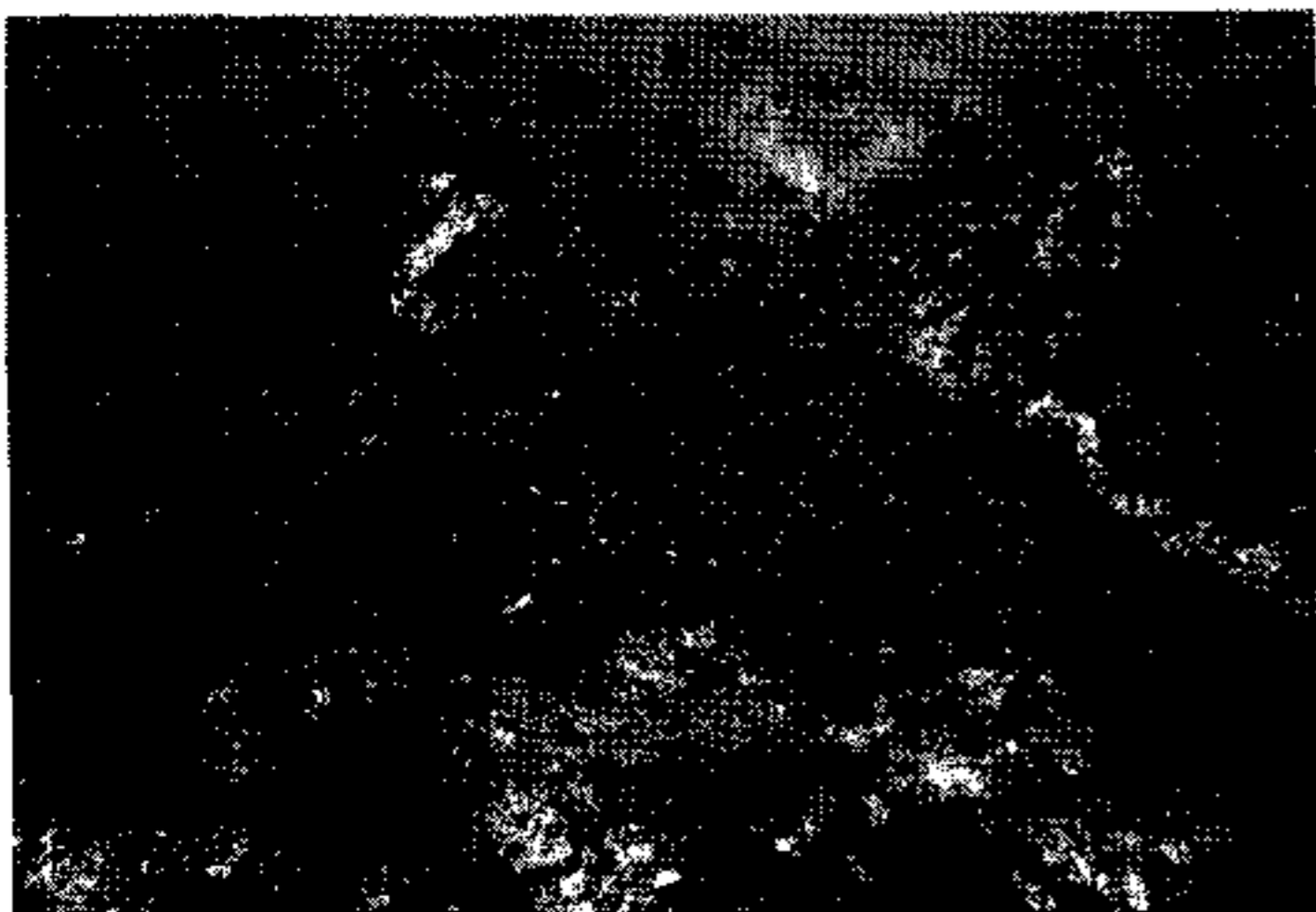
道家章生
西垣友和
八谷光介
和田洋藏

日本海中部海域に位置する京都府網野地先に、2001年2月に設置された基質に形成されたホンダワラ科海藻群落を約3年間継続して観察した。設置された基質には、約1年後には周辺域には分布量が少ないフシスジモクと1年生のアカモクが優占した。設置約2年後にはアカモクが消失してフシスジモクが優占したが、約3年後にはフシスジモクが減少してホンダワラが優占した。これらの植生の遷移は、種毎の生長速度や死亡率、場をめぐる種間競争によってもたらされると推測された。また、設置から約3年後の植生は、近隣の天然群落の極相と類似していることから、天然群落の水深別の優占種を正確に把握することによって設置した基質に形成される群落の優占種が予測できることが明らかになった。

ホンダワラ科海藻によって形成されるホンダワラ藻場は、多くの水産生物にとって繁殖・生育の有用な場となるとともに、沿岸生態系なかで一次生産量の最も多い水域となっており、藻場の保護・造成が沿岸水産資源の保護管理・増殖を図る上で最も重要な課題となっている（横山ほか、1999）。効果的な藻場造成を行うためには、設置した基質にどのような海藻が入植し、どのように遷移し、最終的にどのような種が優占するかを予測することが重要である。その際に、ヤツマタモク *Sargassum patens* のように、アオリイカ *Sepioteuthis lessoniana* の産卵基質（和田ほか、1995）やモズク *Nemacystus decipiens* の着生基質（四井、1980）となる種を優占させることによって、造成効果をさらに高めることが可能となる。

漸深帯における海藻群落の遷移については、生育に対する攪乱が小さい場合、殻状海藻と小型1年生海藻の初期入植から、小型多年生海藻を経て大型多年生海藻に移行するとされている（谷口、1996）。しかし、ホンダワラ科海藻が優占する海域に新しい基質を設置した場合、初期に入植して優占する種は成熟期が適合した大型1年生および多年生のホンダワラ科海藻である（道家ほか、1997）。ホンダワラ科海藻が優占する海域に設置した基質における海藻群落の遷移を継続して数年間調査した報告は瀬戸内海（吉川、1997）ではあるが、日本海中部海域では見当たらない。

著者らは日本海中部海域でホンダワラ科海藻が優占する海域に設置された基質上に、形成された海藻群落の遷移を約3年間継続して観察した。また、基質設置域周辺の天然群落の植生についても調査し、ホンダワラ群落の遷移の初期に優占する種類の特徴とその後の植生の推移を予測するための方法を検討したので報告する。



材料と方法

基質の設置状況 2001年2月に、日本海中部海域に位置する京都府竹野郡網野町地先 (Fig. 1) の水深4~7mに高さ0.7~1.2m、重量1.2~2.0トンの巨礫 (以下、基質とする) が投入された。投入面積は約12,000 m²あり、基質が重ならないように基質間の間隔を空けて平積みで設置された。設置域には、砂域に高さ10~30cmの天然の大礫が点在しており、大礫にはホンダワラ科海藻が優占していた。なお、巨礫、大礫、砂などの底質の分類は、藤田ほか (2003) の区分を参考にした。

基質設置域周辺の植生調査 2002年9月に、設置した基質上に生育する海藻との関係を比較するため、基質を設置した南側の防波堤の根固めブロック (Fig. 1) を対象として海藻の被度調査を行った。この根固めブロックは1993年以前に設置されており、設置から10年以上経過していることから、この不動の根固めブロック上に形成された海藻群落は本地先の極相と見なせると判断した。根固めブロックの沖出し距離は約20mで、砂域との境界の水深は5.5mであった。根固めブロックに生育している群落は、底質と優占種で構成される景観を目視で観察する方法 (新井, 1997) で5つの調査区に区分した。各調査区の水深は0~0.6m (以下A区), 0.6~1.2m (以下B区), 1.2~2.0m (以下C区), 2.0~3.5m (以下D区) および3.5~5.5m

(以下E区) であった。それぞれの調査区について1m枠を用いて5~10枠の被度調査を行い、種類別の平均被度 (%) を計算した。各海藻の平均被度を、被度階級1 (5%以下), 2 (5~25%), 3 (25~50%), 4 (50~75%) および5 (75%以上) の5段階で示した。

基質設置域の植生調査 2003年11月に、基質設置域の植生を調査するために、基質設置域の水深4~5mと水深5~6mにある天然の大礫上に生育する群落について、それぞれ1m枠を用いて10枠の被度調査を行い、種類別の平均被度 (%) を計算した。

基質上の植生調査 基質設置11ヵ月後の2002年1月、1年7ヵ月後の2002年9月および2年9ヵ月後の2003年11月に、基質上に生育している海藻の遷移を調査するために、基質設置域の中心部に位置する水深5~6m (基質上面水深4~5m) にある基質を対象として、基質上面全体を調査区画とし、10~20個の基質について被度調査を行い、種類別の平均被度 (%) を計算した。また、2003年11月には、水深4~5m (基質上面水深3~4m) にある基質も対象とした。

結果

基質設置域周辺の植生 根固めブロックに生育している大型海藻の被度と底質を水深に対応させて Fig. 2 に示し

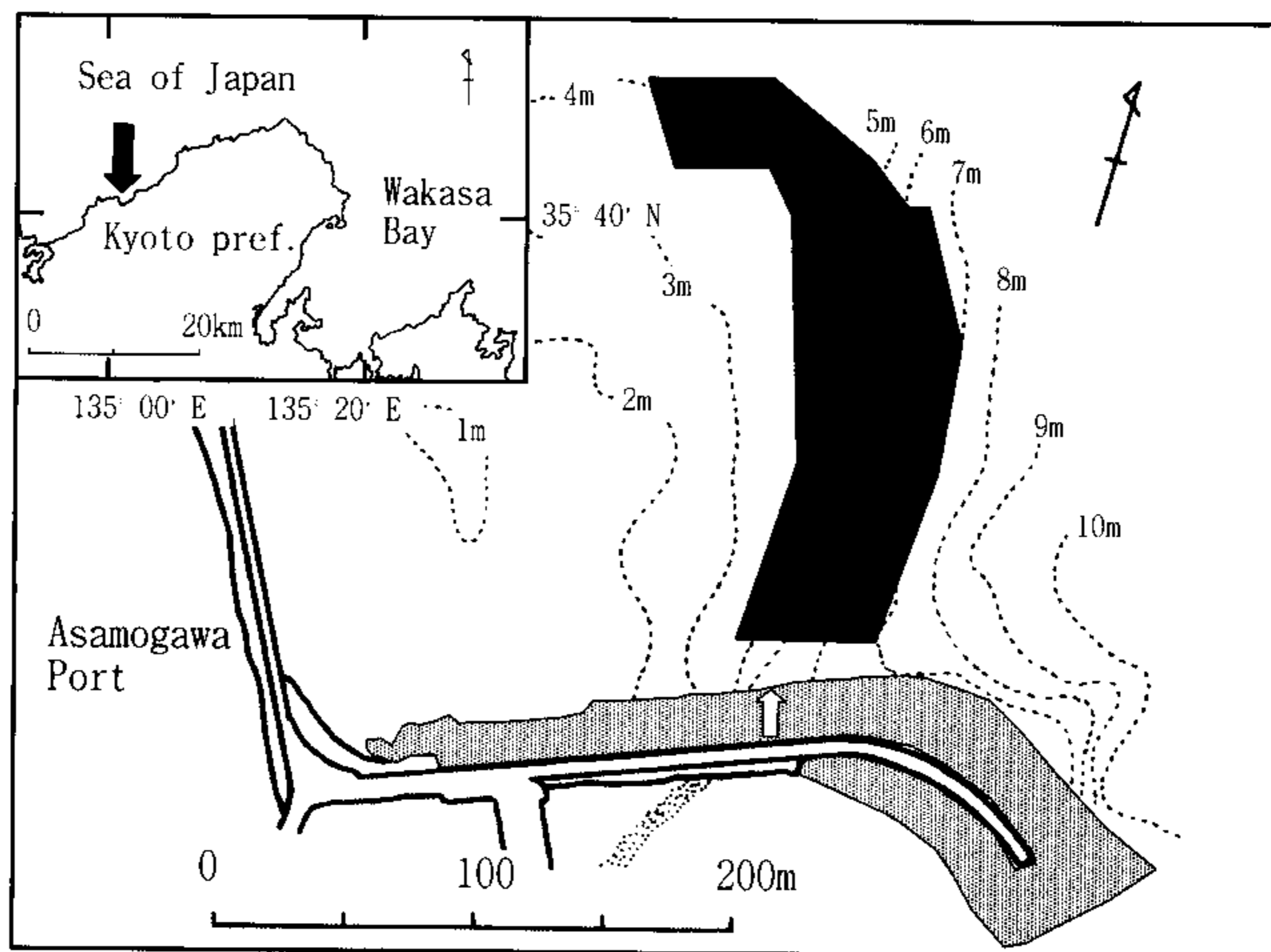


Fig. 1. Map showing the survey area. Closed and open arrows indicate the survey area and survey site of the natural community, respectively. Closed and shaded areas indicate, respectively, the artificial stone bed and the consolidation of foundation.

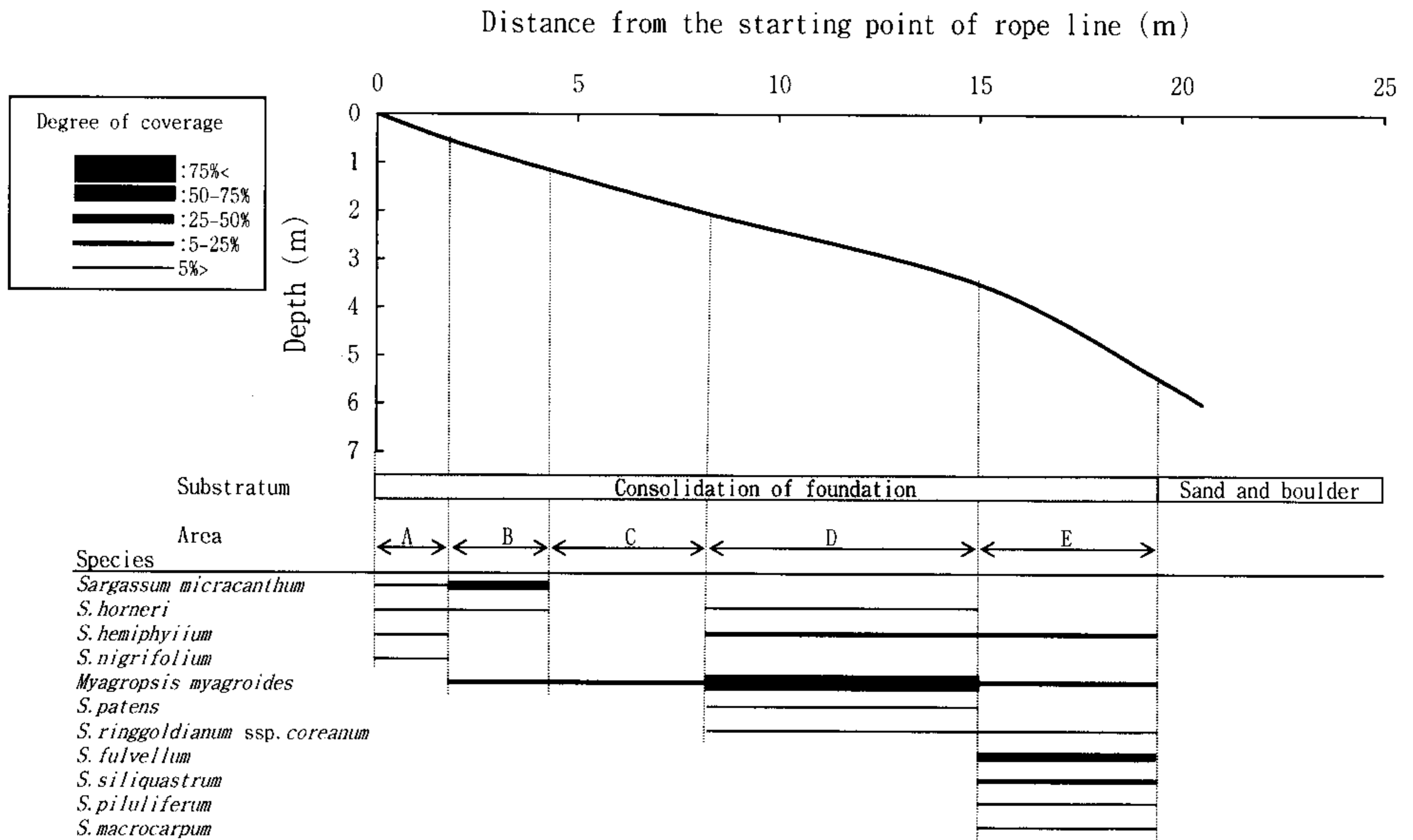


Fig. 2. Bottom profile, the bottom substratum and vertical occurrence of large plants along the transect line on consolidation of the foundation.

た。A区（水深0～0.6m）では小型海藻のヘラヤハズ *Dictyopteris prolifera*, カニノテ *Amphiroa anceps* およびピリヒバ *Corallina pilulifera* などのサンゴモ科海藻が優占しており、大型海藻はトゲモク *S. micracanthum*, アカモク *S. horneri*, イソモク *S. hemiphyllum* およびナラサモ *S. nigrifolium* が生育していたが、各種類とも平均被度が5%以下と低かった。B区（水深0.6～1.2m）ではトゲモク、アカモクおよびジョロモク *Myagropsis myagroides* が生育しており、その中でもトゲモクの平均被度が38%で最も高かった。C区（水深1.2～2.0m）ではA区と同様にサンゴモ科海藻が優占しており、大型海藻はジョロモクのみが生育していた。D区（水深2.0～3.5m）ではアカモク、イソモク、ジョロモク、ヤツマタモクおよびヤナギモク *S. ringgoldianum ssp. coreanum* が生育しており、その中でもジョロモクの平均被度が74%で最も高かった。E区（水深3.5～5.5m）ではイソモク、ジョロモク、ヤナギモク、ホンダワラ *S. fulvellum*, ヨレモク *S. siliquastrum*, マメタワラ *S. piluliferum* およびノコギリモク *S. macrocarpum* が生育しており、その中ではホンダワラの平均被度が32%で最も高かった。D区とE区ではホンダワラ科海藻の平均被度の合計が84～90%であり、小型海藻はほとんど出現しなかつ

た。

以上の結果から、この地先で優占するホンダワラ科海藻は、水深0.6～1.2mではトゲモク、水深2.0～3.5mではジョロモクおよび水深3.5～5.5mではホンダワラであることが示された。

基質設置域の植生 2003年11月時点の基質設置域に生育していた海藻の被度を Fig. 3 に示した。水深4～5m帯には、ホンダワラ科海藻のフシスジモク *S. confusum*, ホンダワラ, ヤツマタモク, ジョロモク, イソモクおよびヨレモクが生育しており、それ以外の大型海藻は出現しなかった。出現した種の平均被度は、ホンダワラが34%, 次いでヤツマタモクが20%, ジョロモクが15%となった。水深5～6m帯には、ホンダワラ科海藻のマメタワラ, ホンダワラ, ヤツマタモク, ジョロモク, イソモクおよびヨレモクが生育しており、それ以外の大型海藻は出現しなかった。出現した種の中では、ホンダワラの平均被度が61%で最も高く、次いでヤツマタモクの12%であった。

基質上の植生 設置された基質上に生育した²⁾の推移を Fig. 4 に示した。水深5～6m¹⁾ 11ヵ月後の2002年1月にはフシスジ²⁾ロモクおよびヤツマタモクが

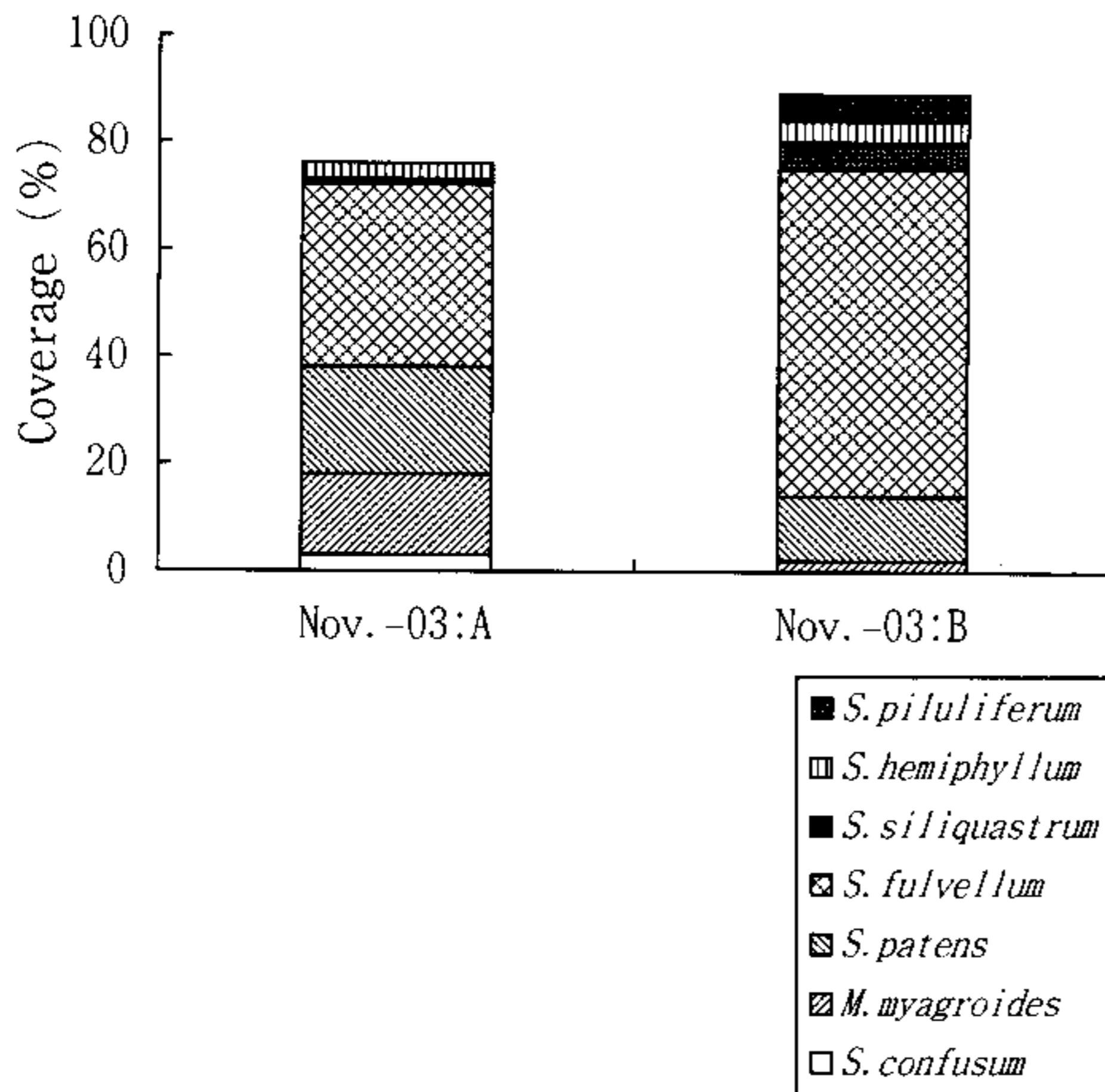


Fig. 3. Coverage of large plants colonizing the natural stone bed within the artificial stone bed area in November 2003. A and B respectively indicate depths of 4-5 m and 5-6 m.

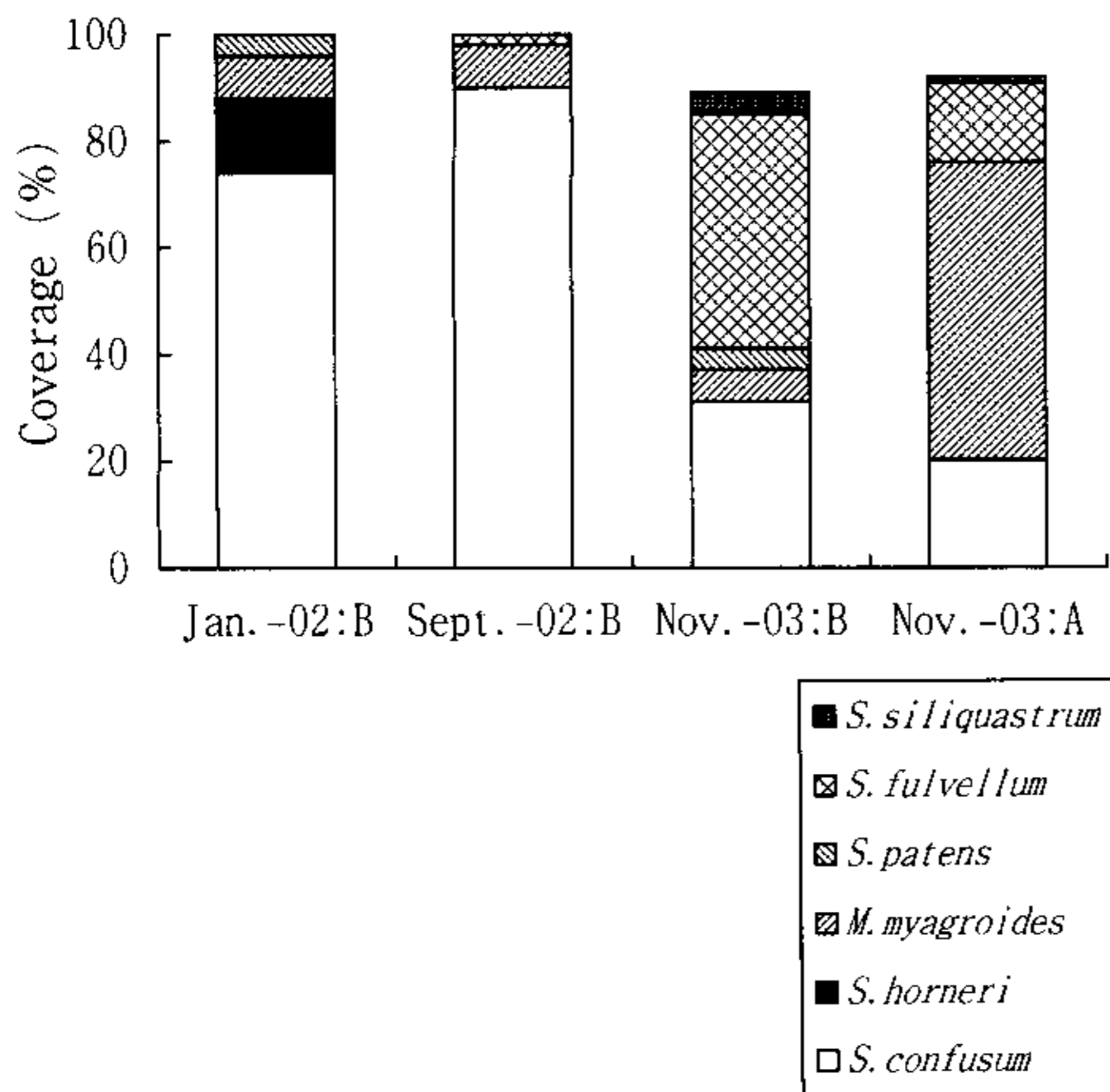


Fig. 4. Changes in coverage of large plants colonizing the artificial stone bed off Asamogawa Port in February 2001. A and B respectively indicate depths of 4-5 m and 5-6 m.

モクの平均被度が74%で最も高く、次いでアカモクの14%であった。設置1年7ヵ月後の2002年9月にはフシスジモク、ジョロモクおよびホンダワラが出現し、その中でもフシスジモクの平均被度が90%で最も高く、次いでジョロモクの8%であり、ホンダワラは2%であった。設置2年9

ヵ月後の2003年11月にはフシスジモク、ホンダワラ、ジョロモク、ヤツマタモクおよびヨレモクが出現し、その中でもホンダワラとフシスジモクの平均被度が高く、各々44%と31%であった。

また、水深4~5mの基質には設置2年9ヵ月後の2003年11月にはジョロモク、フシスジモク、ホンダワラおよびヨレモクが出現し、その中でもジョロモクの平均被度が56%で最も高かった。

以上のように、水深5~6mに設置した基質では、約1年後には大型多年生のフシスジモクが優占し、次いで大型1年生のアカモクの被度が高かった。約2年後にはフシスジモクの被度が約1年後より高くなり、約1年後に多かったアカモクが消失した。そして、約3年後にはフシスジモクの被度が低くなり、約2年後から出現したホンダワラの被度が高くなった。その他の大型多年生ホンダワラ科海藻は、ジョロモクが約1年後から3年後に、ヤツマタモクが約1年後と3年後に同程度の被度で出現し、ヨレモクが約3年後に初めて出現した。また、水深4~5mに設置した基質では、水深5~6mに設置した基質とは異なり、約3年後にはジョロモクの被度が高かった。

考察

ホンダワラ科海藻が優占する海域に新規に基質を設置した場合、初期に優占するのは設置時期と成熟期が合致する種である(道家ほか, 1997)。本地先に分布するホンダワラ科海藻の成熟期は、ジョロモクが2月上旬~3月下旬、ホンダワラが2月下旬~4月中旬、アカモクが3月中旬~5月下旬、マメタワラが4月中旬~6月上旬、トゲモクとナラサモが4月下旬~6月中旬、ノコギリモクが5月上旬~6月下旬、イソモクとヤツマタモクが5月中旬~7月上旬およびヤナギモクが7月下旬~9月中旬である(道家ほか, 1995; 道家, 2004)。本地先への基質の設置が2月なので、設置後約1ヵ月間に成熟期を迎えるジョロモク、アカモク、ホンダワラおよびヨレモクなどが設置後初期に入植することが想定される。しかし、水深5~6m帯に投入した基質に約1年後に入植したのは、フシスジモク、アカモク、ジョロモクおよびヤツマタモクであった(Fig. 4)。特に、フシスジモクは投入域の天然群落では被度が低い(Fig. 3)が、基質上での被度は最も高くなった。多年生のホンダワラ科海藻のうち、ジョロモク(吉川, 1986)、ホンダワラ(吉田・西川, 1974)、ヨレモク(吉川・月館, 1987)およびノコギリモク(吉川, 1986; 村瀬, 2001)は幼胚が着生してから主枝が伸長するまで数年を要する。一

方、ヤツマタモク（吉川，1987）やフシスジモク（吾妻，1997）は幼胚が着生した年の秋から主枝が伸長する。ここで、ホンダワラ科海藻の成熟期と主枝の伸長までに要する期間に関する知見をもとに、基質設置後に生じた現象を推察してみる。2月に設置された基質上には、成熟期から推察してジョロモク、アカモク、ホンダワラ、フシスジモク、ヨレモクおよびヤツマタモクの順に幼胚が着生したと考えられる。フシスジモク、真1年生のアカモク（寺脇，1986）およびヤツマタモクを除いて着生当年から主枝を伸長する種がなかったために、約1年後にはフシスジモクとアカモクが優占したと考えられる。ジョロモクについては、基質設置後に最も早く成熟期を迎えたが、主枝の伸長が遅い種なので、設置約1年後に優占するに至らなかったと考えられる。ヤツマタモクについては、フシスジモクと同様に主枝を伸長する種であるが、成熟期がフシスジモクより約2ヵ月遅いことから、基質表面が先に成熟した種の幼胚に覆われているために入植が困難であったか、幼胚の供給量が少なかったことにより設置約1年後には優占するに至らなかったと考えられる。設置約2年後には、真1年生の海藻であるアカモクが消失するとともに、約1年後に優占していた多年生のフシスジモクが加齢にともない更に現存量を増加し続けた（藤川・桐原，2000）結果として、基質上での相対的な被度が増加したと考えられる。ジョロモクとホンダワラについては、主枝の伸長が遅い種なので、設置約2年後に優占するに至らなかったと考えられる。なお、設置約1年後に出現したヤツマタモクが約2年後にみられなかったのは、調査精度の問題と考えられる。設置約3年後には、フシスジモクより生長の遅かったホンダワラやヨレモクが生長して被度を高めるとともに、群落内の種間競争によりフシスジモクの被度が減少したと推察される。すなわち、フシスジモクは付着器から1本の茎しか伸長しないのに対して、ヨレモクは1本の茎が数回分岐し、ホンダワラは茎から複数の主枝を伸長する（YOSHIDA，1983）。つまり、栄養繁殖による場の占拠の点では、フシスジモクは設置約3年後に優占してきたヨレモクやホンダワラと比べて不利な状況にあると推定され、フシスジモクのこのような形態的な特徴が約3年後に被度の減少をもたらした要因の一つであると考えられる。さらに、フシスジモクが他種より早く入植して大型化したため、加齢等により死亡率が高かったのかもしれない。また、設置約3年後にヤツマタモクやジョロモクではなく、ホンダワラの被度が急激に増加したが、その要因については今回の調査では明らかにならなかった。

アカモクなどの1年生のホンダワラ科海藻は、物理的な攪乱が生じて付着場所や空間があきやすい場所に群落を形

成する傾向がある（寺脇ほか，1996）。今回投入した基質は当海域の波浪条件に対して十分安定した重量を有しており、かつ砂面から基質面までの高さが十分にあるために物理的な攪乱が生じないような条件下にあったため、設置約2年後にアカモクが入植する場所が残っておらず群落を形成することができなかった。このような基質の条件は、本地先の極相と考えられる防波堤の根固めブロックと同じであるといえる。一方、基質設置域の大礫上の植生は、砂面からの高さが低くて物理的攪乱を受けている可能性が疑われる。そこで、根固めブロックと設置した基質の植生を同一水深帯で比較してみる。水深5~6mに設置した基質の上面は水深4~5mであり、同水深の根固めブロックに優占していたのはホンダワラである。設置約1~2年後の植生は異なっていたが、設置約3年後の基質上にはホンダワラが優占しはじめており、本地先の極相と考えられる根固めブロックの植生と類似してきている。また、水深4~5mに設置した基質の上面は水深3~4mであり、同水深の根固めブロックに優占していたのはジョロモクである。設置約1~2年後の状態は把握できていないが、設置約3年後にはジョロモクが優占しはじめており、本地先の極相と考えられる根固めブロックの植生と類似してきている。つまり、ホンダワラ科海藻が優占した海域に物理的攪乱を受けないような安定した基質を設置すると、数年後には周辺の安定した基質に形成された極相と考えられる植生に移行すると推定される。その場合、幼胚の着生当年から主枝を伸長するような種であれば短期間に極相と考えられる植生に移行するが、初期の生長が緩慢な種であればそれらの種に応じた年数を要すると考えられる。

藻場造成を実施する場合、事前に周辺の安定した基質に形成された天然群落の調査を正確に実施して水深別の優占種を把握することにより、設置した基質に今後形成される群落の優占種が予測できる。さらに、効果的な藻場造成を行うためには、ホンダワラ科海藻各種が有する多様な機能を解明し、目的とした種の生育に適した環境条件を明らかにする技術を開発する必要がある。

文献

- 吾妻行雄. 1997. キタムラサキウニの個体群動態に関する生態学的研究. 北水試研報, 51: 1-66.
- 新井章吾. 1997. 海藻群落の相観に基づく層 (stratum) の認識と標本抽出. 月刊海洋, 29(8): 475-478.
- 道家章生. 2004. 京都府沿岸域に分布するホンダワラ科海藻の成熟期. 京都海洋セ研報, 26: 58-60.
- 道家章生・宗清正廣・辻 秀二・井谷匡志. 1995. 京都府

- の海藻—Ⅲ 若狭湾西部海域におけるホンダワラ類の成熟時期. 京都海洋セ研報, **18**: 28-33.
- 道家章生・宗清正廣・辻 秀二・井谷匡志. 1997. 京都府の海藻—Ⅳ ホンダワラ類の採苗技術. 京都海洋セ研報, **19**: 28-34.
- 藤川義一・桐原慎二. 2000. フシスジモク. 日水誌, **66**(4): 750-751.
- 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. 2003. 氷見市蛇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.
- 村瀬 昇. 2001. 褐藻ノコギリモク *Sargassum macrocarpum* C. Agardh の生態学的研究. 水大研報, **49**(4): 131-212.
- 谷口和也. 1996. 牡鹿半島沿岸における漸深帯海藻群落の一次遷移. 日水誌, **62**(5): 765-771.
- 寺脇利信. 1986. 三浦半島小田和湾におけるアカモクの生長と成熟. 水産増殖, **33**(4): 177-181.
- 寺脇利信・吉田吾郎・吉川浩二・有馬郷司. 1996. 瀬戸内海西部における基面の高さ別のホンダワラ植生の観察. 南西水研研報, **29**: 49-58.
- 和田洋藏・西岡 純・田中雅幸. 1995. 京都府沿岸域に来遊するアオリイカの産卵生態について. 日水誌, **61**(6): 838-842.
- 横山 寿・石樋由香・豊川雅哉・山本茂也・鯉坂哲朗. 1999. 五ヶ所湾のガラモ場における生物群集の構造Ⅱ. ホンダワラ類の季節的消長と海藻類生産量. 養殖研研報, **28**: 27-37.
- 吉田範秋・西川 博. 1974. ホンダワラ類の生長. 長崎水試研報, **1**: 13-18.
- YOSHIDA, T.. 1983. Japanese species of *Sargassum* subgenus *Bactrophycus* (Pacophyta, Fucales). *Journ. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. IV (Botany)*, **13**(2): 99-246.
- 吉川浩二. 1986. 人工採苗した幼体の移植と成熟親藻の投入によるホンダワラ類の生長. 南西水研研報, **20**: 137-146.
- 吉川浩二. 1987. ホンダワラ藻場造成に関する研究—Ⅲ 幼胚集積法によるヤツマタモク群落の形成. 南西水研研報, **21**: 25-35.
- 吉川浩二・月館潤一. 1987. 周年藻場形成の管理技術. 近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究. 昭和62年度Ⅵ—2—(2) 課題 (ホンダワラ) 研究成績報告書: 1-15.
- 吉川浩二. 1997. 成熟母藻投入法と幼胚集積法によるオオバノコギリモク群落の形成. 南西水研研報, **30**: 147-162.
- 四井敏男. 1980. モズク的生活環と増殖に関する研究. 長崎水試論文集, **7**: 1-48.

Synopsis

Succession of a Sargassaceae Seaweed Community Planted on an Artificial Stone Bed on the Coast of Amino, Central Japan

Akio DOUKE, Tomokazu NISHIGAKI, Kousuke YATSUYA and Yozo WADA

An artificial stone bed was constructed in February 2001 off Amino in Kyoto Prefecture, Central Japan, and a Sargassaceae seaweed community planted. We investigated the changes in its percentage coverage of different species over three years.

After one year, *Sargassum confusum* and *S. horneri*, which were rare on peripheral natural substrata, dominated on the artificial stone. After two years, *S. horneri* disappeared and *S. confusum* dominated; and after three years, *S. confusum* had decreased and *S. fulvellum* dominated. The growth and mortality rate of each species and inter-species competition for space were presumed to lead these algal successions.

The seaweed community on artificial stones after three years was similar to that of the surrounding seaweed community. This result indicates that to predict which species will dominate on artificial substrata, it is important to first investigate which species dominate in the surrounding seaweed community.