

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 ホンダワラ群落の生産構造図とフシスジモクの年齢構成

八谷光介, 西垣友和, 道家章生, 井谷匡志, 和田洋藏

Succession of a Sargassaceae Community on an Artificially Installed Stone Bed off Amino, Japan Sea
Productive Structure of Sargassaceae Community and Age Composition of *Sargassum confusum*

Kousuke Yatsuya, Tomokazu Nishigaki, Akio Douke*, Masashi Itani and Yoza Wada

Succession of a Sargassaceae community on large boulders installed off Amino in the middle part of Honshu facing the Japan Sea, was investigated in November 2004 when three years and nine months had elapsed after the installation of a stone bed. The species composition of the Sargassaceae community on the large boulders was almost the same as those in the previous year. *Myagropsis myagroides* and *Sargassum fulvellum* dominated on the large boulders at a depth of 4-5 m and 5-6 m, respectively. *S. confusum*, which had dominated at an earlier stage of the succession, accounted for 11-14 % of coverage and was overwhelmed by the dominant species. The age compositions of *S. confusum* in mixed communities were compared with those in the *S. confusum* patch. The results suggested that the recruitment and the survival rate of 2-3 years old of *S. confusum* in mixed communities were lower than in the *S. confusum* patch.

キーワード：ホンダワラ群落，遷移，藻場造成，フシスジモク，生産構造図

ホンダワラ科海藻によって形成される藻場は，多くの有用水産生物の生息，摂餌，産卵等に利用されるため，水産資源の保護や増殖を図る場所として重要である（布施，1962；大野，1984）。また，沿岸生態系の中でも一次生産量の多い場所であることから，藻場以外の沿岸生態系へ果たす役割も多いものとみなされている（Mann，2000）。しかし，近年埋め立てや水質汚濁等の影響によって藻場が衰退・減少しており，藻場造成に関して様々な調査・研究がなされている（吉川，2003）。

藻場造成の一手法として，基質を投入する方法がある。投入された基質上では海藻群落の一次遷移が始まり，優占種の交代を経て極相群落に至ることになる（谷口，1996；Serisawa *et al.*，1998）。このような造成基質上の海藻群落の遷移を，極相に至るまで中長期的に調査することは，藻場造成を評価するためには必須のものである。

丹後半島外海域の京丹後市網野地先では，2001年2月に投入された巨礫上にホンダワラ群落が形成され，その遷移が調査されている（道家ら，2004）。投入後2年9ヵ月では，巨礫上のホンダワラ群落の種組成は，水深や基質の安定性が同様な周辺の天然群落に類似してきているが，天然群落にはあまり見られないフシスジモク *Sargassum confusum* が巨礫上には平均被度20～30%程度で生育していた（道家ら，2004）。瀬戸内海

では，造成基質上でホンダワラ科海藻が優占する極相群落形成されるまで約3年経過していることから（吉川，1997），日本海のこの地先でも極相群落形成されるまで同程度かそれ以上の時間が経過することが想定される。そこで今後，巨礫上の群落が天然群落と完全に一致するのか，いくつかの差異を残したまま安定的に維持されるのか，について観察する必要がある。

海藻群落の遷移には優占種の交代が伴い，それらを規定する要因としては，光をめぐる競争関係，植食動物の摂食圧への耐性，種間の生存率の違い（中原，上野，1985）などが想定されている。遷移のメカニズムを明らかにするためには，これらの要因についても調査する必要がある。

そこで本研究では，京丹後市網野地先に投入された巨礫上のホンダワラ群落の経過観察として，投入から3年9ヵ月目にあたる2004年11月に被度調査を実施した。また，光をめぐる競争関係や加入量や生存率などを検討するために，ホンダワラ科海藻の生産構造，全長組成およびフシスジモクの年齢構成を調べた。

材料と方法

調査地である京都府京丹後市網野地先の水深4～7 mには2001年2月に巨礫（高さ0.7～1.2 m，重量1.2～2.0トン，造成基質と記す）が投入されている（Fig. 1）。

* 京都府農林水産部水産課 (Fisheries Division, Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Kyoto Prefectural Government, Kyoto 602-8570)

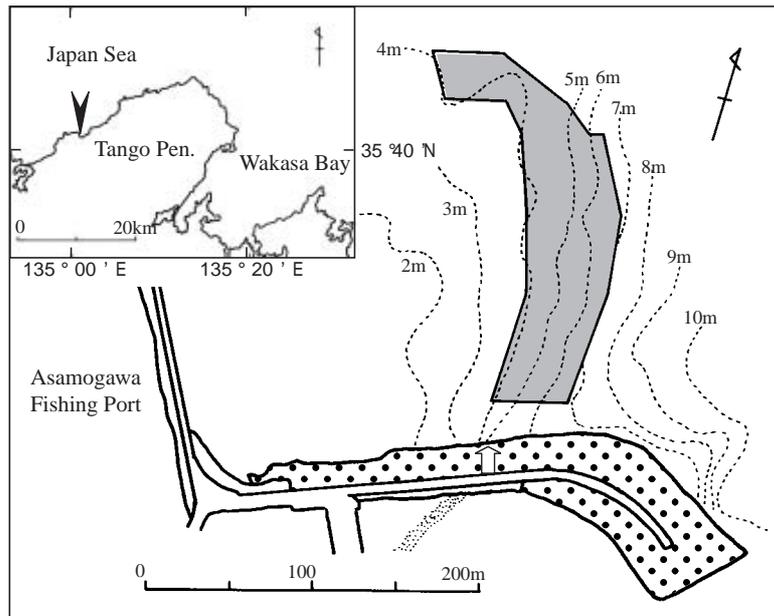


Fig. 1 A map showing the study site. Large boulders were installed in the shaded area in February 2002. The breakwater foundation was arranged in the dotted area before 1993. Open arrow indicates where the seaweed community was investigated on the breakwater foundation.

この造成基質は間隔を空けて配置されており、その間は砂域で高さ10~30 cmの天然の大礫が点在している。また、造成基質設置域の南側には1993年以前に設置された防波堤の根固めブロックがある (Fig. 1)。この根固めブロックは、波浪に対して安定で、設置から10年以上経過していることから、ここに形成された海藻群落はこの地先の極相とみなされている (道家ら, 2004)。なお、調査地の詳細は前報 (道家ら, 2004) に記されている。造成基質上面の水深は、海底面より平均で1 m程高くなっているが、本研究では造成基質投入面 (海底面) の水深を示す。

前報 (道家ら, 2004) では、底質と海藻群落の優占種によって景観を区分して調査区を設定している。今回も同様の方法で2004年10月18日に造成基質と根固めブロックを対象として、調査区の範囲を確定させた。造成基質では、水深4~5 mのジョロモク *Myagropsis myagroides* を中心とした群落と、水深5~6 mのホンダワラ *Sargassum fulvellum* を中心とした群落に景観が分けられた。また、根固めブロックでは、水深3~4 mのジョロモクを中心とした群落と、水深4~5.5 mのホンダワラとヨレモク *S. siliquastrum* を中心とした群落に景観が分けられた。これらの景観区分を調査区とし、各調査区で0.25 m² 方形枠 × 5カ所の被度調査を予備的に行った。

造成基質投入から3年9ヶ月が経過した2004年11月18日に造成基質と根固めブロックの海藻群落の種組成を比較するために被度調査を行った。水深4~5, 5~6 mからそれぞれ15個の造成基質をランダムに選び、そ

の上面全体を対象にホンダワラ科海藻の被度を調べた。根固めブロックでは、1 m² 方形枠をランダムに各調査区あたり10カ所設置し、枠内のブロック上面部に付着しているホンダワラ科海藻の被度を調査した。また、同日に造成基質上の群落構造を把握するために、坪刈り調査を行った。水深4~5, 5~6 mの各調査区から平均的な種組成を示す造成基質をそれぞれ4カ所選び、その基質上面の50 cm四方を坪刈りした。また、水深5~6 mにはほとんどフシスジモクで占められる造成基質がわずかにあった。そのフシスジモクのパッチの4カ所で50 cm四方の坪刈りを行った。

坪刈りしたすべてのホンダワラ科海藻の全長と湿重量を測定した。フシスジモクについては、すべての個体の付着器を斜めに切断し、断面に見られる年輪 (桐原, 2003) を数えた。その後、すべての藻体について付着部から高さ10 cmごとに切り分け、80 °C で24時間乾燥させた後に乾重量を測定し、生産構造図 (Monsi und Saeki, 1953; 藤田ら, 2003) を作成した。

結 果

被度 根固めブロック上のホンダワラ科海藻の被度を Fig. 2-Aに示した。水深3~4 mではジョロモクの平均被度が28.0%で最も高く、イソモク *Sargassum hemiphylum* (15.0%), ヨレモク (10.0%) が続いた。ホンダワラの平均被度は3.0%であった。水深4~5.5 mではヨレモクの平均被度が35.0%で最も高く、ジョロモク (15.0%) が続いた。ホンダワラの平均被度は8.0%であった。

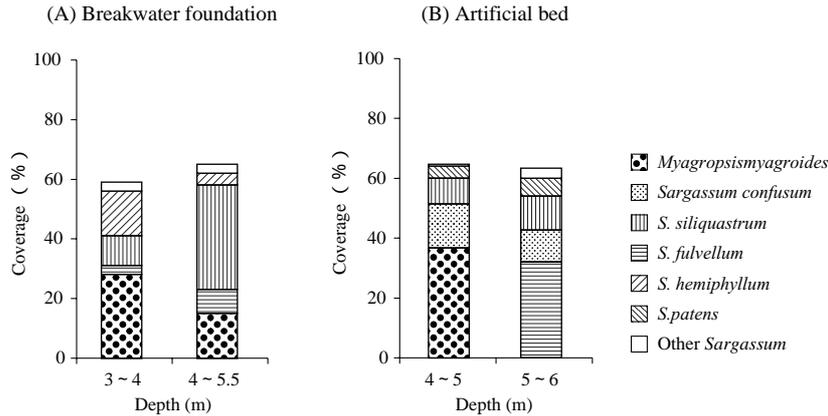


Fig. 2 Percent coverage of Sargassasaceae on the breakwater foundation (A) and the artificially installed stone bed (B).

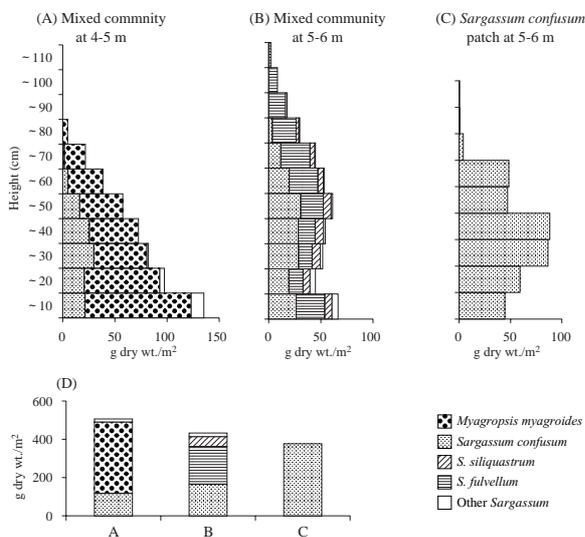


Fig. 3 Productive structures of Sargassasaceae communities on the artificially settled stone bed. A mixed community at 4-5 m (A), mixed community at 5-6 m (B), and *Sargassum confusum* patch (C). The standing stock of each community, indicated by A, B and C, is also shown (D).

造成基質上面のホンダワラ科海藻の被度をFig. 2-Bに示した。水深4~5 mではジョロモクが最も多く、平均被度は36.7%であった。次いでフシスジモク(14.7%)とヨレモク(8.7%)が多かった。水深5~6 mではホンダワラの平均被度が32.0%で最も高く、次いでヨレモク(11.3%)とフシスジモク(10.7%)が多かった。

なお、2004年10月20日に超大型の強い台風23号が本調査海域に接近した。台風接近前の2004年10月18日の予備調査時には、水深4~5.5 mの根固めブロック上のホンダワラは平均被度が40.0%であったが、台風後の11月18日には8.0%まで低下した。一方、根固めブロック上のホンダワラ以外の種や造成基質上のホンダワラ科海藻の平均被度は台風の前後で大きな変化は見られなかった。

造成基質上のホンダワラ科海藻の被度を、根固めブロック上のものと比較した。水深4~5 mの造成基質上面は水深3~4 mとなることから、水深3~4 mの根固めブロックを対象とした。両地点ではジョロモクが優占してヨレモクが出現する点が一致したが、フシスジモクは造成基質上だけで出現し、イソモクは根固めブロック上だけで出現した (Fig. 2)。水深5~6 mの造成基質上面は水深4~5 mとなることから、水深4~5.5 mの根固めブロックを対象とした。両地点では、ヨレモクとホンダワラが多く出現したが、造成基質上ではホンダワラの方が多く、根固めブロック上ではヨレモクの方が多かった (Fig. 2)。また、フシスジモクは水深5~6 mの造成基質上だけで見られ、ジョロモクは水深4~5.5 mの根固めブロック上だけで見られた (Fig. 2)。

生産構造図 2004年11月の各群落の生産構造図と単位面積あたりの重量をFig. 3に示した。水深4~5 mの混生群落では、ジョロモクが全層で優占しており (Fig. 3-A), その現存量は372.4 g dw/m²であった (Fig. 3-D)。フシスジモクの現存量は117.5 g dw/m²でジョロモクの1/3以下であった (Fig. 3-D)。水深5~6 mの混生群落では、ホンダワラとフシスジモクが多くその他ではヨレモクも出現した (Fig. 3-B)。ホンダワラとフシスジモクの乾重量は、それぞれ196.9 g dw/m², 165.8 g dw/m²で両者にあまり差は無いが (Fig. 3-D), 湿重量ではホンダワラが2,778.7 g ww/m²でフシスジモクの1,032.3 g ww/m²の2.6倍となった。なお、湿重量に対する乾重量の比はホンダワラが7%であり、フシスジモク(16%), ジョロモク(21%), ヨレモク(21%)よりかなり小さかった。水深5~6 mにみられたフシスジモクパッチの生産構造図をFig. 3-Cに示した。フシスジモクパッチの各層の現存量は混生群落のフシスジモクのものより多く、全層の現存量の合計は376.9 g dw/m²であった (Fig. 3-D)。フシスジモクパッチの現存量を100%とすると、水深4~5, 5~6 mの混生群落でのフシスジモクの現存量は、それぞれ31.1%,

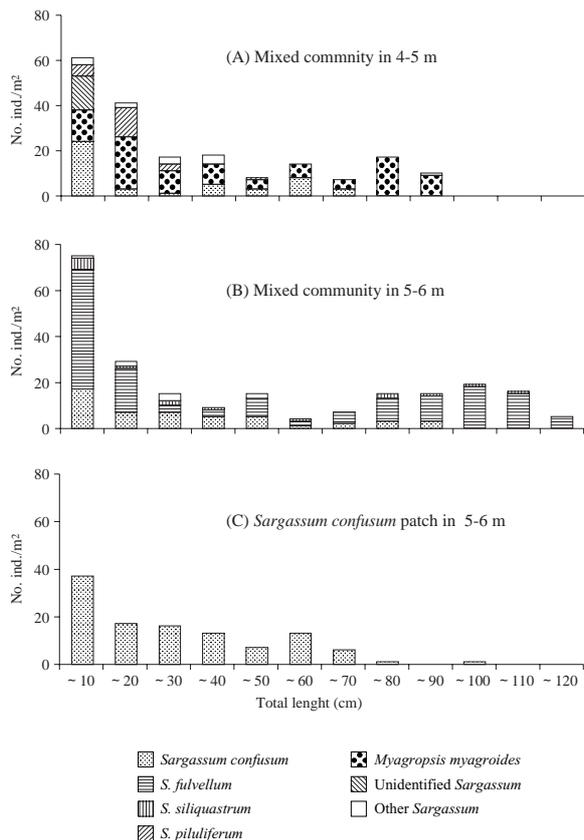


Fig. 4 Histograms show the number of individuals per m^2 in each range of total length. A mixed community at 4-5 m (A), mixed community at 5-6 m (B), and *Sargassum confusum* patch (C), on the artificially installed stone bed.

44.0%であった (Fig. 3-D)。全種を含めた群落全体の現存量は、フシスジモクパッチが最も少なく、水深4~5 mの混生群落で最も多かった (Fig. 3-D)。

造成基質上の各群落の全長区分別個体数をFig. 4に示した。水深4~5 mの混生群落 (Fig. 4-A) では、10 cm以上のすべての全長区分でジョロモクの個体数がフシスジモクを上回った。ジョロモクは最長で87 cmであり、フシスジモクは最長で68 cmであった。10 cm以下の小型個体は合計61個体出現し、その内訳はフシスジモクが24個体で最も多く、未同定のホンダワラ属15個体、ジョロモク14個体、マメタワラ5個体であった。水深5~6 mの混生群落 (Fig. 4-B) では20~40 cm以外のすべての全長区分でホンダワラが最も多かった。ホンダワラは最長で115 cmであり、フシスジモクは最長で85 cmであった。10 cm以下の小型個体は合計75個体出現し、その内訳はホンダワラが52個体で最も多く、フシスジモク17個体、ヨレモク5個体であった。フシスジモクのパッチでは最長で91 cmの個体が出現し、10~70 cmの区間では1区分あたり6~17個体が出現した (Fig. 4-C)。10 cm以下の小型個体は37個体が出現した。

フシスジモクの年齢構成 各調査区のフシスジモクの

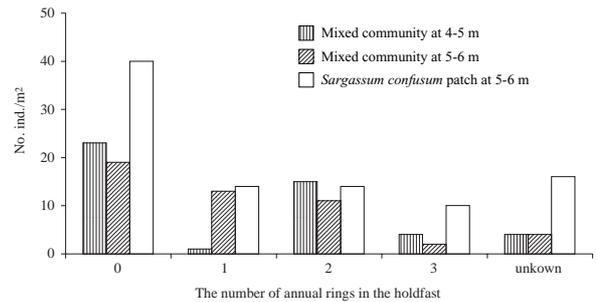


Fig. 5 Histogram showing the number of *Sargassum confusum* individuals with each number of annual rings per m^2 . *S. confusum* in the mixed community at 4-5 m (▨; $n = 47$), mixed community at 5-6 m (▧; $n = 49$), and *S. confusum* patch at 5-6 m (□; $n = 94$), on the artificially installed stone bed.

年齢構成をFig. 5に示した。すべての調査区で0歳とされる個体が最も多く、その個体数はフシスジモクのパッチでは40個体/ m^2 、水深4~5 mの混生群落では23個体/ m^2 、水深5~6 mの混生群落では19個体/ m^2 であった。混生群落の年齢群には、フシスジモクパッチの年齢群と比べて特に少ないものがあり、それらは水深4~5 mの1歳と3歳、水深5~6 mの3歳であった (Fig. 5)。

考 察

京丹後市網野地先に2001年2月に投入された巨礫上では、初年度よりホンダワラ科海藻が優占し、現在に至るまでその遷移が調査されている。投入後11ヵ月から1年7ヵ月までは水深5~6 mで調査が行われ、そこにはフシスジモクが優占していたが、2年9ヵ月後には水深4~5 mではジョロモク、水深5~6 mではホンダワラが優占し、フシスジモクの被度は20~30%に低下した (道家ら, 2004)。今回調査した3年9ヵ月後の基質には、水深4~5 mではジョロモクが、水深5~6 mではホンダワラが優占し、フシスジモクの平均被度は11~15%であった (Fig. 2)。これらの結果は、投入後2年9ヵ月から3年9ヵ月の1年間で造成基質上の最優占種は代わらず、遷移初期の優占種であったフシスジモクが被度を減少させたものの両調査時とも第2位であったことを示している。よって造成基質上のホンダワラ群落の種組成は、この1年間でほとんど変わらなかったと考えられる。

道家ら (2004) は、造成基質上のホンダワラ群落の遷移が進めば、造成基質と同様に波浪に対して安定な根固めブロック上に形成された天然群落に類似してくるとして、これらと比較している。今回も同様に比較すると、フシスジモクが造成基質上だけで出現し、根固めブロック上に出現した水深3~4 mのイソモクと水深4~5.5 mのジョロモクが同水深帯の造成基質上には出現しない、という違いが見られた (Fig. 2)。また、水深5~6 mの造成基質では、ホンダワラの方がヨレ

モクよりも多かったが水深4~5.5 mの根固めブロックではヨレモクの方が多かった (Fig. 2)。なお、このホンダワラとヨレモクの違いは、2004年10月下旬の台風の影響によると考えられる。すなわち、台風前の2003年11月 (道家ら, 2004) と2004年10月の予備調査時には水深4~5.5 mの根固めブロック上ではホンダワラがほぼ同じ被度で優占していたので、台風の影響がなければヨレモクとホンダワラの割合は両地点でほぼ一致したのではないかと考えられる。本地先の極相とみなされている根固めブロック上の海藻群落と投入後3年9ヵ月の造成基質上の海藻群落では、以上のような違いが見られたので、今後もこれらの種の消長に注目していきたい。

水深5~6 mのホンダワラは、乾重量ではフシスジモクの1.2倍でしかないが (Fig. 3-D), 湿重量で2.6倍となっており、平均被度では3倍であった (Fig. 2)。乾重量よりも、被度や湿重量の方が生育時の空間占有状態をより適確に表すと考えられるので、ホンダワラはフシスジモクの上部を覆っているとみなすことができる。また水深4~5 mの造成基質上ではジョロモクがフシスジモクの上部を覆っていた (Fig. 3-A)。よって、本調査が行われたホンダワラ科海藻の生長期にあたる時期には、造成基質上の光をめぐる競争に関してみると、フシスジモクよりもジョロモクとホンダワラの方が有利であると考えられる。そのため、遷移の初期に優占したフシスジモクは今後再び優占種となる可能性は低く、むしろ群落内での割合を減少させるのではないかと予想される。

ジョロモクは波あたりの強い場所で優占する多年生海藻なので (今野ら, 1985), 波浪による剥ぎ取りにも耐えられる。その上、水深4~5 mの造成基質上ではフシスジモクに次いで10 cm未満の小型個体が多かったため (Fig. 4-A), ジョロモクは水深4~5 mの造成基質上で今後も優占し続けると予想される。水深5~6 mの造成基質上では、ホンダワラの全長10 cm以下の個体数が多いことから (Fig. 4-B), この地点では今後もホンダワラの個体数が増えると予想される。しかし、ホンダワラの寿命が2年と短いことや (吉田, 1985; 道家, 2003), 付着器が仮盤状で波浪による剥ぎ取りへの抵抗力が弱いことなどから (吉田, 1985), ホンダワラが安定して優占するとは断言できない。なお、ホンダワラに代わる可能性がある種として、水深4~5.5 mの根固めブロック上で台風後にホンダワラに代わり優占したヨレモクが挙げられる。

混生群落のフシスジモクは、0齡と3齡の年級群がフシスジモクのパッチよりも少なく (Fig. 5), このことは混生群落ではフシスジモクの加入量が少なく、2齡から3齡にかけての生存率が低い可能性を示唆している。加入量低下の原因として、幼胚供給量の減少や他のホンダワラ科海藻などによる着底場所の占有など考

えられる。さらに、生存率を左右する原因として、群落下部の光条件の悪化や植食動物による摂食などが考えられるが、今回の調査では明らかにできなかった。

遷移系列の記述は被度調査単独でもできるが、群落の立体構造や優占種が交代するメカニズムを調べることは困難であった (道家ら, 2004)。そこで、本研究では、ホンダワラ科海藻の生長期にあたる11月に、被度調査に加えて、生産構造図を作成し、遷移の初期に優占していたフシスジモクの年齢構成を調べた。その結果、フシスジモクの優占度が大きく減少してきた混生群落では、ジョロモクやホンダワラがフシスジモクの上部を覆い、フシスジモクの単位面積あたりの現存量はフシスジモクパッチの半分以下となっていることが明らかになった。また、水深5~6 mの造成基質上ではホンダワラの加入個体数が特に多いことも示された。そして、混生群落についてはフシスジモクの加入量や生存率が、フシスジモクがパッチ状に残っていたところより低下している可能性が示唆された。造成基質上で進行したホンダワラ群落の遷移は、このような現象が組み合わさり優占種が交代することによって進行していると推察される。

文 献

- 道家章生, 西垣友和, 八谷光介, 和田洋蔵. 2004. 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. 京都海洋セ研報, 26: 9-14.
- 道家章生. 2003. ホンダワラ養殖技術開発について. 日水研連絡ニュース, (402): 7-9.
- 藤田大介, 新井章吾, 村瀬 昇, 田中次郎, 渡辺孝夫, 小善圭一, 村松 航, 長谷川和清, 千村貴子, 佐々木美貴, 村井香里. 2003. 氷見市虹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.
- 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.
- 桐原慎二. 2003. フシスジモク. 「藻場の海藻と造成技術」(能登谷正浩編). 47-65. 成山堂書店, 東京.
- 今野敏徳, 泉 伸一, 竹内慎太郎. 1985. 漸深帯大型海藻の帯状分布に及ぼす波浪の影響. 東水大研報, 72: 85-98.
- Mann K.H. 2000. Ecology of coastal waters 2nd ed. 406pp. Blackwell Science.
- Monsi M., Saeki T. 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jap. J. Bot.*, 14: 22-52.
- 中原紘之, 上野正博. 1985. 海藻群落における遷移のメカニズム. 日水誌, 51: 1437-1440.
- 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

- 京.
- Serisawa Y., Taino S., Ohno M., Aruga Y. 1998. Succession of seaweeds on experimental plates immersed during different seasons in Tosa Bay, Japan. *Bot. Mar.*, 41: 321-328.
- 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: 765-771.
- 吉田忠生. 1985. ホンダワラ類の分類と分布(5), *Teretia*節の種類 2. *海洋と生物*, 38: 200-203.
- 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.
- 吉川浩二. 2003. ガラモ場の遷移と管理. 「藻場の海藻と造成技術」(能登谷正浩編). 190-209. 成山堂書店, 東京.