

コンクリート板上に着生したフシスジモクの成長と成熟

金田友紀*, 櫻井 泉*

Growth and maturation of the perennial brown alga *Sargassum confusum* adhered on concrete plates

Tomonori KANETA* and Izumi SAKURAI*

In order to develop a technique for algal bed formation, the growth and maturation of the perennial brown alga *Sargassum confusum* that adhered to concrete plates were examined. The concrete plates were placed at the ground level in the area with *S. confusum* vegetation at Minedomari, Atsuta, in July 2000. The plates were then relocated at a depth of 1 m and 3 m in December 2000, at 5 m in January 2001 in the same area, and at 1 m in January 2003 in the southern part of the area where Pacific herring spawn. The length of *S. confusum* on the plates was measured. The mean length of *S. confusum* on the plates set under severe wave conditions (depth: 3 m) was lesser than that under calm wave conditions (depth: 1 m and 5 m). The mean length of *S. confusum* on the plates was lesser than that observed in natural vegetation around the plates at the southern area. The maturation of *S. confusum* was observed on the plates at the age of three years. These results suggest that algal bed formation should be carried out for three successive years.

キーワード：フシスジモク，コンクリート，移設，成長，成熟

まえがき

大型多年生海藻であるフシスジモク *Sargassum confusum* は、北海道における重要な漁業資源であるニシン *Clupea pallasii* の産卵基質となっており¹⁾、その保全や産卵床の拡大を目的とした藻場造成が望まれている。他のモク類では造成技術開発に関する各種試験が行われ、成長²⁻⁶⁾、生残³⁻⁶⁾、成熟²⁾等の特性が把握されているが、フシスジモクについては、天然群落の藻体の成長⁷⁻⁹⁾、成熟^{7,8)}、年齢形質特性^{7,9)}が報告されている程度である。

一方、モク類の造成方法の一つとして、取り外し可能な基質を、天然群落内や採取した母藻を畜養した水槽内に設置し、これに対象海藻の幼胚を着生させた後、目的とする造成地に基質ごと移設する方法（以下、基質移設法と称する）が考案されている¹⁰⁾。この方法では天然群落の生育環境とは異なる環境への造成が可能であるが、適用に際しては、造成地の環境が、その後のモク類の成長や成熟に適しているかを把握しておく必要性が指摘されている。

このような背景の中、著者らはニシン産卵藻場造成技術開発の一環として基質移設法によるフシスジモク群落の造成試験を実施し、基質移設後のフシスジモクの成長、成熟に関する知見を得たので報告する。

材料および方法

試験海域をFig.1に示す。2000年7月、北海道石狩市厚田区嶺泊海域のフシスジモク群落内に、縦横30cm、高さ6cmのコンクリート板を20枚、鉄製の枠を用いて海底に設置し、フシスジモクの新規着生基質群とした（Fig.2）。設置水深は約0.5mである。

1. 移設試験 I

移設地の波浪環境の差がフシスジモクの初期成長に与える影響を調べるため、2000年12月に、基質群のうち1枚を同海域の水深1m地点に（以降、基質-1とする）、3枚を水深3m地点に移設した（以降、基質-3とする）。水深5m地点については荒天により移設作業ができな

報文番号 A402 (2006年1月30日受理)

*北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

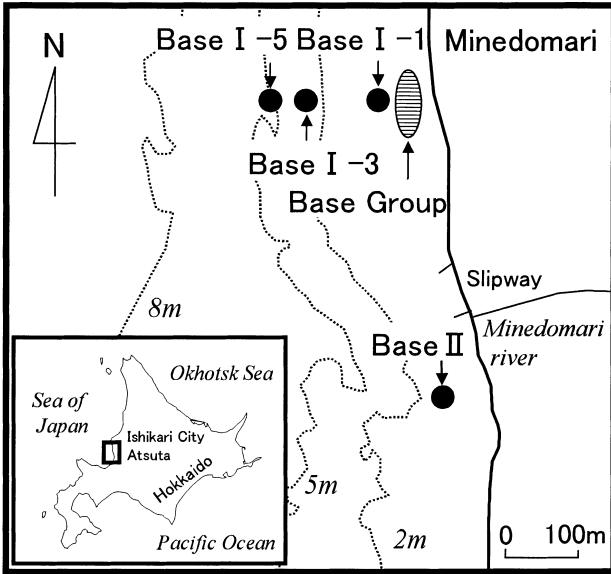


Fig.1 Location of experimental area off the coast of Minedomari, Atsuta, Hokkaido, Japan. Hatched ellipse indicates the area at which the concrete plates placed for newly adhesion of perennial brown alga. The plates were relocated at a depth of 1 m (Base -1), 3 m (Base -3), 5 m (Base -5) and 1 m in the spawning bed of Pacific herring (Base)

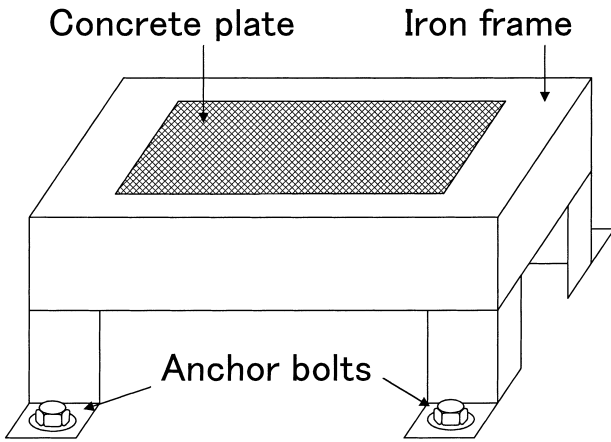


Fig.2 Schematic diagram of concrete plate used for algal adhesion

ったため、2001年2月に水深5m地点へ3枚の基質を移設した(以降、基質-5とする)。

基質へのフシスジモクの着生から9ヶ月目以降となる2001年4月、6月、7月および9月に、各地点に移設した基質上のフシスジモク個体数および全長を潜水により計測した。なお、基質-1については、2001年4月と6月は濁りのため計測できなかった。

2. 移設試験Ⅱ

移設試験 を実施した海域の南側にはフシスジモク、

ウガノモク *Cystoseira hakodatensis*、ミヤベモク *S. miyabei*、スガモ *Phyllospadix iwatensis*などが混在する藻場が分布し、石狩湾系ニシンの産卵床となっている¹¹⁾。このニシン産卵床内に造成した藻類が成長、成熟し、藻場の維持、拡大への寄与の程度を調べるため、2003年1月に、フシスジモクの着生が確認された5枚の基質をニシン産卵床内の水深1m地点に移設した(以降、基質 とする)。2003年8月から2004年11月までの間、およそ1ヶ月に1回、移設した基質上に着生していたフシスジモクの全長を潜水により計測した。また、2003年1月から6月までは、画像解析フリーウェアLIAforWin32を用い、基質上のフシスジモクの水中写真から全長を推定した。なお、移設後に着生したと考えられる小さな幼体は計測から除外した。2004年6月および8月に基質の周辺で生育する天然フシスジモクについて、潜水により全長を計測した。さらに、基質上のフシスジモクについて、2003年および2004年夏季に生殖器床の形成を目視および実体顕微鏡下で観察した。

結果

1. 移設試験Ⅰ

基質-3および基質-5について、基質1枚(0.09m²)に着生したフシスジモクの平均個体数をFig.3に示す。平均着生個体数は、基質-3で4.3~6.3個、基質-5で11.7~14.3個であった。基質-1の着生個体数は5個体であった。なお、基質-3および基質-5上のフシスジモクの平均着生数をt検定により比較すると、4月、7月および9月で、基質-3が有意に小さかった(片側、p<0.05)。

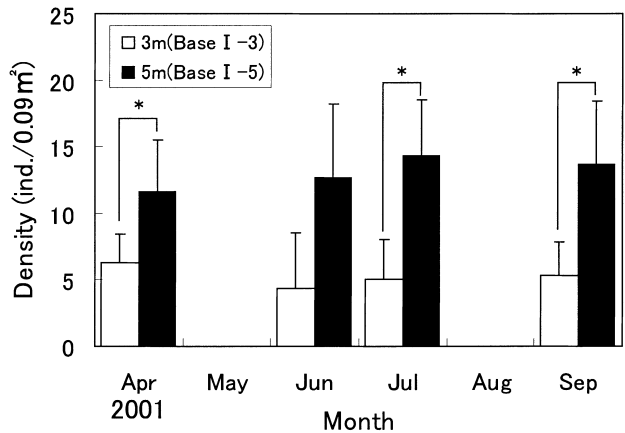


Fig.3 Changes in the mean density of *S. confusum* which grow on the relocated concrete plates. Vertical lines indicate standard deviations. Asterisks indicate significant differences (One-sided t-test, p<0.05).

各水深に移設した基質上に着生したフシスジモクの全長計測結果をFig.4に示す。基質・1上のフシスジモクの平均全長は、7月に9.0cm (SD = 4.2cm), 9月に16.3cm (SD = 3.5cm)であった。基質・3上のフシスジモクの平均全長は、4月に4.4cm (SD = 2.5cm), 6月に8.8cm (SD = 4.6cm)と伸長したが、7月には7.3cm (SD = 3.2cm)と前月よりも小さくなった。9月には再び平均全長が伸長し、10.9cm (SD = 4.9cm)となった。基質・5上のフシスジモクも基質・3と同様な成長傾向を示し、平均全長は4月に6.7cm (SD = 2.9cm), 6月に11.3cm (SD = 4.3cm)と伸長したが、7月には9.8cm (SD = 3.3cm)と前月よりも小さくなった。9月には再び平均全長が伸長し15.6cm (SD = 5.2cm)となった。基質・3および基質・5上のフシスジモクの平均全長についてMann-WhitneyのU検定で比較したところ、4月 ($p < 0.01$), 7月 ($p < 0.05$) および9月 ($p < 0.01$) で、基質・5のものが有意に大きかった。なお、基質・1は基質・5に近い成長傾向を示したが、サンプル数が少なかったため、比較から除外した。

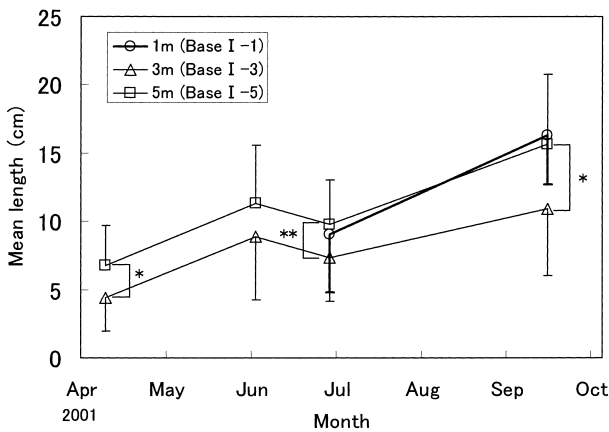


Fig.4 Changes in the mean length of *S. confusum* on the concrete plates relocated at a depth of 1m (), 3m () and 5m (). Vertical lines indicate standard deviations. Asterisks (*) indicate significant differences (Mann-Whitney's U test, $p < 0.01$). Double asterisk (**) indicates significant difference (Mann-Whitney's U test, $p < 0.05$)

2. 移設試験Ⅱ

基質 上に着生したフシスジモクの全長計測結果をFig.5に示す。海水の濁りの影響を受け、計測できた個体数は14~49の間で変動した。基質 上のフシスジモクの平均全長は、2003年1月から4月の間、10cm前後で推移した。平均全長は、6月に21.8cmまで伸長した後、8月には13.8cm (SD = 3.8cm)となった。2003年11月から2004年3月の間、平均全長は22cm前後で推移した後、4月から6月の間に急伸長した。6月の平均全長は36.2cm

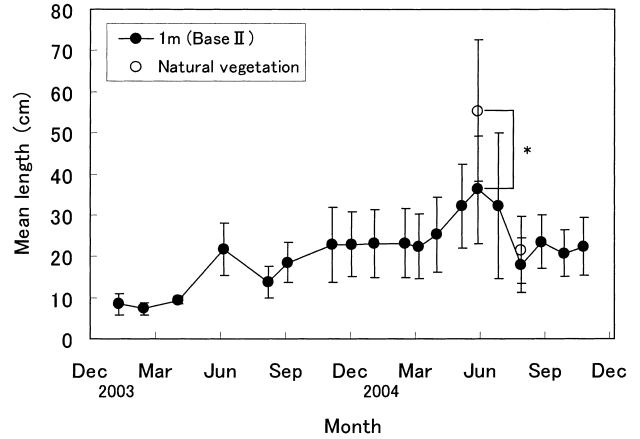


Fig.5 Changes in the mean length of *S. confusum* which grow on the concrete plates relocated at a depth of 1 m in the spawning bed of Pacific herring. Vertical lines indicate standard deviations. Asterisk indicates significant difference (t-test, $p < 0.01$).

(SD = 13.1cm)で、最大の個体は67.0cmに達した。8月には主枝部分が枯死し、平均全長は17.9cm (SD = 6.6cm)となった。基質 周辺の天然フシスジモクの2004年6月の平均全長は55.3cm (N = 10, SD = 17.1cm), 最大の個体で90.0cmであった。また、8月の平均全長は21.6cm (N = 9, SD = 8.1cm)であった。2004年6月の基質 上のフシスジモクと周辺の天然フシスジモクとの平均全長を比較すると、基質 上のフシスジモクの平均全長が有意に小さかった (t-test, $p < 0.01$)。

2003年6月に、藻体全体に生殖器床の形成を確認した。また、2004年7月にも同様に生殖器床の形成および卵の放出を確認した。

考 察

水深3mの移設地点は岸から続く平磯の縁辺部にあり、碎波帯に位置している¹²⁾。そのため、基質・3は基質・5に比べて冬季間に激浪を受けた頻度が高いと推測される。また、一般的に着生初期の藻体は付着力が小さく¹³⁾、大きな個体ほど流れが強く作用する^{14,15)}。これらのことから、本試験において、水深3mに移設した基質上のフシスジモクのほうが水深5mに移設した基質上の個体よりも着生数が少なく、全長が短かったのは、基質・3上の成長の良かった個体が4月までに波浪によって脱落し、平均全長を引き下げたためと考えられる。

基質 上のフシスジモクは、移設時の全長が10cm前後であり、基質群上のフシスジモクは着生1年後に脱落していなかったことから、基質を設置した2000年に着生したもので、2004年7月で基質への着生から4年が経過し

ていたと考えられる。本試験の結果, 2004年6月における基質上のフシスジモクの全長は, 周辺の天然個体に比べて有意に短かったが, 本種は季節的な消長を繰り返しながら3歳までは成長量が増加し続け, 4歳以降は成長量の増加が鈍化することが報告されている⁸⁾。このことから, 基質上のフシスジモクは, 若齢であるため平均全長が短いのではなく, 過去に何らかの成長阻害を受け, その影響が続いていると推察される。そこで, いくつかの成長阻害要因について以下に検討する。

まず, 生育環境について検討する。移設地には, 下草としてベニスナゴやヒラコトジといったスギノリ科の紅藻類やスガモなどが分布し, モク類などの大型藻体はパッチ状に生育していた。本試験では, 約3m²のモク類の生育していない場所に基質を設置したことから, 光量不足による成長への影響は少なかったと考えられる。また, 基質の設置点から周辺の天然フシスジモクまでの距離は1~2m程度であり, 水温, 塩分および栄養塩濃度等の条件に差はなかったことから, これらの環境要因による影響も考えにくい。

次に, 基質に用いたコンクリート板について検討する。製作した直後のコンクリート板を海水中に投入するとアルカリ物質が溶出することが知られており¹⁶⁾, これが藻類の成長に悪影響を及ぼす可能性が指摘されている。しかし, 各地で実施されているコンクリート基質を用いたホンダワラ類やコンブ類の造成事業では, 成長阻害に関する報告はなく, 加えて, 沿岸漁場整備開発事業施設設計指針¹⁷⁾にも, これに関する注意事項はない。本試験では, 幼胚が着生する数週間前から基質を海水中に設置し, 設置場所も閉鎖環境ではなかったこと, 移設試験では海中へ設置後, 数年が経過したものであったことから, コンクリート板のアルカリ成分はフシスジモクの成長を阻害する要因とはならないと考える。

最後に移設方法であるが, 基質の移設時に, 着生基質群のコンクリート板を引き上げてから移設地まで, 陸上を15分ほど徒歩で運んだ。当日(2003年1月20日午前11時)は晴天であったが, 気温は-5.1であった¹⁸⁾。ホンダワラ類では生育に適した水温範囲が種により定まっていて, それを超える低温および高温環境下では成長が劣る¹⁹⁾。このため, 一時的にしろ若齢個体を極度の低温に曝したことが, 以後の成長を阻害する要因となった可能性が大きい。

なお, 基質上のフシスジモクの成長は天然に比べ劣ったが, 人工基質上であっても3年目以降は再生産機能を発現したことから, 群落の維持には貢献できると考えられる。

以上のことから, 藻場造成を計画・実施する上で留意

すべき問題点として以下の3点が指摘できる。

付着力が弱い幼体期間(本試験では着生から9か月間)に波浪環境が厳しい場所へ移設すると, 着生した幼体が脱落する可能性がある。

移設時に極度の低温に曝すと, 成長阻害を引き起こす可能性がある。

コンクリート板上であってもフシスジモクは成熟し, 再生産は可能であるが, 着生から2年間は再生産ができない。

これらの問題点を踏まえ, 基質移設法によってフシスジモクを対象とした藻場を新規に造成する場合, 造成地の波浪条件や移設時の温度条件に留意した上で, 3年間の連続した事業計画を立案する必要があると考える。

今後は, より効率的で確実な藻場造成のために, 群落の維持に必要な造成量や, 乾燥, 温度管理といった移設時の基質の取扱方法について検討する必要がある。

要 約

フシスジモクを対象とした藻場造成試験の一環として天然群落内にコンクリート板を設置し, 幼胚を着生させた後, これを異なる水深帯およびニシンの産卵床内に移設し, その後の成長, 成熟過程を観察した。得られた結果は以下の通りである。

1. 初期成長時に波浪の厳しい環境へ移設した基質上のフシスジモクは, 比較的穏やかな環境へ移設した基質上のフシスジモクに比べ平均全長が短く, 着生個体数も少なかった。これは, 波浪により成長の良かったものが脱落したためと考えられた。
2. 人工基質上に着生後, 4年経過したフシスジモクは, 天然個体に比べ, 最盛期の平均全長が短かった。これは移設時の低温曝露による成長阻害の可能性が示唆された。
3. 人工基質上に着生したフシスジモクは, 着生3年目以降成熟することが確認された。
4. フシスジモクによる藻場を新規に造成する場合には, 造成地の波浪条件や移設時の温度条件に留意した上で, 3年間の連続した事業計画を立案する必要性が示唆された。

謝 辞

石狩漁業協同組合の木村実氏には調査に協力いただいた。北海道立中央水産試験場の干川裕主任研究員, 北海道原子力環境センターの川井唯史博士ならびに(独)水産総合研究センター水産工学研究所の桑原久実博士には,

移設計画の策定に助言いただくとともに、移設作業に協力いただいた。ここに記して感謝申し上げます。

文 献

- 1) 多田匡秀, 瀧谷明朗, 今井義弘, 赤池章一: 産卵藻場造成技術開発試験. 北海道立稚内水産試験場事業報告書. 平成11年度, 113-116 (2000)
- 2) 吉田範秋, 西川 博: ホンダワラ類の生長. 長崎県水試研報 .(1), 13-18 (1975)
- 3) 三浦信昭, 中林信康: 地域特産藻類増養殖技術開発研究 (ホンダワラ・アカモク・エゴノリ). 秋田県水産振興センター事業報告書. 平成14年度, 205-212 (2002)
- 4) 中林信康: 男鹿市藻場回復事業 (女川地先). 秋田県水産振興センター事業報告書. 平成14年度, 202-204 (2002)
- 5) 吉川浩二: ホンダワラ藻場造成に関する研究 - 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 (1987)
- 6) 吉川浩二: 成熟母藻投入法と幼胚集積法によるオオパノコギリモク群落の形成. 南西水研研報 . 30, 147-162 (1997)
- 7) 名畑進一, 新原義昭, 松谷 実, 武井文雄: 利尻島におけるフシスジモク *Sargassum confusum* の生態. 北水試研報 . 23, 53-64 (1981)
- 8) 藤川義一, 桐原慎二: フシスジモク. 日水誌 . 66(4), 750-751 (2000)
- 9) 津田藤典, 赤池章一: 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力. 水産増殖 . 49 (2), 143-149 (2001)
- 10) 中嶋泰: 移植ブロックによる藻場造成. 日水誌 . 66 (4), 758-759 (2000)
- 11) Hoshikawa, H., Kuwahara, H., Tajima, K., Kawai, T., Kaneta, T. and Tsuda, F.: Characteristics of a Pacific herring *Clupea pallasii* spawning bed off Minedomari, Hokkaido, Japan. *Fisheries Science* . 70, 772-779 (2004)
- 12) 金田友紀: パソコンで波を予測する. 北水試だより . 55, 11-15 (2002)
- 13) 奥田武男: ホンダワラ類における幼胚の入手と着生機構. 月刊海洋科学 . 17 (1), 38-44 (1985)
- 14) Carrington, E.: Drag and dislodgment of an intertidal macroalga: consequences of morphological variation in *Mastocarpus papillatus* Kutzing. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* . 139, 185-200 (1990)
- 15) Friedland, M. T. and Denny, M. W.: Surviving hydrodynamic forces in a wave-swept environment: Consequences of morphology in the feather boa kelp, *Egregia menziesii* (Turner). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* . 190, 109-133 (1995)
- 16) 能登谷正浩: “人工基質の設計”. 藻場の海藻と造成技術. 東京, 成山堂書店, 2003, 249-257.
- 17) 沿岸漁場整備開発事業施設設計指針編集委員会: 沿岸漁場整備開発事業施設設計指針. (平成4年度版), 東京, 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会, 1992, 411p.
- 18) 気象庁: 気象統計情報. 気象庁ホームページ, <http://www.data.kishou.go.jp/etrn/index.html>
- 19) 原口展子, 村瀬 昇, 水上 譲, 野田幹雄, 吉田吾郎, 寺脇利信: 山口県沿岸のホンダワラ類の生育適温と上限温度. 藻類 . 53, 7-13 (2005)