

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

誌名	水産増殖 = The aquiculture
ISSN	03714217
巻/号	492
掲載ページ	p. 143-149
発行年月	2001年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



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

津田藤典・赤池章一

(2001年4月28日受理)

Annual Life Cycle and Productivity of *Sargassum confusum* Population off the Coast of Western Shakotan Peninsula in Southwestern Hokkaido, Japan

Fujinori TSUDA^{*1,2} and Shoichi AKAIKE^{*3}

Abstract: The present studies were carried out from May 1997 to August 1998. Its annual life cycle was divided into four periods: slow growing, rapid growing, mature, and withering. Small plants under 10 cm in length were constantly present all the year round, comprising 35.4 to 98.8 percent of the population. Population density increased in December due to the inclusion of newly developed young plants and decreased gradually to the following April. However, density fluctuation was minimal from May to November, this indicating the number of plants older than 1-year was stable. Plants with receptacles were first observed in early June when water temperature reached 13 and were continued to be observed until mid August. Female plants released eggs from late June to early August in water temperature ranging from 18 to 23. Annual net production of the species was estimated at 950.2 g, dry/m², which was about 1.1 times as great as the maximum standing crop in July 1998.

Key words: *Sargassum confusum*; Growth; Maturation; Productivity

ヒバマタ目ホンダワラ科褐藻フシスジモク, *Sargassum confusum* は、三陸以南の太平洋沿岸および南西諸島を除く本邦沿岸に広く分布する大型多年生海藻である¹⁾。本種は、“磯焼け”，すなわち大型海藻の大部分が凋落し、無節サンゴモが優占する現象が見られる北海道南西部沿岸^{2,5)}において、主要な一次生産者であり、ウニなど植食動物の食物として、また魚介類の産卵、生息場として沿岸生態系で重要な役割を果たしている。

“磯焼け”現象は、岩礁性魚介類、いわゆる磯根資源の著しい減少をもたらし、それら資源に依存度の高い当海域における漁家経営を圧迫することから、藻場の保護、造成ならびに有効利用技術の開発が緊急の課題となっている。

近年、磯焼けが50年以上も持続している北海道南西

部沿岸で大規模なウニ除去を行った結果、フシスジモク群落の形成をみたことから、温暖な海況条件下においては、暖海性のホンダワラ科藻類による群落の造成が可能であると指摘されている^{6,7)}。したがって、今後とも温暖な海況条件が発生、持続するならば、ウニなどの磯根資源に対して本種の有効利用を図っていく必要がある。しかし、本種の生態に関する知見は、生長^{8,9)}、成熟時期^{8,13)}、分布特性^{14,17)}などの報告があるが、生長と成熟に関する詳細な生活年周期や生産性等については未だ明らかにされていない。

そこで、フシスジモク群落をウニ漁場として利用する際に、適切な放流時期および放流数を算出する上で、重要な知見と考えられる本種の生長と成熟の年周期を把握し、年間純生産量を推定したのでここに報告する。

^{*1} 北海道原子力環境センター (Hokkaido Nuclear Energy Environmental Research Center, Miyaoka, Kyowa, Iwanai, Hokkaido 045-0123, Japan).

^{*2} 現所属：北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Hamanaka, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan).

^{*3} 北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, Suehiro, Wakkanai, Hokkaido 097-0001, Japan).

材料および方法

調査海域は、Fig. 1 に示した泊村興志内地先である。

調査期間における日平均水温は、北海道電力泊発電所沖合モニター（沖合約650 m）において測定（10分間隔）された水深0.5 m の水温から算出した。また、過去30年（1967～1996年）の月平均水温の算出には、寿都測候所で測定された表層水温を用いた。

本海域において、フシスジモクは低潮線付近から水深約7 m までの岩盤上に生育し、特に水深1 m 付近では、ほぼ純群落を形成していた。1997年5月から1998年8月にかけて毎月1回、本種の密度が最も高い水深1 m 付近で、50 cm × 50 cm の方形枠を用い2箇所（計0.5 m²）で採集した。採集した藻体は、季節的な生長周期を把握するため、全長（付着器底面から最長主枝の先端までの長さ）と湿重量を測定した。また、1997年5月から8月にかけては、成熟過程を詳細に把握するため、原則として週に1回（計17回）、調査地点周辺の低潮線付近に生育していた藻体から任意に約20個体を選び、生殖器床形成の有無、雌性藻体における卵放出の有無を観察記録した。

1997年8月から1998年8月にかけて、年間純生産量を推定した。本種の藻体は付着器、茎と主枝（側枝、葉、気胞、生殖器床等を含める）よりなるが、茎および

付着器は、主枝と比較した場合、生長量は非常に少ないと考えられたので、主枝の生産量を本種の生産量とし、次式に示した現存量積み上げ法¹⁸⁾を用いて年間純生産量（ P_N ）を求めた。

$$\text{年間純生産量 } P_N = (S_2 - S_1) + (W + G)$$

ここで、 S_1 は1997年8月における主枝の現存量、 S_2 は1998年8月における主枝の現存量、 W は年間枯死脱落量、 G は年間被食量を示す。年間被食量は、藻体に残された植食動物による被食痕から推定が可能であるが、この場合、年間を通して被食痕がほとんど認められなかったため G は無視し得る。よって、本種の年間純生産量は1998年8月と1997年8月の現存量の差に年間枯死脱落量を加えた値となる。

枯死脱落量は、層別刈り取り法¹⁹⁻²¹⁾を用いて推定した。月に1回、0.5 m² の区画から採集した藻体を、水中での生育状態に近い形に整えて付着器底面から10 cm ごとに切断した。その後、主枝と茎および付着器に分けて水道水で洗浄し、80℃、48時間で熱風乾燥させた後、各層ごとに乾燥重量を測定した。各層における主枝の乾燥重量は、1 m² あたりに換算し生産構造図を作成した。月間枯死脱落量は、当月と前月の生産構造図を重ね合わせて、各層における減少量の合計値とし、1997年8月から1998年8月にかけての月間枯死脱落量の累計から年間枯死脱落量（ W ）を推定した。

結 果

1997年5月から1998年8月までの日平均水温と月平均水温ならびに過去30年（1967～1996年）の月平均水温の季節変化を Fig. 2 に示した。日平均水温は1997年8月に23.6℃の最高値を示した後、1998年2月に4.0℃まで下降し、1998年8月には再び22.6℃まで上昇した。水温は、調査期間を通して平年に比べてやや高めに推移した。

1997年5月から1998年8月までの、最も長い個体から上位20個体の平均全長、平均湿重量の季節変化を Fig. 3 に、月間の平均全長、平均湿重量の増減をその間の日数で割って算出した日間生長率を Table 1 に示した。1997年7月に平均全長132.9 cm、平均湿重量118.2 g であった藻体は、8月には主枝の枯死脱落に伴い、平均全長、平均湿重量共にそれぞれ15.6 cm、8.4 g と急激に減少し、付着器、茎と短い主枝（若い主枝）に加えて一部枯死脱落途中の主枝をつける状態となった。9月になると、枯死脱落途中の主枝もすべて脱落し、付着器、茎および短い主枝を残すのみとなり、平均全長9.0 cm、平均湿重量6.6 g で年間最低となった。日間生長率は1997年9月から1998年2月にかけて、全長0.1～1.6 mm/日、湿重量4.0～8.8 mg/日と低く、2月から6月にかけ

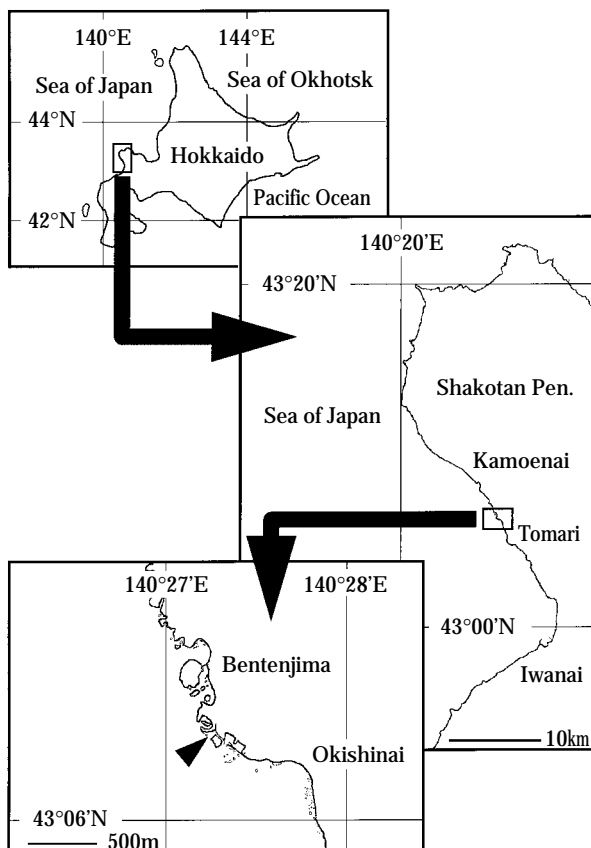


Fig. 1. Location of the survey site.

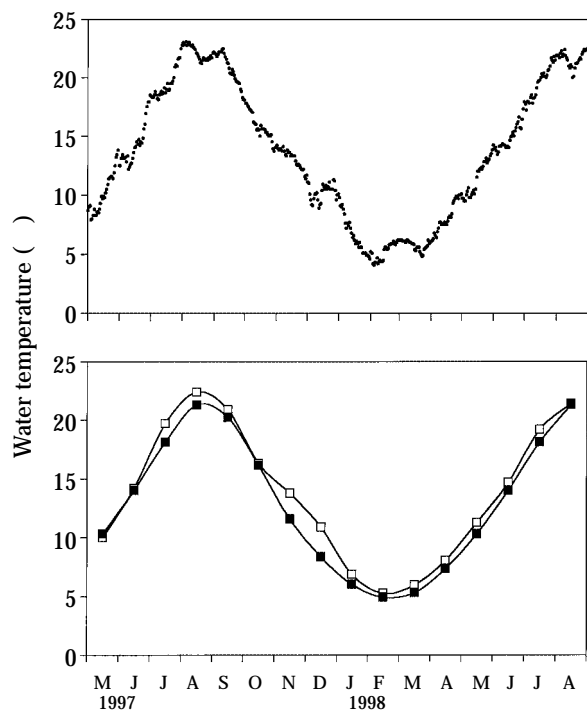


Fig. 2. Average daily seawater temperature at the survey site (top), and the average monthly seawater temperature at Suttu near the survey site (bottom). Open and solid squares show the seawater temperature during survey period and average temperature for 30 years (1967-1996), respectively.

Table 1. Daily growth rate of total length and thallus weight from May 1997 to August 1998

Duration	Total length (mm/day)	Thallus weight (mg, wet/day)
May 12, 1997 - Jun. 9	11.1	792.9
Jun. 9 - Jul. 9	7.5	1363.3
Jul. 9 - Aug. 18	-29.1	-2747.5
Aug. 18 - Sep. 19	-2.1	-56.3
Sep. 19 - Oct. 14	0.1	4.0
Oct. 14 - Nov. 17	0.4	5.9
Nov. 17 - Dec. 9	0.3	4.5
Dec. 9 - Jan. 12, 1998	0.9	8.8
Jan. 12 - Feb. 7	1.6	7.7
Feb. 7 - Mar. 3	3.3	160.0
Mar. 3 - Apr. 6	3.3	288.2
Apr. 6 - May 15	8.2	689.7
May 15 - Jun. 10	14.3	819.2
Jun. 10 - Jul. 10	5.4	1273.3
Jul. 10 - Aug. 20	-26.6	-2512.1

て、全長3.3~14.3 mm/日、湿重量160.0~819.2 mg/日となり急激に増加した。1998年6月から7月にかけては、日間生長率は全長で低下し5.4 mm/日であったが、湿重量では1273.3 mg/日で年間最高値を示した。その結果、1998年7月には平均全長123.0 cm、平均湿重量107.7 gでともに年間極大となった。

1997年5月から1998年8月までの全長の頻度分布と新たに発芽した幼体の割合を Fig. 4 に示した。調査期

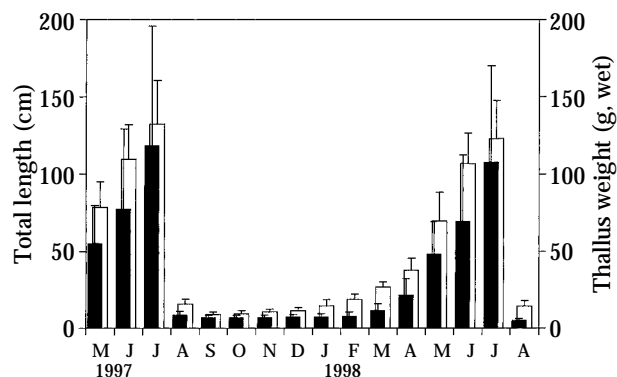


Fig. 3. Seasonal changes of *Sargassum confusum* in mean total length (open bars) and thallus weight (solid bars) of top 20 individuals in length from May 1997 to August 1998. Vertical bars show standard deviation.

間を通じて、全長10 cm 未満の小型藻体は、35.4~98.8%の範囲で各月ともに最も高い割合を占めた。また、1997年12月には、新たに発芽した1 cm 以下の多数の幼体が全体の51.5%という高い割合で認められた。1月には、幼体の割合は27.2%と急激に低下し、その後も漸次低下した。

1997年5月から1998年8月までの1 m²あたりに換算した現存量と密度の季節変化を Fig. 5 に示した。現存量は、1997年5月から個体重量の増加に伴って急激に上昇し、7月には976.8 g 乾重/m²で極大となった。翌8月には主枝の枯死脱落によって、現存量は急激に低下し、9月に139.2 g 乾重/m²と年間極小となった。10月から1998年2月にかけては、個体の低い生長率に対応して緩やかな上昇を、3月から7月には急激な上昇を示した後、7月に900.6 g 乾重/m²と極大になり、8月には再び急激に低下した。

密度は、1997年5月から11月にかけて356~488個体/m²の範囲で大きな変化が認められなかったが、12月になると、768個体/m²と急激に上昇した。これは、12月になって、Fig. 4 に示したように全長0.2~0.5 cm 程度の幼体が多数観察されるようになったためである。1998年1月以降、それら幼体の減少により密度は徐々に低下した後、1998年5月から8月までは、492~554個体/m²で大きな変化は認められなかった。

1997年5月から8月にかけて観察した生殖器床の形成、卵放出の有無を日平均水温の変化と対比して Fig. 6 に示した。生殖器床は、水温が約13 となった6月上旬から出現し、水温が約22 となった8月中旬まで観察された。雌性体からの卵放出は、水温が約18 となった6月下旬から、年間最高水温約23 となった8月上旬まで観察された。また、8月中旬には卵および精子の放出をほぼ終了したと思われる生殖器床をもつ藻体が観察された。

生産構造の変化を Fig. 7 に示した。実線は当月、破線

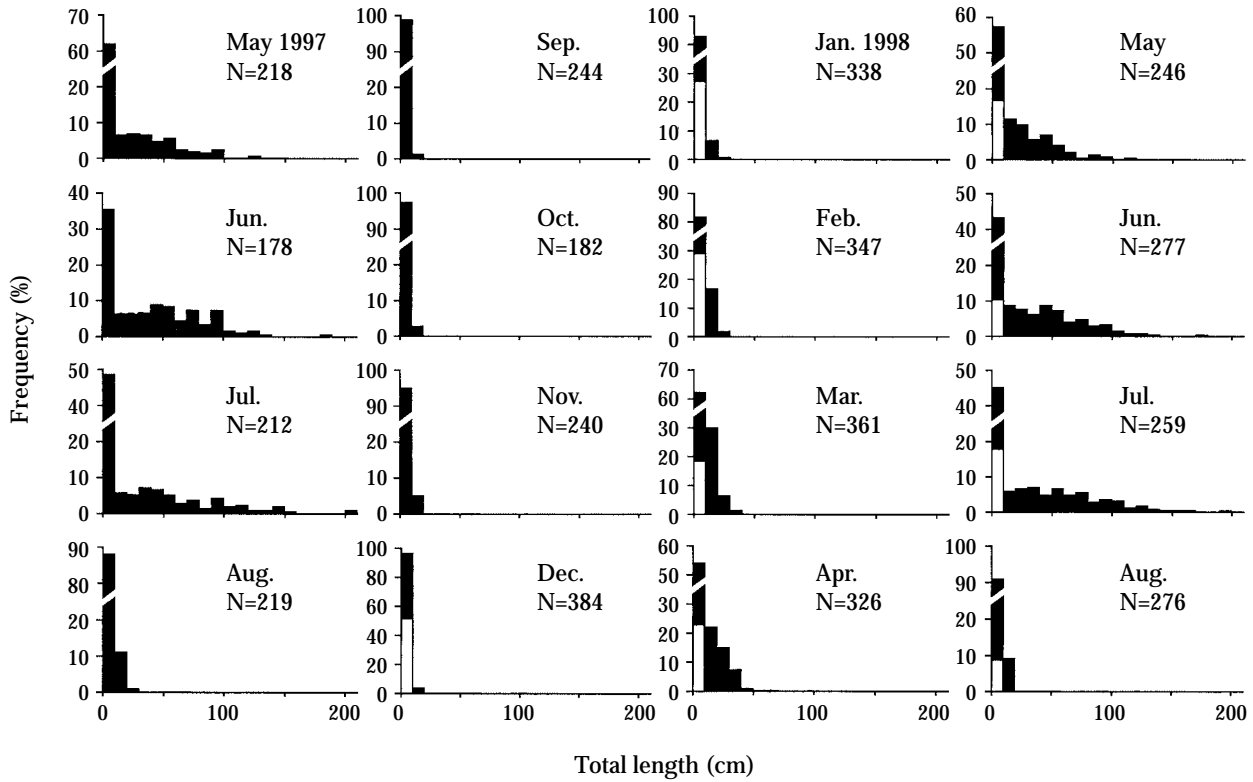


Fig. 4. Frequency distribution of total length of *Sargassum confusum* from May 1997 to August 1998. Open bars show the newly developed young plants.

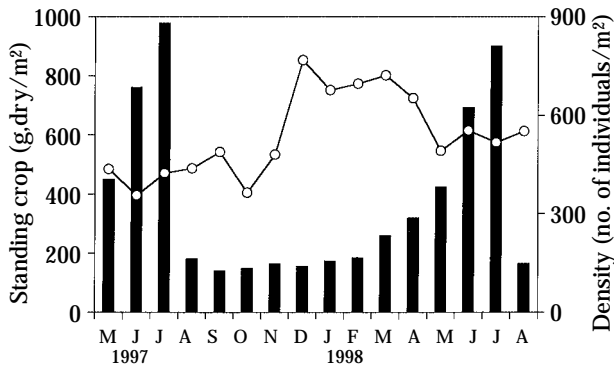


Fig. 5. Seasonal changes in standing crop (solid bars) and density (open circles) of *Sargassum confusum* from May 1997 to August 1998.

は前月の生産構造を，網掛けの部分は各層における枯死脱落量を示している。月間枯死脱落量は，1997年8月から9月には32.0 g 乾重/m²と比較的多く，9月から1998年3月には0.0~6.0 g 乾重/m²と少なかった。3月以降，藻体の伸長とともに3~4月に16.0 g 乾重/m²，4~5月に26.6 g 乾重/m²，5~6月に22.2 g 乾重/m²，そして6~7月には78.8 g 乾重/m²と増加した。7月から8月にかけては，ほとんどの主枝が枯死脱落することによって，773.0 g 乾重/m²と年間最大となった。よって，1997年8月から1998年8月にかけての年間枯死脱落量 (W) は，959.8 g 乾重/m²と計算された。1997年8月 (S₁) および1998年8月の主枝の現存量

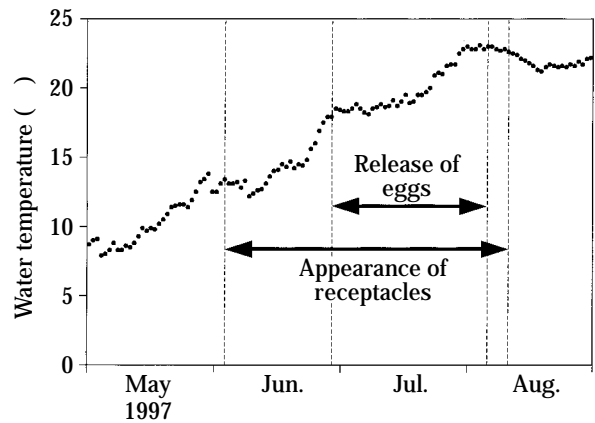


Fig. 6. Average daily seawater temperature (solid circles) from May 1997 to August 1997 and the period when the eggs were released by female *Sargassum confusum* near low water line.

(S₂) は，それぞれ136.4 g 乾重/m²，126.8 g 乾重/m²であったので，1997年8月から1998年8月にかけての年間純生産量 (P_N) は，950.2 g 乾重/m²と推定された。

考 察

名畑ら⁹⁾は，利尻島御崎においてフシジモク的生活年周期を9~2月の緩生長期，3~6月の急生長期，7~8月の成熟期の3期に分けた。著者らは，本種において卵および精子をほぼ放出した後，すべての個体で明瞭に主枝が枯死脱落していること，および同一群落

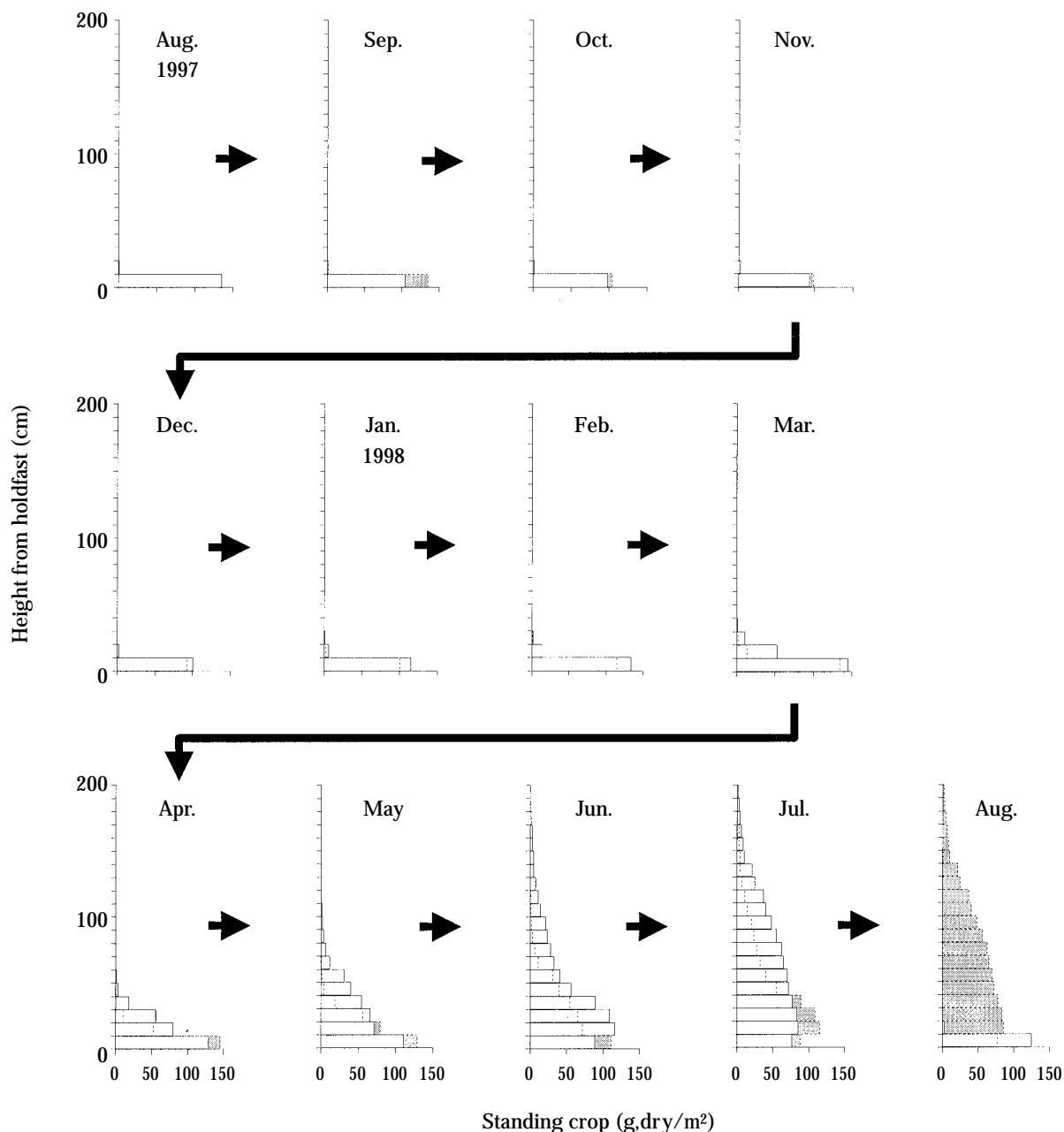


Fig. 7. Seasonal changes in foliage profile of *Sargassum confusum* population from August 1997 to August 1998. Solid and broken lines show profiles obtained by the given and preceding month's data, respectively. Shaded areas show the amount and position of the plants which had disappeared from the foliage since the preceding month.

において枯死脱落の同調性が高いことから、成熟期と枯死脱落期を区別し4期に分けるのが妥当であると考えた。よって、本海域におけるフシスジモクの生活年周期は以下のように分けることができる。9～2月は緩生長期で、水温下降期にあたるため主枝の伸長および側枝、葉の展開は遅く、現存量の増加も緩やかである。2～6月は急生長期で、水温上昇期にあたり、主枝の伸長および側枝、葉の展開が著しく、現存量の増加も急激である。6～7月は成熟期で、伸長生長は遅くなるが、生殖器床が形成され、藻体重量が増加して年間最大となり、現存量も最大となる。7～9月は枯死脱落期で、成熟の終了に伴い主枝が枯死脱落する。

次に、生育密度は1997年12月に急激に増加した後、翌年4月にかけて漸減した。これは、12月になって新たに発生した幼体が肉眼視されるようになって密度が増加した後、翌年4月にかけて漸減したために起こった現象である。この間を除くと、密度の変化は少なく、このことは1才以上群は安定していることを示している。

アラメ、*Eisenia bicyclis*など大型多年生コンブ目褐藻は、ギャップ更新によって安定的に維持されていると報告されている²²⁾。フシスジモクにおいては周年、林床に全長10 cm未満の藻体が常に高い割合で生育している点から、アラメとは異なる群落維持機構を有する可能性が示唆される。また、これら林床に多数存在する小

型藻体は、本種群落の維持に重要な役割を果たしているものと考えられるが、それらの解明には更なる調査が必要である。

本地点における成熟時期（生殖器床形成および卵放出が観察された期間）は、6月上旬から8月上旬までの約2ヶ月間であり、生殖器床形成から卵放出開始までの期間は、約1ヶ月であることが明らかとなった。ホンダワラ属褐藻の成熟に關与する環境要因として、生育水温²³⁾、有効積算温度²⁴⁾が指摘されている。また、野外調査によれば *S. pteropleuron* で水温低下および短日条件²⁵⁾、室内実験によればアカモク、*S. horneri* とタマハハキモク *S. muticum* で長日条件²⁶⁻²⁹⁾ が成熟を誘発すると報告されている。フシスジモクでは、利尻島御崎において18℃に達した時に約70%の個体に放卵、放精が見られるので、水温の上昇が成熟を誘発する要因であると推定されている⁹⁾。長崎県野母崎においても卵放出開始水温が18℃前後である¹¹⁾と報告されている。本研究においても、これら過去の報告とほぼ一致した。また、本種の成熟に至る日長条件は長日である。本種と同様に春季（水温上昇期）に成熟するアカモクおよびタマハハキモクが長日条件で成熟が誘発されると報告されていることから、本種の成熟も長日条件が關与していると考えられる。このことから、野外調査で Prince *et al.*²⁵⁾ が指摘しているように、水温ばかりではなく日長条件も成熟を誘発する重要な要因と考えられる。

層別刈り取り法を用いて推定されたフシスジモクの年間純生産量は、950.2 g 乾重/m² であった。これまでの報告では、能登飯田湾におけるヤツマタモク、*S. patens* で年間極大現存量の1.4倍にあたる5525.4 g 乾重/m²、ノコギリモク、*S. macrocarpum* で極大現存量の1.2倍にあたる8251.9 g 乾重/m²²⁰⁾、松島湾におけるアカモクで極大現存量の1.1倍にあたる21424.2 g 湿重/m²²¹⁾、山口県日置町黄波戸沿岸におけるノコギリモクで極大現存量の約1.4倍にあたる1600.1 g 乾重/m² と推定されている³⁰⁾。本研究において推定された年間純生産量950.2 g 乾重/m² は、極大現存量900.6 g 乾重/m² の約1.1倍であり、他のホンダワラ属海藻における比とほぼ一致した。したがって、この比を用いて極大現存量から年間純生産量を推定することが可能である。

要 約

1997年5月から1998年8月に、北海道積丹半島西岸においてフシスジモク群落の生活年周期および生産力について調査した。生活年周期は緩生長期、急生長期、成熟期、枯死脱落期の4期に分けられた。群落内の全長頻度分布では、全長10 cm 未満の藻体が常に35.4～98.8%の割合で生育していた。生育密度は新規加入群の影響で12月に増加し、4月にかけて漸減した。しかし、

その他の期間は変化が少なく、1才以上群は安定していた。生殖器床は6月上旬（水温約13℃）から、8月中旬にかけて、卵放出は6月下旬（水温約18℃）から8月上旬（水温約23℃）にかけて観察された。本種の年間純生産量は950.2 g 乾重/m² と推定され、1998年7月における極大現存量の約1.1倍であった。

謝 辞

本報告の取りまとめに際し、御助言、御校閲を賜った東北大学大学院農学研究科の谷口和也教授と吾妻行雄助教授、北海道立十勝農業試験場の稲津 脩博士ならびに北海道立網走水産試験場の佐藤 一博士に深謝の意を表します。また、調査に際し御協力を賜った盃漁業協同組合と北海道原子力環境センター関係各位に感謝の意を表します。

文 献

- 1) Yoshida, T. (1983): Japanese species of *Sargassum* subgenus (*Bactrophyucus*, Phaeophyta, Fucales). *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. V(Botany)*, 13(2), 99-24.
- 2) Noro, T., T. Masaki, and H. Akioka (1983): Sublittoral distribution and reproductive periodicity of coralline algae (Rhodophyta, Cryptonemiales) in southern Hokkaido, Japan. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 34(1), 1-10.
- 3) 藤田大介 (1989): 北海道大成町の磯焼け地帯の海藻の分布. *南紀生物*, 31(2), 109-114.
- 4) 名畑進一・阿部英治・垣内政宏 (1992): 北海道南西部大成町の磯焼け. *北水試研報*, 38, 1-14.
- 5) 赤池章一・吉田秀嗣・松田泰平・八木宏樹・富山 優 (1999): 北海道積丹半島西岸における大型海藻と無節サンゴモ群落の分布面積の年変動. *北水試研報*, 56, 125-135.
- 6) 吾妻行雄・松山恵二・中多章文・川井唯史・西川信良 (1997): 北海道日本海沿岸のサンゴモ平原におけるウニ除去後の海藻群落の遷移. *日水誌*, 63(5), 672-680.
- 7) 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.
- 8) 丸伊 満・稲井宏臣・吉田忠生 (1981): 北海道忍路湾におけるホンダワラ類の生長と成熟について. *藻類*, 29(4), 277-281.
- 9) 名畑進一・新原義昭・松谷 実・武井文雄 (1981): 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.
- 10) 舟橋説往 (1968): 能登半島とウラジオストックの海藻分布について. *藻類*, 16(2), 9-19.
- 11) 四井敏雄・中村伸司・前迫信彦 (1984): 長崎県野母崎沿岸におけるホンダワラ類 8種の成熟期. *長崎水試研報*, 10, 57-61.
- 12) 道家章生・宗清正廣・辻 秀二・井谷匠志 (1995): 京都府の海藻 - 若狭湾西部海域におけるホンダワラ類の成熟期. *京都府立海洋センター研報*, 18, 28-33.
- 13) 筒井 功・新井章吾 (1996): 九十九湾城ヶ崎で観察された秋に成熟するフシスジモク. のと海洋ふれあいセンタ

- 研究報告, 2, 71-75.
- 14) 佐々田憲・藤山虎也・犬丸 愨 (1979): 瀬戸内海産ホンダワラ科海藻の分布について. 広大水畜産学部紀要, 14, 89-100.
- 15) 斉藤雄之助 (1980): 瀬戸内海およびその周辺海域におけるホンダワラ科藻類の分布について. 南西水研報, 12, 51-68.
- 16) 太田雅隆・二宮早由子 (1990): ホンダワラ属海藻の分布と海水流動との関係. 藻類, 38(2), 179-185.
- 17) 川井唯史 (1997): 寿都湾における大型海藻の分布. 北水試研報, 51, 77-82.
- 18) Kira, T. and T. Shidei (1967): Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific. *Jpn. J. Ecology*, 17(2), 70-87.
- 19) Monsi, M. und T. Saeki (1953): Über den Lichtfactor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jpn. J. Bot.*, 14(1), 22-52.
- 20) 谷口和也・山田悦正 (1978): 能登半島飯田湾の漸深帯における褐藻ヤツマタモクとノコギリモクの生態. 日水研報告, 29, 239-253.
- 21) 谷口和也・山田秀秋 (1988): 松島湾におけるアカモク群落の周年変化と生産力. 東北水研研報, 50, 59-65.
- 22) 谷口和也 (1990): 牡鹿半島沿岸におけるアラム群落の更新過程. 東北水研研報, 52, 9-12.
- 23) De Wreede, R. E. (1976): The phenology of three species of *Sargassum* (Sargassaceae, Phaeophyta) in Hawaii. *Phycologia*, 15(2), 175-183.
- 24) Deysher, L. E. (1984): Reproductive phenology of newly introduced populations of brown alga, *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. *Hydrobiologia*, 116/117, 403-407.
- 25) Prince, J. S. and S. W. O'Neal (1979): The ecology of *Sargassum pteropleuron* Grunow (Phaeophyceae, Fucales) in the waters off South Florida. I. Growth, reproduction and population structure. *Phycologia*, 18(2), 109-114.
- 26) Hales, J. M. and R. L. Fletcher (1990): Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. V. Receptacle initiation and growth, and gamete release in laboratory culture. *Bot. Mar.*, 33(3), 241-249.
- 27) Uchida, T. (1993): The life cycle of *Sargassum horneri* (Phaeophyta) in laboratory culture. *J. phycol.*, 29(2), 231-235.
- 28) Uchida, T. and S. Arima (1993): Crossing experiments between autumn- and spring-fruited types of *Sargassum horneri* (Phaeophyta). *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59(10), 1685-1688.
- 29) Uchida, T., K. Yoshikawa, A. Arai, and S. Arai (1991): Life cycle and its control of *Sargassum muticum* (Phaeophyta) in batch cultures. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57(12), 2249-2253.
- 30) Murase, N., H. Kito, Y. Mizukami, and M. Maegawa (2000): Productivity of a *Sargassum macrocarpum* (Fucales, Phaeophyta) population in Fukawa Bay, Sea of Japan. *Fisheries Sci.*, 66(2), 270-277.