

# 北海道岩内沿岸における2年生コンブの成長と成熟

赤池章一\*<sup>1</sup>, 津田藤典\*<sup>2</sup>

Growth and maturation of biennial kelp (*Laminaria* sp.) on the coast of Iwanai, Hokkaido, Japan

Shoichi AKAIKE\*<sup>1</sup> and Fujinori TSUDA\*<sup>2</sup>

This study used SCUBA survey data of 1995-1998 to investigate growth and maturation of biennial kelp (*Laminaria* sp.) populations off Iwanai. Blade width, blade wet weight, stipe and holdfast weight, and blade substantiality value of second-year sporophytes were greater than those of the first-year sporophytes. In June 1995 mean standing crop of first-year sporophytes had nearly 20kg wet weight/m<sup>2</sup>. Substantiality values of both plants were higher at the shallower stations after July. The sorus formation rates of first-year plant blades were higher on lower surfaces of blades and at shallower stations, whereas regeneration rates of the plants were higher at deeper stations. Blade substantiality values and maturity values of first-year plants showed negative correlation with frond regeneration rates. "Small type" first-year sporophytes were found in 1998. They had lower maturity values and higher regeneration rates than the normal growth type (large type). Biennial kelp populations are distributed widely around Iwanai waters of 3-10m depth. It is necessary to preserve and nurse these populations and to use the growing varieties.

キーワード：2年生コンブ，磯焼け，成長，成熟，再生，現存量

## はじめに

北海道南西部日本海沿岸では，大型海藻が浅所に限定され，広範囲に無節サンゴモとウニ類が優占する磯焼け現象が長期間に亘って持続している<sup>1,2)</sup>。しかし，筆者らは，本海域に位置する岩内沿岸において，岩内港西防波堤近傍の水深約2mから，沖合の水深約15mまで，約22～26haの広がりを持つ大規模なコンブ群落が経年的に形成され，2年生コンブが多数生育する状況を，航空写真と潜水調査から明らかにした<sup>3)</sup>。これまで，本海域のコンブ群落については断片的な報告<sup>4,5)</sup>があるのみで，成長や成熟などの季節変化の詳細は明らかではない。そこで，

本研究では岩内沿岸に深所まで形成されるコンブ群落において，2年生コンブ胞子体の1年目藻体と2年目藻体の成長，成熟，再生ならびに現存量の季節変化を明らかにした。このような2年生コンブの生態と，コンブ群落が形成・維持される機構を明らかにし保護，育成を図ることは，磯焼け対策や磯根資源の育成に有益である。

なお，本研究を行った北海道南西部日本海沿岸は，コンブ属*Laminaria*として1年生のホソメコンブ*Laminaria religiosa*が分布する<sup>6)</sup>が，局地的に2年生のコンブ属が見られ，これがホソメコンブであるかは見解が分かっている<sup>4,5,7)</sup>。本研究では，2年生コンブとホソメコンブの明確な棲み分けは認められず，形態から区別することも出来

報文番号 A393 (2005年7月19日受理)

\*1 北海道立稚内水産試験場 (Hokkaido Wakkanai Fisheries Experimental Station, Suehiro, Hokkaido 097-0001, Japan)

\*2 北海道立中央水産試験場 (Hokkaido Central Fisheries Experimental Station, Hamanaka, Yoichi, Hokkaido 046-8555, Japan)

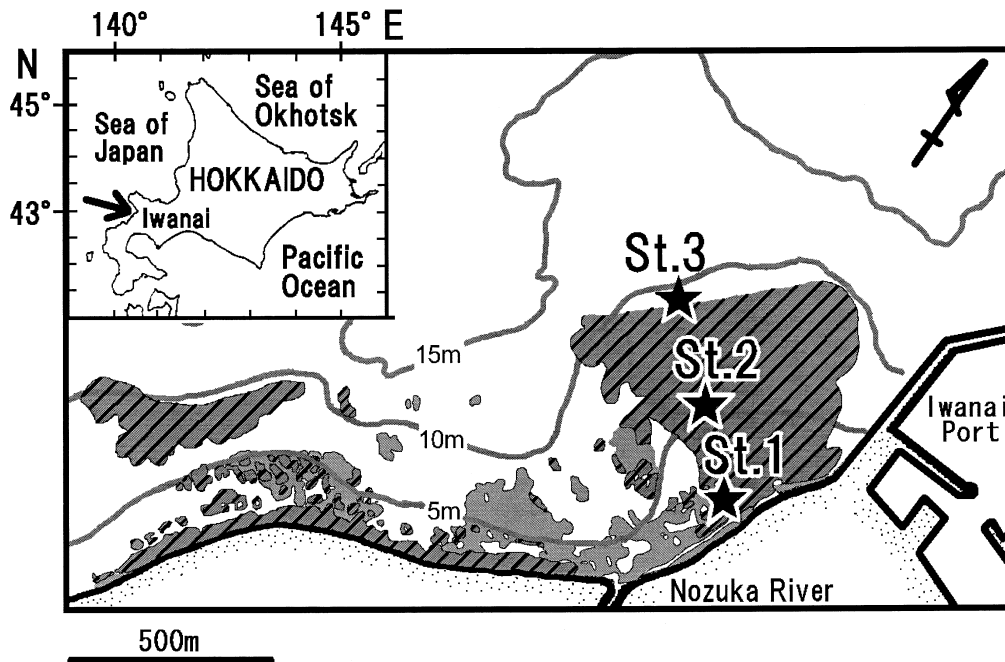


Fig.1 Map showing the sampling stations and contour lines. Shaded areas indicate seaweed beds (striped, *Laminaria*; light, other algae) interpreted from aerial photographs (9 June 1996).

なかった。そのため、岩内の2年生コンブは、コンブ属の一種 (*Laminaria* sp., 以下単に「コンブ」と称す) として扱った。

材料及び方法

現地調査は、岩内町において1995年から1998年にかけて実施した。岩内港西防波堤沖合の、大規模なコンブ群

落が経年的に形成される場所の3地点 (St. 1 : 水深2 ~ 4 m, St. 2 : 5 ~ 8 m, St. 3 : 9 ~ 10m ; Fig.1) において、SCUBA潜水により50cm×50cmの方形枠を用いてコンブを採集し、現存量は1 m<sup>2</sup>当たりの値に換算して使用した。

コンブの測定個体数と測定項目を、Table 1に示した。1年目コンブは、胞子体が発芽してから葉部または根部の再生が見られるまでを、2年目コンブは、再生後、枯死

Table1 Number of samples and items.

Survey date	Number of samples			Items
	St. 1	St. 2	St. 3	
<b>1st-year sporophyte (large type)</b>				
24 March 1995	50[3]	50[3]	50[3]	BL, BW, BWW, SHWW, SC
31 May 1995	187[8]	132[9]	30[1]	BL, BW, BWW, SHWW, SC
28 June 1995	90[3]	90[3]	57[3]	BL, BW, BWW, SHWW, SC
6 September 1995	97[6]	90[12]	36[7]	BL, BW, BWW, SHWW, SC
4 October 1995	90[3](830)	90[3](1007)	—	BL, BW, BWW, SHWW, SC, SFR, MV, RR
8 December 1997	60	46	—	SFR, MV, RR
<b>2nd-year sporophyte</b>				
4 October 1995	—	21	—	BL, BW, BWW, SHWW, SFR, MV
27 March 1997	10[3]	29[3]	26[3]	BL, BW, BWW, SHWW, SC
23 June 1997	5[14]	49[14]	63[11]	BL, BW, BWW, SHWW, SC
16 September 1997	—	129[9]	64[9]	BL, BW, BWW, SHWW, SC
8 December 1997	—	4[3]	14[1]	BL, BW, BWW, SHWW, SC, SFR, MV
<b>1st-year sporophyte (small type)</b>				
3 June 1998	—	100	—	BL, BW, BWW, SHWW
13 July 1998	—	101	—	BL, BW, BWW, SHWW
7 October 1998	—	40(21)	—	BL, BW, BWW, SHWW, SFR, MV, RR
23 October 1998	—	95(95)	—	BL, BW, BWW, SHWW, SFR, MV, RR

— : No data, [ ] : Number of quadrats of SC, ( ) : Number of samples of RR

BL: Blade Length, BW: Blade Width, BWW: Blade Wet Weight, SHWW: Stipe and Holdfast Wet Weight

SC: Standing Crop, SFR: Sorus Formation Rate, MV: Maturity Value, RR: Regeneration Rate



Fig.2 1st-year and 2nd-year sporophytes at St.2 off Iwanai.

流失するまでのコンブ®を指した。年齢の区別は、胞子体において明確な年齢形質を確認出来なかったため、定点での潜水観察により、新たに発芽してきた胞子体を1年目コンブ、葉体が再生したものを2年目コンブとした。2年目コンブの再生は観察されなかったことから、本種は2年生とみられた。ただし、1年目コンブでも1998年のSt.2で6月時点で葉長が5 cm以下の小型の群が転石上に小斑状に出現してきたため、より大型の通常の成長を示す1年目コンブ大型群とは別に、1年目コンブ小型群として測定した。同地点では、個体識別して大型群と小型群を区別してその後の成長を追跡した。

1年目コンブと2年目コンブの量的な分布や範囲は、年により大きく変動し、同じ年で比較出来る標本が得られなかったため、1年目コンブ大型群は1995年3～10月にかけて、2年目コンブは1995年10月と1997年3～12月にかけて、1年目コンブ小型群は1998年6～10月にかけて調査し、成長の季節変化を比較した。なお1996年は、航空写真と現地調査から、本海域にコンブ群落が分布することを確認したが、成長を比較するデータが得られなかった。

調査時毎に、基本的に採取後の生鮮時に、葉長 (BL)、葉幅 (BW)、葉(湿)重量 (BWW)、根茎(湿)重量 (SHWW) を個体ごとに測定し、1年目コンブ大型群と2年目コンブについては、現存量 (SC) も測定した。葉長、葉幅、葉(湿)重量から、以下の式で肥大度 (SV, 単位 mg/cm<sup>2</sup>) を算出した。

$$SV = BWW / (BL \cdot BW)$$

胞子体の成熟と再生が見られた10～12月には、子嚢斑形成率 (SFR)、成熟度 (MV)、ならびに葉部と根部の再生率 (RR) を算出した。なお、子嚢斑形成率は、採集個体数に占める葉部表面または裏面での子嚢斑形成個体数の割合を、成熟度は、葉長に占める葉部表面または裏面での子嚢斑形成部位の長さの割合を、再生率は、採集個体数に占める葉部または根部の、新葉または新根形成個体数の割合を示した。

## 結果

1996年6月9日に撮影した航空写真から読み取った、コンブ及びその他海藻類の分布<sup>3)</sup>と調査地点を、Fig.1に示した。航空写真から判別出来たのは、水深10m程度までであった。岩内港の西防波堤沖にコンブ群落広がっており、毎年ほぼ同じ場所に群落が形成されていた<sup>3)</sup>。

1年目コンブ大型群、小型群と2年目コンブの6～7月の藻体の写真を、Fig.2に示した。同じ時期の1年目コンブと2年目コンブでは、藻体の大きさが異なり、葉体の特徴も異なっていた。すなわち、1年目コンブ大型群 (Fig.2-a) は、葉長が短く、葉幅が狭く、葉は薄く、黄褐色であり、龍紋を持つものが多く、根部 (仮根) は小さかった。一方、2年目コンブ (Fig.2-c) は、相対的に葉長が長く、葉幅が広く、葉は厚く、濃い褐色を呈し、龍紋は無く (3月頃までは見られるものもあった)、根部も良く発達していた。

1年目コンブ小型群 (Fig.2-b) は、6～7月でも葉長が5 cm以下と非常に小型で、葉部基部または先端部がやや広いものが見られ、龍紋の見られるものもあった。



Fig.3 Regenerating sporophytes at St.2. Arrows indicate boundaries between new blade (NB) and old blade (OB) areas.

1998年の水中での観察では、大型群と小型群は、異なった転石上を占めている場合が多かったが、量的に多く広く分布していたのは大型群で、小型群は小斑状に散在した。

藻体の再生時期で、旧葉部が残っている藻体の写真を Fig.3 に示した。1995年3月の藻体 (Fig.3-a) は、旧葉部が藻体先端部に少量残るのみであった。新葉部には、龍紋の見られるものがあった。この時期の葉部の基部は楔状であったが、この後成長が進むと、より丸みを帯びた形となった (Fig.2-c 参照)。1998年10月の藻体 (小型群, Fig.3-b) は、再生が開始して間もない時期のものであり、新葉が葉部の基部付近に小さく見られた。新葉と旧葉の境界は、リシリコンブ同様、明瞭なツキ出しを示さなかった<sup>9)</sup>。同時期には旧葉部に、小型の巻貝 (主にチャイロタマキビ *Temanella turrita*) 等の植食動物による食痕が拡大したとみられる多数の穴が存在し、1年目コンブの特に小型群で顕著であった。

1年目コンブ大型群、小型群ならびに2年目コンブの、葉長、葉幅、葉湿重量、根茎湿重量、肥大度の季節変化を、Fig.4 に示した。1年目コンブ大型群の葉長 (Fig.4-a) は、いずれの地点も5月末に最大値を示し、その後9月に最小となった。10月には葉の再生により、再び葉長が増加した。2年目コンブの葉長は、3月から7月にかけて、St.1 で減少傾向、St.2 と3 で増加傾向にあり、その後減少した。1年目コンブと2年目コンブを比較すると、

7月以降は2年目コンブの葉長が長い傾向が見られた。一方、小型群の葉長は6月に平均約4cmと非常に小型であったが、その後徐々に長くなり、10月には1年目コンブ大型群との差が明確ではなくなった。

1年目コンブ大型群と2年目コンブの葉幅 (Fig.4-b) と葉重量 (Fig.4-c) は、変化の傾向が類似していた。すなわち3月から7月にかけて増加し、その後ほとんど変化が無いか、やや減少した。小型群は、8月にかけて増加し、大型群との差が明確では無くなった。3~10月にかけて、2年目コンブの葉幅と葉重量は、1年目コンブより顕著に大きい値を示した。

1年目コンブ大型群と2年目コンブの根茎重量 (Fig.4-d) は、調査期間を通じて増加する傾向を示した。大型群のSt.1 では、10月に根の再生により重量が増加した。小型群の変化は明確ではなかったが、10月にかけてやや増加した。2年目コンブの根茎重量は、3~10月にかけて、1年目コンブより顕著に大きい値であった。

1年目コンブ大型群と2年目コンブの肥大度 (Fig.4-e) は、いずれも3月から10、12月にかけて直線的に増加した。小型群も増加傾向を示したが、10月下旬には減少した。7月以降の肥大度は、大型群、2年目コンブともにSt.1 で最も大きく、次いでSt.2、St.3 の順であった。2年目コンブの肥大度は、1年目コンブより顕著に大きい値を示した。

以上のことから、同時期の1年目コンブと2年目コン

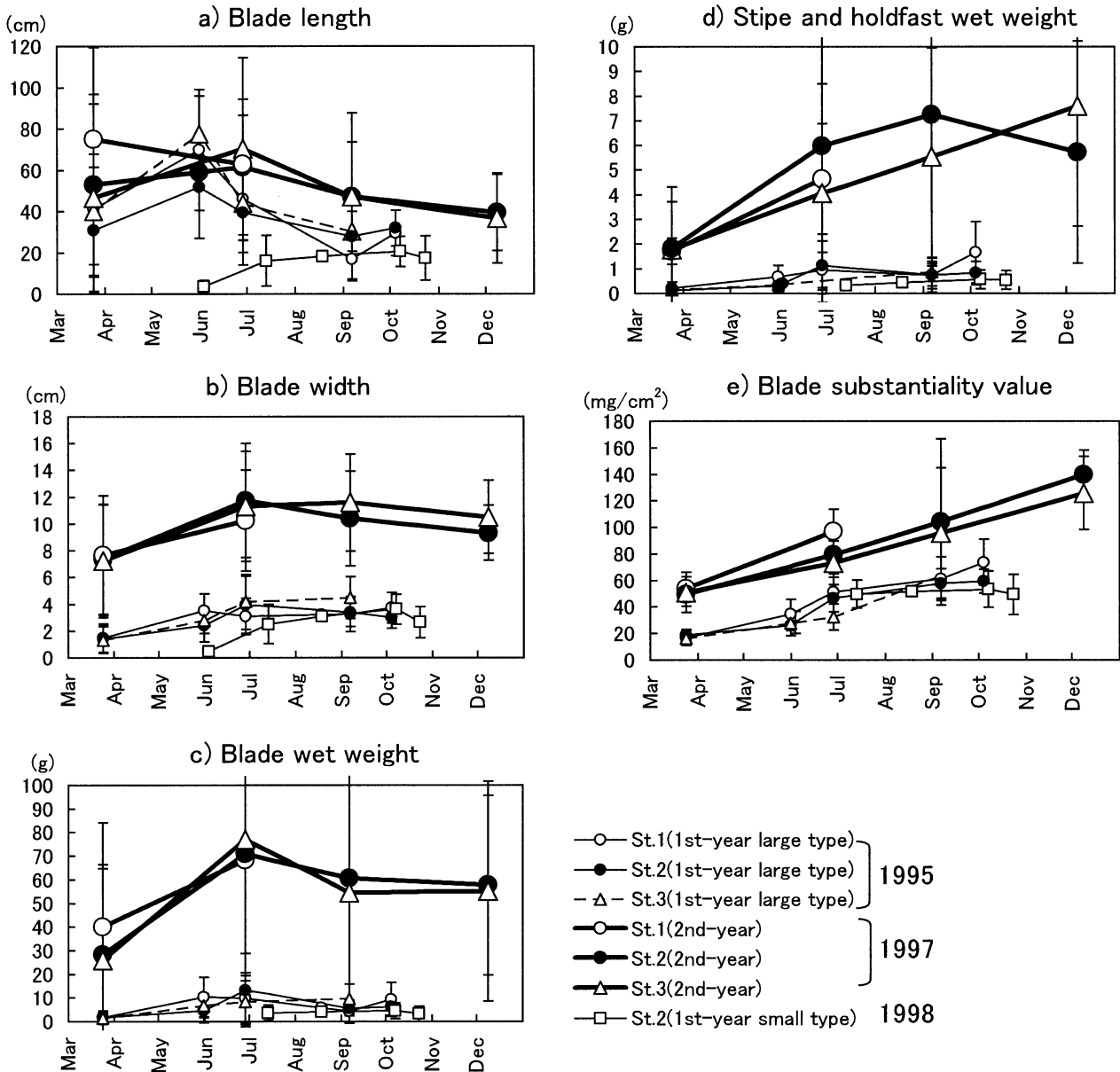


Fig.4 Seasonal changes of the following : a) blade length ; b) blade width ; c) blade wet weight ; d) stipe and holdfast wet weight ; and e) blade substantiality value of 1st-year sporophytes in 1995 and small type in 1998 (thin lines), and 2nd-year sporophytes in 1997(thick lines) at St.1 (2-4m deep), St.2(5-8m deep), St.3 (9-10m deep). Data points and bars denote mean  $\pm$ SD.

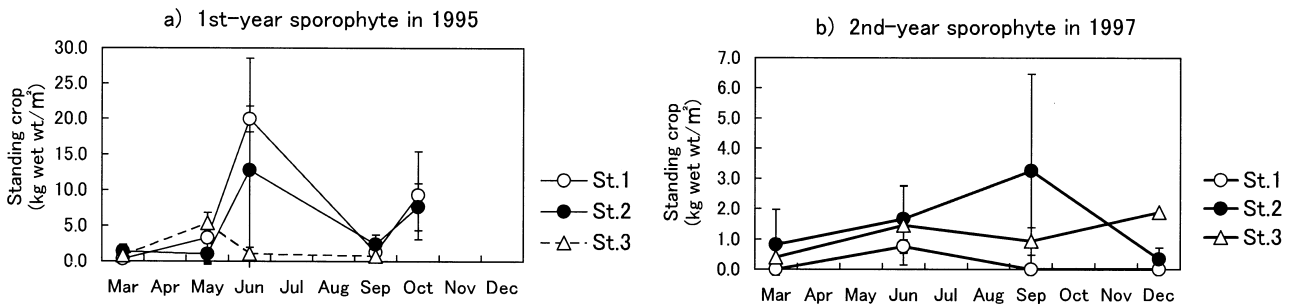


Fig.5 Seasonal changes of standing crops of *Laminaria* sp. in 1995 (a, 1st-year sporophytes) and 1997 (b, 2nd-year sporophytes) off Iwanai. Data points and bars denote mean  $\pm$ SD.

Table 2 Sorus formation rates, maturity values and regeneration rates of sporophytes.

Date	Sampling station no.	Depth (m)	No. of samples	Sorus formation rate (%)		No. of samples	Maturity value (%)		No. of samples	Regeneration rate(%)	
				Upper surface of blade	Lower surface of blade		Upper surface of blade	Lower surface of blade		Blade	Holdfast
1st-year sporophytes											
4 October 1995	1	3.4	90	46.7	83.3	90	8.7	21.2	830	1.9	5.5
	2	6.9	90	16.7	36.7	90	1.7	12.0	1007	11.8	15.4
8 December 1997	1	4.3	60	84.1	90.5	60	29.7	46.8	60	7.9	14.3
	2	7.5	46	47.8	63.0	46	25.7	27.7	46	45.7	28.3
7 October 1998											
Large type	2	7.0	21	9.5	81.0	21	1.0	21.0	21	0.0	0.0
Small type	2	6.0	40	7.5	30.0	40	0.8	4.5	21	52.5	45.0
23 October 1998											
Large type	2	6.0	33	36.4	97.0	33	8.1	37.9	33	3.0	0.0
Small type	2	6.0	95	6.3	32.6	95	1.0	5.8	95	73.7	37.9
2nd-year sporophytes											
4 October 1995	2	6.1	21	9.5	81.0	21	1.7	24.3	—	—	—
8 December 1997	3	8.5	14	78.6	100.0	14	30.2	60.9	—	—	—

ブを比較すると、特に葉幅、葉重量、根茎重量、肥大度で、2年目コンブの値が顕著に大きく、両者の違いが明らかであった。その他、2年目コンブの外観は、1年目コンブと比較して、葉基部が丸みを帯びて張り出していること、茎部の上部が広く扁平で基部は短いこと、根部が良く発達していること、葉部は厚みがあり濃い褐色で縁辺部が白く縁取りをしたように見えること、などの点で異なっていた。

1995年の1年目コンブと1997年の2年目コンブの平均現存量の季節変化を、Fig.5に示した。1年目コンブの現存量 (Fig.5-a) は、5月にSt.3の値が他の地点に比較して大きかったが、6月には減少した。一方、St.1とSt.2では6月に最大となり、特にSt.1では、約20kg湿重/m<sup>2</sup>と、きわめて大きな値を示した。これらの地点では、9月に減少した後、10月に再び増加した。

2年目コンブの現存量 (Fig.5-b) は、いずれも3月から6月に増加し、最も現存量が大きかったSt.2で平均1.7kg湿重/m<sup>2</sup>であった。St.1とSt.3では9月にかけて現存量が減少したが、St.2は増加し約3.2kg湿重/m<sup>2</sup>あった。12月には、St.1、2の現存量は減少したが、St.3はほとんど変化がなかった。

St.1、2における10月と12月の1年目コンブの子嚢斑形成率、成熟度、再生率と、St.2、3における2年目コンブの子嚢斑形成率、ならびに成熟度をTable 2に示した。その結果、子嚢斑は1年目コンブ、2年目コンブとも、葉の裏面に形成されている個体が多く、葉の裏面の成熟度が高く、10月よりも12月の子嚢斑形成率と成熟度が高かった。また、同じ10月でも、初旬から下旬にかけて成熟度は高まった。St.1とSt.2を比較すると、同時期では

子嚢斑形成率、成熟度ともにSt.1の方が高かった。小型群と大型群では、小型群の子嚢斑形成率と成熟度が低かった。

一方、1年目コンブの再生率は、10月よりも12月に高くなったが、St.1よりSt.2で、大型群より小型群で高く、子嚢斑形成率及び成熟度とは逆の傾向を示した。

## 考 察

石狩湾以南の北海道日本海沿岸では、いわゆる2年生ホソメコンブと言われる2年生のコンブが所々に分布する (松前, 上ノ国, 乙部, 大成, 寿都, 磯谷, 岩内)<sup>10,11)</sup>。船野<sup>12)</sup>は、生物地理学的考察から、これらを河口の富栄養・低水温域に封じ込められた「残留マコンブ」と呼んだ。本研究で調べた岩内の2年生コンブ群落も、野東川の河口近くにあり、そこへは陸域からの栄養塩の供給が見られた<sup>3)</sup>。このことは、石狩川河口に近い厚田村の2年生コンブ、尻別川河口に近い磯谷コンブと同様であった<sup>13)</sup>。

1995年6月のSt.1の1年目コンブの現存量は、平均約20kg湿重/m<sup>2</sup>と、小樽市で調べられた一般的なホソメコンブ現存量<sup>14)</sup>の約4倍という、きわめて高い値を示した。このような高い現存量は、このコンブ群落の高い生産力を示唆し、ウニ類やエゾアワビなどの植食性の磯根水産資源の育成に、重要な役割を果たすと考えられる。

1年目コンブと2年目コンブの季節的成長を比較すると、全般に2年目コンブの方が大きい値を示し、特に葉幅、葉湿重量、根茎湿重量、肥大度が顕著に大きかった。また、外観も異なっており、同じ時期で1年目コンブと

2年目コンブを判別するのは、比較的容易であった。

1年目コンブ、2年目コンブともに、7月以降の浅所の肥大度が高かったことは、より浅所での利用出来る光量が相対的に大きく、実入りが促進されたことが一因と考えられる。道東のナガコンブにおいては、葉体が一日に捕集出来る光量が水深とともに指数関数的に減少すること<sup>15)</sup>が報告されている。しかし、栄養塩類の供給量や波当たりによっても実入りが変化すること<sup>16)</sup>から、今後実入りの機構と影響を与える要因をさらに詳細に明らかにすべきである。

1998年には、St.2において1年目コンブの小型群が観察された。本研究ではこの群の履歴は明らかではなかったが、忍路湾での再生型コンブは、小型で出現時期が遅いこと<sup>13)</sup>、近隣の寿都町磯谷の2年生コンブを採苗し養成した試験では、遅い時期(2月)に冲出した種苗は再生時期には小型であり、再生率が高かったこと<sup>14)</sup>などから、発芽時期の遅い群である可能性が考えられる。このような個体群の出現頻度や、コンブ群落の形成・維持への寄与の程度など、今後さらに明らかにする必要がある。

1年目コンブ大型群では、葉部裏面に子嚢斑が形成されている個体の割合が高く、浅所の個体の成熟程度が高く、いずれの水深でも時期が進むにつれて成熟が進行した。コンブ科海藻の子嚢斑のつき方は、一般に「葉のうら面から先に形成され、その後におもて面にも形成される」<sup>6)</sup>ことから、当地のコンブも同様の過程を示したと考えられる。浅所の胞子体の成熟程度が高かったことは、浅所の個体の肥大度(実入り)が高かったことと関係していると考えられる。リシリコンブにおいては、子嚢斑の形成されている個体は、肥大度の高い個体であることが報告されている<sup>15)</sup>。

一方、葉部と根部の再生率は、藻体の成熟とは逆に深所で高い傾向が見られ、時期が進むにつれて再生率は高くなった。天然リシリコンブ<sup>17)</sup>や寿都町磯谷のコンブ<sup>18)</sup>でも、肥大度と成熟の程度が高い個体は、葉の再生率が低い傾向にあることが報告されており、本研究と同様の結果であった。これらのことから、藻体の実入りと成熟には正の相関があり、再生とは逆の関係があるといえる。今後は、コンブの実入りと成熟、再生の関係について、その機構を明らかにしていく必要がある。

1年目コンブ小型群も、藻体の成熟や再生に同様の傾向が見られたが、大型群に比較すると、より成熟の程度が低く、再生率が高かった。このことは、磯谷において小型で未熟な個体の再生率が高いこと<sup>14)</sup>と同様の結果を示すと考えられる。

2年目コンブも、葉部裏面の子嚢斑形成程度が高く、

時期が進むと成熟度は高くなった。忍路湾の2年生ホンメコンブの観察では、2年目の夏までに藻体が流失し、2年目の生殖能力を持たないとされた<sup>13)</sup>。しかし、今回調査した岩内のコンブは、2年目藻体でも成熟し、コンブ群落の再生産に寄与していることが示唆された。

寿都町磯谷の2年生コンブは、主に水深3~7mに、幅数百m、長さ2~3kmのコンブ礁を形成する<sup>11)</sup>。岩内町から寿都町磯谷に至る数カ所でも、水深3~10mの範囲で2年生コンブの生育が確認されている(津田、未発表)。これらのことから、岩内町から寿都町磯谷にかけての比較的広い範囲の水深3~10mの水深帯に、2年生コンブが生育していると考えられる。このようなコンブ群落は、磯焼けが広範囲に広がる北海道南西部日本海沿岸においては、ごく浅所に残されたコンブ群落同様、コンブ群落が維持、拡大する時の重要な胞子の供給源となると考えられる。

一方本海域では、ウニ類やエゾアワビの増殖事業に伴い、磯焼けによる餌料不足からマコンブ *Laminaria japonica* を用いて餌料用コンブが生産される事例が多い<sup>18)</sup>。しかし、生態系の遺伝的攪乱を防ぐためにも、出来るだけ地元で自生するコンブ類を利用することが望ましい。北海道日本海沿岸に生育する2年生コンブは、過去に行われた養殖試験で優れた成長を示し<sup>7)</sup>、北海道日本海南西部での磯焼け地帯の栽培品種として推奨されている<sup>12)</sup>。今後は、このような2年生コンブ群落の成因や生態、遺伝学的類縁関係などを明らかにし、保護、育成を図るとともに、この海域における栽培品種として積極的に活用すること検討すべきと考える。

## 要約

毎年大規模なコンブ群落が形成される岩内町沿岸において、1995-1998年にかけて、2年生コンブの成長、成熟、再生、現存量の季節変化を調べ、以下の点が明らかになった。

1. 1995年6月のSt.1の1年目コンブは、平均約20kg湿重/m<sup>2</sup>と、きわめて高い現存量を示した。
2. 1年目コンブと2年目コンブの季節的成長を比較すると、同時期では特に2年目コンブの葉幅、葉湿重量、根茎湿重量、肥大度が顕著に大きく、形態から1年目と2年目コンブを判別するのは容易であった。
3. 1年目、2年目コンブとも、7月以降にはより浅所の個体の肥大度が高かった。
4. 1年目コンブ大型群では、葉部裏面に子嚢斑が形成されている割合が高く、浅所の個体で成熟程度が高かったが、再生率は深所の個体で高かった。

5. 1年目コンブ小型群の成熟, 再生は大型群と同様の傾向だったが, 大型群より成熟程度が低く, 再生率が高かった。
6. 2年目コンブも成熟し, コンブ群落の再生産に寄与することが示唆された。
7. 岩内町から寿都町磯谷の水深3-10mには, 2年生コンブが広く分布するとみられ, その保護, 育成と, 栽培品種としての活用を検討すべきである。

## 謝 辞

本研究は, 北海道原子力環境センターの磯焼け現象解明調査の一環として行われた。北海道原子力環境センターの関係各位には, 多くの助言と協力を頂いた。現地調査に際し, 岩内郡漁業協同組合, 岩内町, 後志南部地区水産技術普及指導所の協力を頂いた。厚く御礼申し上げる。

## 文 献

- 1) 吾妻行雄: 北海道南西部日本海沿岸の磯焼け. 北水試だより, 31, 3-9 (1995)
- 2) 赤池章一, 吉田秀嗣, 松田泰平, 八木宏樹, 富山優: 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 (1999)
- 3) 赤池章一, 津田藤典, 桑原久実: 北海道岩内沿岸における天然コンブ群落の形成と維持. 北水試研報, 63, 41-54 (2002)
- 4) 倉上正幹: ホソメコンブ調査復命書. 1-16 (1925)
- 5) 長谷川由雄: コンブに関する二, 三の知見 (I). 北水試月報, 15(5), 223-228 (1958)
- 6) 川嶋昭二: 改訂普及版日本産コンブ類図鑑, 北日本海洋センター, 札幌, 1993, 206.
- 7) 船野隆: ホソメコンブと残留マコンブ, 残留リシリコンブの種苗移植による比較. 水産増殖, 39(1), 91-95 (1991)
- 8) 金子 孝: コンブ類の生態と増養殖. 月刊海洋科学, 17(12) 725-733 (1985)
- 9) 阪井与志雄, 石川政雄, 蒲原八郎, 金子 孝, 洪谷賢仁, 中津俊行: リシリコンブの生態. 北水試月報, 24(11) 454-467 (1967)
- 10) 船野 隆: 北海道の産業種コンブ *Laminaria* の特性と種分化. 水産生物遺伝資源研究協議会報告書 1. 海藻類, 日本水産資源保護協会, 37-48 (1984)
- 11) 名畑進一, 阿部英治, 垣内政宏: 寿都町磯谷の2年生コンブの生態と種苗移植実験. 北水試研報, 43, 25-35 (1993)
- 12) 船野 隆: 鹿部沖におけるホソメコンブとマコンブ, リシリコンブ, オニココンブとの養殖による比較. 北水試報, 28, 45-61 (1986)
- 13) 船野 隆: ホソメコンブの再生型, 未枯れ型と地方変異. 水産増殖, 39(1), 83-89 (1991)
- 14) Sakai, Y.: Vegetation structure and standing crop of the marine algae in the *Laminaria*-bed of Otaru city, Hokkaido, Japan. Jap. J. Ecol., 27, 45-51 (1977)
- 15) 坂西芳彦, 鈴木健吾, 宇田川徹, 飯泉 仁, 山本正昭: 釧路市沿岸における夏季のナガコンブの日補償深度. 北水研報告, 65, 45-54 (2001)
- 16) 赤池章一, 菊地和夫, 門間春博, 野澤 靖: 1年目リシリコンブ胞子体の生長に及ぼす窒素, リン施肥の影響. 水産増殖, 46(1), 57-65 (1998)
- 17) 名畑進一, 新原義昭, 武井文雄: 稚内と利尻島における1年目リシリコンブの子のう斑の形成状況について. 北水試月報, 38, 287-295 (1981)
- 18) 藤田大介: “三章 磯焼け”. 21世紀の海藻資源-生態機構と利用の可能性-. 東京, 緑書房, 1996, 52-86.