

鳴門海域で養殖されたナンブワカメと自生ワカメを 起源とした養殖品種の形状と生長の差異

團 昭紀^{*1}・加藤慎治^{*2}

Differences of morphology and growth between the two culture varieties originating from *Undaria pinnatifida* f. *distans* and *U. pinnatifida* f. *typica* in Naruto Strait

Akinori DAN^{*1}, Shinji KATO^{*2}

Two types of *Undaria pinnatifida*, northern type originating from *U. pinnatifida* f. *distans* and southern type from *U. pinnatifida* f. *typica*, are cultivated commercially in Naruto Strait, Tokushima. In this paper, morphology and daily growth of two types were investigated in the experimental cultivation. Morphological characteristics of the two were reflected genetically in their parent fronds. The daily growth of the northern type is higher than that of the southern type in low water temperatures. It was proved that the two types of *U. pinnatifida* cultivated for generations in Naruto Strait have maintained the genetic characteristics of their origin fronds.

Key word; ワカメ, *Undaria pinnatifida* f. *distans*; *U. pinnatifida* f. *typica*; Morphological and physiological characteristics; Daily growth

ワカメ *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar は、日本では、北海道南部から鹿児島までほぼ全国の沿岸に自生する。ワカメは生育地により形状が異なり、主に三陸沿岸に分布する北方系のナンブワカメ *U. pinnatifida* f. *distans* と本州沿岸の太平洋中南部、瀬戸内海、日本海の沿岸に分布する南方系のワカメ *U. pinnatifida* f. *typica* がいわゆる品種 (form) として認められている (遠藤1913,

吉田1998, 小河2004)。これらの品種間の形態変異については、加藤・中久 (1962), 谷口ら (1981), 鬼頭ら (1981), 石川 (1994), 松岡ら (1996), 松岡ら (1997), 福澄 (1997) など多くの研究者によって調べられている。

徳島県鳴門海域では1963年頃からワカメ養殖が盛んになり、1980年頃から三陸方面からナンブワカメの種苗導入が盛んに行われるようになった (松岡ら1997)。このた

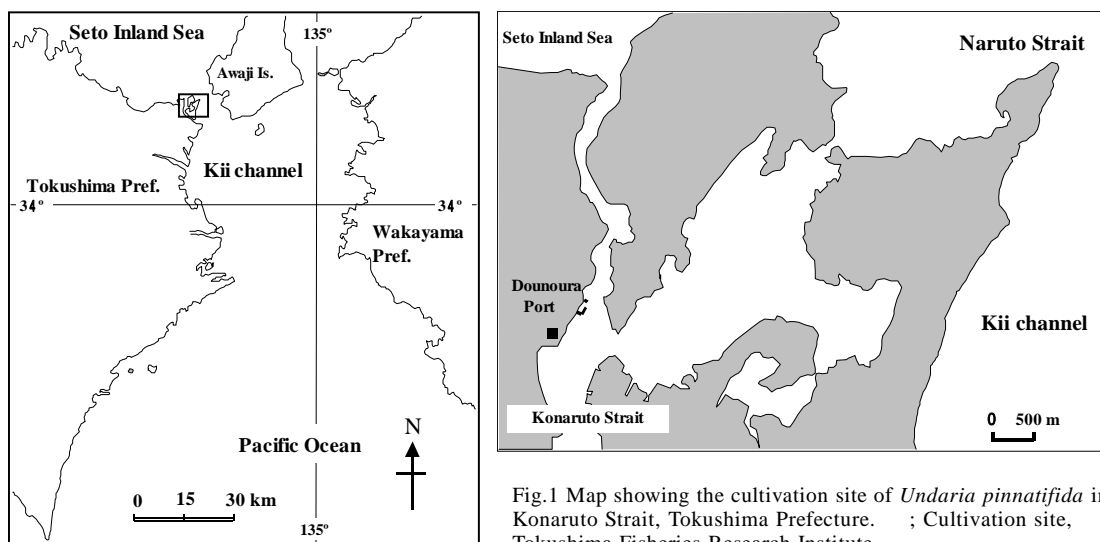


Fig.1 Map showing the cultivation site of *Undaria pinnatifida* in Konaruto Strait, Tokushima Prefecture. □; Cultivation site, ○; Tokushima Fisheries Research Institute.

*1 徳島県農林水産部水産課 (Fisheries Division, Agriculture, Forestry and Fisheries Department, Tokushima Prefecture Government, 1-1 Bandai-Cho, Tokushima-Shi, Tokushima Prefecture 770-8570 Japan)

*2 徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究所鳴門庁舎 (Fisheries Research Institute Naruto Branch, Tokushima Agriculture, Forestry, and Fisheries Technology Support Center, Seto, Naruto, Tokushima 771-0361, Japan)

め、ナンブワカメを起源とした養殖ワカメが継代養殖されており、鳴門海域の養殖漁業者の間ではこれを「晩生ワカメ」と呼んでいる。また、鳴門海域で養殖されているワカメには、従来から鳴門海域に自生していたワカメを起源とする系統も存在し、晩生ワカメに比べ早く養殖を開始できるため、「早生ワカメ」と呼んでいる。この2つの「養殖品種」は、経験上、形状や生長特性が異なっているとされているが、一方で、両者間で交雑が進んでいる可能性も指摘されている(松岡1996)。養殖ワカメに関する研究では、各地で継代養殖されてきたワカメ品種の形状や生長特性について検討された事例はなく、早生系統と晩生系統に着目した報告もない。本研究では、種苗の人為的な導入によりナンブワカメ起源と地元の自生ワカメ起源「養殖品種」が混在する鳴門地域で同時に養殖したワカメの形状と生長について調べたので報告する。

材料と方法

2003年4～5月に、鳴門海域で養殖されている8系統のワカメから遊走子を採取し、雌雄別に配偶体を保存した。遊走子の採取および配偶体の培養は、團³の方法により行った。なお、漁業者からワカメ藻体を入手する時に早生系統か晩生系統かを聞き取った。種苗生産には各系統とも雌雄配偶体各1個体を用い、早生ワカメの配偶体をS-1, S-2, S-3, S-4とし、晩生ワカメの配偶体をN-1, N-2, N-3, N-4とした。これらの配偶体を團³の方法により成熟・受精させ、芽胞体を海中で中間育成した後、平均藻体

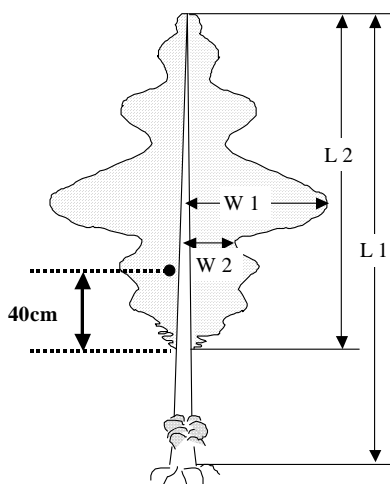


Fig. 2 Measurement parts of *Undaria pinnatifida* cultivated in Konaruto Strait.

L 1; total length, L2; blade length, W 1; length of the longest pinnate blade, W2; longest length between basal top of the incision and midrib. One hole with a diameter of 5 mm was punched along the midrib at 40 cm above the lowest margin of the blade on Mar. 2, Apr. 20, May 11, 2004.

長 29 ~ 58mm の種苗を得た。

養殖試験は Fig. 1 に示した徳島県水産研究所地先の小鳴門海峡で2003年12月25日から開始した。各系統の種苗が生育しているクレモナ糸(直径2mm)は約3cmに切断し、全長10mのポリエチレン製ロープ(直径20mm)に30cm間隔で挟み込んだ。養殖水深は水面下約30cmに調整し、メモリー式水温計(MDS-T, アレック電子社製)を養殖ロープに取り付けて水温を記録した。養殖は5月17日まで行い、期間中、1, 2, 5月に1回, 3, 4月に2回、各系統のワカメを採取した。採取はそれぞれの系統より大きい個体から10個体を選んで行い、Fig. 2 に示した部位で全長(L1)、葉長(L2)、最大葉片長(W1)および中肋欠刻間の最大長(W2)を測定するとともに、藻体全体の写真を撮影した。また、葉状部の生長を明らかにする目的で、3, 4, 5月に1回ずつ、石川(1993)の方法により、各系統とも10個体ずつ、葉状部下端から先端方向40cmに位置する葉状部に皮細工用のパンチを用いて直径5mmの穴を開け、3～6日後に藻体を回収し、生長に伴う穴の移動距離を測定した。葉状部の日間生長は、移動距離(mm)を日数で除して求めた。

結果

養殖期間中の養殖場における水温の推移をFig. 3に示した。養殖を開始した2003年12月下旬の水温は14℃であったが、その後順調に低下し、1月末には10℃を下回り、3月中旬まで8～9℃で推移した。3月下旬からは上昇し、5月上旬に15℃となった。養殖期間中の全長(L1)の推移

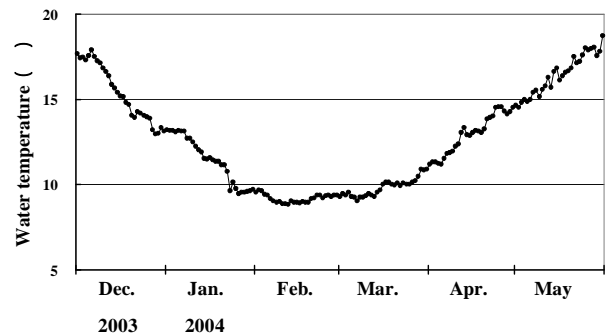


Fig. 3 Changes in water temperature at the cultivation site of *Undaria pinnatifida* in Konaruto Strait.

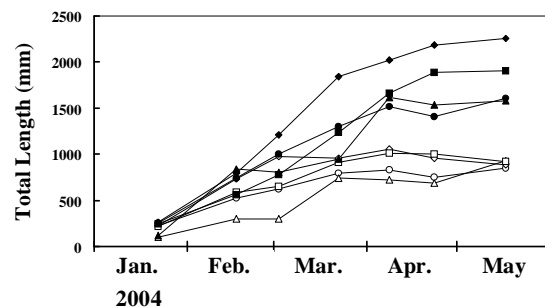


Fig. 4 Changes in total length (L 1) of *Undaria pinnatifida*. Northern Type: ; N-1, ; N-2, ; N-3, ; N-4. Southern type: O; S-1, ; S-2, ; S-3, ; S-4.

*3團 昭紀:徳島県立農林水産総合技術センター水産研究所資料「よくわかるワカメの種苗生産マニュアル」

をFig. 4に示した。晩生ワカメは4月まで全長の伸びは続いたが、早生ワカメは3月下旬で止まり、その後全長の伸びはほとんど見られなかった。

葉体に穴を開け、その移動距離から日間生長を求めた結果をTable 1に示した。3月の日間生長量は、早生ワカメが5.9 ~ 12.7であるのに対し、晩生ワカメが11.5 ~ 22.1mmとやや上回った。4月には、晩生ワカメがN-1を除き9.5 ~ 21.9mmと3月並の生長を示したが、早生ワカメでは0.8 ~ 3.7mmと3月に比べ大幅に低下した。5月には早生ワカメが1.9 ~ 3.0mm、晩生ワカメが3.2 ~ 9.1mmとなり、両方とも低い値となった。

2月から5月までの胞子体の葉長(L2)に対する最大葉片長(W1)の比の推移をFig. 5に示した。W1/L2比が大きくなるほど葉長に対し葉幅が広くなり、藻体全体が丸型を帯びることを示しているが、早生ワカメはこの比が大きく、晩生ワカメは小さくなり、3月下旬以降は早生ワカメと晩生ワカメの差が大きくなる傾向が認められた。3月以降は、多少のばらつきはあるものの、両者ともW1/L2比はほぼ横ばいで推移した。

生長が緩やかになり、形態形成が完成したと推定される4月8日の胞子体の形状をTable 2に示した。全長は、早生ワカメが718.5 ~ 1058.7mmに対して晩生ワカメが1519.9 ~ 2023.7mmと長い。葉長に対する最大葉片長の比(W1/L2)は、早生ワカメが40.1 ~ 57.9に対して晩生ワカメが27.3 ~ 34.4と小さい値であり、早生ワカメは葉長に対し葉幅が広いことが特徴であった。最大葉片長に対する中肋欠刻間の最大長の比(W2/W1)は、早生ワカメが13.3 ~ 24.6であるのに対し晩生ワカメは8.3 ~ 13.5と小さく、晩生ワカメは切れ込みが深く烈葉が長いことが特徴となっていた。

早生ワカメの若齢体(2月17日)と成体(4月8日)を

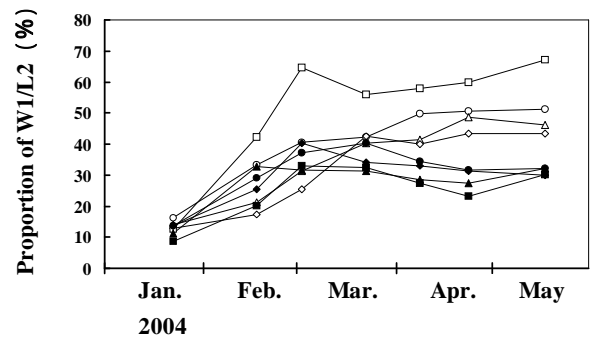


Fig.5 Changes in the proportion of length of the longest pinnate blade (W1) / blade length (L2) of *Undaria pinnatifida*. Northern Type: ; N-1, ; N-2, ; N-3, ; N-4. Southern type: O; S-1, ; S-2, ; S-3, ; S-4.

Fig.6に示したが、成体では葉幅が大きいという特徴が明瞭に現れていた。同様に、晩生ワカメについても同時期の葉体をFig.7に示したが、大きく生長した成体では葉長が葉幅に対し大きいという特徴が認められた。若齢体についてはS-4を除き、早生系、晩生系とも似た形状を示しており、肉眼的には区別することは難しかった。

考 察

鳴門海域で養殖されているワカメには、ナンブワカメを起源として継代養殖されている「晩生ワカメ」と鳴門海域で自生しているワカメを起源とした「早生ワカメ」が存在する。近年、徳島県沿岸の瀬戸内海及び紀伊水道海域では、栄養塩の低下が早期に起こり、長期間持続する傾向にあり(萩平ら2004)、ノリ、ワカメなどの養殖生産に大きな影響を与えるようになってきた。このため、ワカメ養殖漁業者は栄養塩の低下による影響を避けるため、早期に収穫できる早生ワカメと栄養塩の回復が見込まれる4月以

Table 1. Daily growth (mm) of sporophytes (northern and southern type) of *Undaria pinnatifida* cultivated in Konaruto Strait

Cultivated period	Southern type				Northern type			
	S-1	S-2	S-3	S-4	N-1	N-2	N-3	N-4
Mar. 2 - Mar. 5	9.2 ± 1.1	10.7 ± 4.8	12.7 ± 2.9	5.9 ± 2.7	11.5 ± 5.0	17.2 ± 3.1	16.1 ± 3.3	22.1 ± 3.7
Apr. 20 - Apr. 23	1.5 ± 1.1	3.7 ± 2.1	1.9 ± 1.6	0.8 ± 0.8	2.7 ± 2.1	9.5 ± 4.4	21.9 ± 3.9	16.0 ± 3.6
May 11 - May 17	2.1 ± 1.1	1.9 ± 1.9	2.6 ± 1.4	3.0 ± 1.5	3.7 ± 1.2	3.2 ± 2.0	9.1 ± 2.5	5.2 ± 1.8

Data are given as an average values (largest 10 fronds were measured) ± SD.

Table 2. Morphology of sporophytes (northern and southern type) of *Undaria pinnatifida* cultivated in Konaruto Strait and sampled on Apr. 8, 2004.

	Southern type				Northern type			
	S-1	S-2	S-3	S-4	N-1	N-2	N-3	N-4
L1 (mm) *	830.0 ± 71.8	718.5 ± 56.6	1058.7 ± 100.2	1012.4 ± 73.9	1519.9 ± 211.1	2023.7 ± 188.1	1660.3 ± 217.4	1615.9 ± 441.9
W1 / L2 (%) *	49.9 ± 4.8	41.3 ± 5.8	40.1 ± 5.4	57.9 ± 4.8	34.4 ± 3.6	33.0 ± 1.8	27.3 ± 2.1	28.6 ± 4.8
W2 / W1 (%) *	16.9 ± 1.8	24.6 ± 10.8	19.3 ± 1.3	13.3 ± 1.6	13.0 ± 1.3	13.5 ± 1.5	8.3 ± 1.0	13.4 ± 1.7

Data are given as an average values (largest 10 fronds were measured) ± SD. * Abbreviations (L1, L2, W1 and W2) are shown in Fig.2.

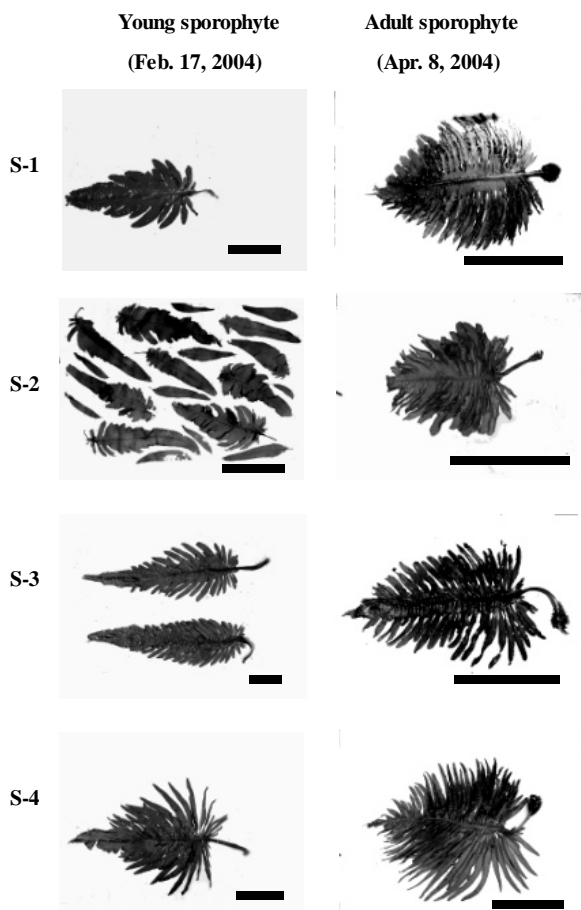


Fig. 6 Morphology of young and adult sporophytes of *Undaria pinnatifida* (Southern type) cultivated in Konaruto Strait. Left column shows young sporophytes sampled on Feb. 17, 2004 and right column adult sporophytes on Apr. 8, 2004.

Horizontal bars indicate 20 cm in left column and 50 cm in right column.

降に収穫が可能な晩生ワカメを使い分けるようになってきている。本研究では、この2種類のワカメ「養殖品種」について孢子体の形状と生長について調査した。

北方系の品種であるナンブワカメの形態的特徴としては、藻体が大型になり葉状部の切れ込みが深いことが挙げられる。これに対し、南方系の品種であるワカメは、一般に藻体が小型で、丈に比べて幅が広く、葉状部の切れ込みは浅いとされている(小河2004)。本研究の結果では、Table 1に示したように、鳴門海域の養殖業者が晩生ワカメと呼ぶ藻体は大型の藻体であり、丈に比べ幅が小さく舟形となり葉状部の切れ込みが深いナンブワカメに近い形状であった。一方、早生ワカメと呼ばれている藻体は小型で、葉幅が広く、葉状部の切れ込みが小さいという南方系のワカメに近い特徴を持っていた。また、Fig.5に示したように、3月以降は葉状部のW1/L2比はほぼ一定となった。ワカメは全長が70cmを越えると形態形成が完成するとされており(谷口ら1981,石川1994)、本研究の結果で

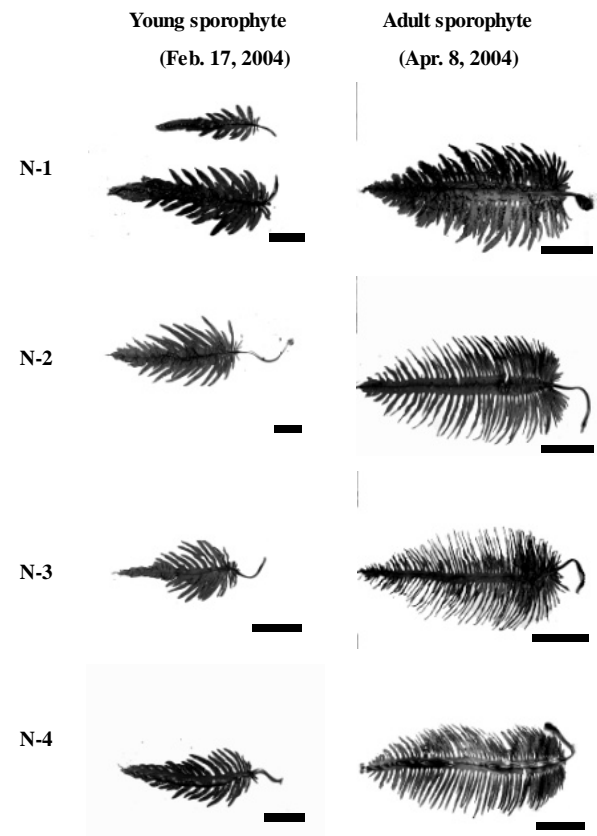


Fig. 7 Morphology of young and adult sporophytes of *Undaria pinnatifida* (northern type) cultivated in Konaruto Strait. Left column shows young sporophytes sampled on Feb. 17, 2004 and right column adult sporophytes on Apr. 8, 2004.

Horizontal bars indicate 20 cm in left column and 50 cm in right column.

は3月上旬がこれに当たると考えられる。Fig.6, Fig.7に示した若齢体(2月)と成体(4月)の写真から明らかなように、若齢体では早生ワカメ、晩生ワカメとも非常に似ていて区別することは出来ないが、成体では両者を明瞭に区分することができた。これらの結果から、「早生ワカメ」は南方系のワカメ(品種)の形状を示し、「晩生ワカメ」は北方系のカットナンブワカメ(品種)に形状を示すことが明らかになった。

鳴門地域の養殖ワカメでは2つの「養殖品種」の交雑が進んでいるといわれているが(松岡1996)、今回の調査で、漁業者が「早生ワカメ」と「晩生ワカメ」を区別してワカメ養殖を行ってきたことにより、予想以上に、2つの「養殖品種」は形態に関する遺伝的特徴を失わず維持していると考えられた。

本研究では、生長の把握は葉部に開けた孔の移動距離を測定する方法で行ったが、養殖期間中最大の生長量を示した3月について、晩生ワカメでは日間生長が11.5 ~

22.1mmで、岩手県内で同様の方法により調べられたナンブワカメの結果(石川1992, 斎藤ら1999)と同様の値であった。南方系のワカメについては、この方法による日間生長の報告がないので比較ができなかったが、早生ワカメは3月時点で既に晩生ワカメと比べて生長量の低下が認められ、4月以降はこれが顕著となった。福澄ら(1999)は、福岡湾において養殖されたワカメ(鳴門産)とナンブワカメ(釜石産)の全長測定によって日間生長を調査している。彼らの報告によると、釜石産ワカメは10以下の低水温でも生長を維持し、南方系の鳴門産ワカメとは最適水温帯が異なった。以上のことから、晩生ワカメは、生長特性についてもナンブワカメに近く、遺伝的特徴を維持していると考えられた。また、晩生ワカメは早生ワカメに比べ、より低い水温でも生長が可能で、結果として生長可能な水温期間が長くなるために大型の藻体に育ちうると推察される。

ワカメの品種については、形状に関する報告が多い(加藤・中久1962, 鬼頭ら1981, 谷口ら1981, 石川1992, 1994, 福澄ら1999, 日下・菊田2002)が、生長に関する報告は比較的少ない(石川1992, 1994, 福澄ら1999, 斎藤1999)。養殖ワカメの遺伝的要素には、形状だけでなく生長速度などの生理特性も含まれる。養殖ワカメの成体の形状と大きさは、生育場の環境要素とワカメの持つ遺伝的要素が複合して決定されると考えられる。近年 Morita et al. (2003) は、志摩半島のワカメとヒロメ *U. undarioides* の分布が配偶体の成熟温度の差異により決定されていると報告している。養殖開始の水温は徳島や鹿児島では23℃、岩手や宮城では16~17℃で、相当な差が認められる(團ら2004)ことから、孢子体の幼葉の適水温も品種間で異なる可能性がある。同様に、ワカメの品種には、配偶体の成熟・発芽温度、幼葉の生長温度などにも違いが存在すると考えられる。したがって、ワカメの生態や品種維持機構の解明、養殖技術の改良においては、形状だけでなく生理特性の違いを明らかにすることも重要と考える。

文 献

團 昭紀・廣澤 晃・松岡正義(2004)徳島県におけるワカメ養殖技術開発の現状と展望 地域漁業研究 44(2), 125-132.

遠藤吉三郎(1913)海産植物学, 博文館, 東京, pp. 377-403.

福澄賢二・太刀山 透・深川敦平(1999)福岡湾における養殖ワカメの種苗による生長と形態の相違. 福岡水技研報, 9, 11-17.

萩平 将・加藤慎治・宮田 匠(2004)藻類養殖漁場環境調査. 平成14年度徳島水研事報, 85-86.

石川 豊(1992)雌雄各1遊走子起源の配偶体から得られたワカメの形態について. 水産育種, 18, 25-32.

石川 豊(1993)ワカメ葉状部生長量の簡便測定法. 日本水産学会誌, 59(8), 1331-1336.

石川 豊(1994)養殖ワカメの量的形質について. 水産育種, 20, 9-16.

加藤 孝・中久喜昭(1962)同一漁場に育った宮城産ワカメと鳴門産ワカメの形態の比較. 日本水産学会誌, 28(10), 998-1004.

鬼頭 鈞・谷口和也・秋山和夫(1981)ワカメの形態変異について. 松島湾産2型を母藻とする養殖個体の形態比較. 東北水研報, 42, 11-18.

日下啓作・菊田 輝(2002)気仙沼湾におけるワカメ養殖種苗の形態差. 宮城水産研報, 2, 1-6.

松岡正義・廣澤 晃・團 昭紀(1996)鳴門海域養殖ワカメの形態変異. 平成6年度徳島県水試事報, 201-206.

松岡正義・廣澤 晃・團 昭紀(1997)鳴門海域の養殖ワカメ形態形質の歴史的変異. 平成7年度徳島県水試事報, 240-243.

Morita, T., A. Kurashima and M. Maegawa (2003) Temperature requirements for the growth and maturation of the gametophytes of *Undaria pinnatifida* and *U. undarioides* (Laminariales, Phaeophyceae). *Phycol. Res.*, 51, 154-160.

小河久朗(2004)ワカメ. 有用海藻誌(大野正夫編), 内田老鶴圃, 東京, pp. 42-58.

齋藤宗勝・竹内一郎・乙部弘隆(1999)岩手県大槌湾における養殖ワカメの生長について. 藻類, 47, 113-117.

谷口和也・鬼頭 鈞・秋山和夫(1981)ワカメの形態変異について. 宮城県松島湾産ワカメ2型の生長と形態. 東北水研報, 42, 1-9.

吉田忠生(1998)新日本海藻誌, 内田老鶴圃, 東京, pp. 333-335.

