

徳島県のワカメとコンブ資源の開発研究の変遷 (総説)

團 昭紀・大野正夫・松岡正義

Changes of the research and development on the resources of *Undaria* and *Laminaria* in the culture ground of Tokushima coasts

Akinori DAN^{*1} Masao OHNO^{*2} and Masayoshi MATSUOKA^{*3}

キーワード：ワカメ, コンブ, 養殖研究, 徳島県

第1章 ワカメ

徳島県水産試験場では全国ワカメ養殖研究の草創期である1958年頃から研究を始めている。現在のワカメ養殖においてもその技術が使われており、文献を紐解くと当時の研究者の苦勞がよく理解できる。最近は、「1尾起源の遊走子由来の配偶体を使った種苗生産」などの品種改良にテーマが移っており、この技術を使い東日本大震災で被害を受けた三陸ワカメの支援に役立ったことは記憶に新しい。その後、多くの研究が行われ、新しい知見も得られているが、これからの研究者によるとりまとめを待ちたい。今回は、1970年頃から2010年頃までの徳島県での養殖技術研究を中心にとりまとめ、区切りとした。

1節 鳴門わかめの歴史

古代阿波の特産海産物

古代の海産物について知る資料として、平城京跡(710～784)などから多数発見された木簡などの記録が貴重な資料となる。木簡には「阿波国進上御贄若海藻壺箆板野郡牟屋海」と書かれたものが発見されている(富塚, 宮田2011)。これは、現在の小鳴門海峡一帯の海から産した「若海藻」壺箆が献上品として都に運ばれたことを示し、「若海藻」はワカメである。諸国に課せられた税などを詳細に記録した「延喜式」(えんぎしき)にも、阿波国からの税として記録されている。

寛永15年(1637) 松江重頼が著した「毛吹草」にも阿波の産物としてワカメがあげられている。その採取方法は、「若和とり鳴門の海を潜りけり」とか「藻刈船にこり江そのみ漕かへり、うらみほしき里の海人」とあるように、船の上から海中をみて鎌などで刈り取る方法や潜水による方法がとられていた。

近世になって海藻類は、比較的採取しやすく、乾燥させることにより長期保存することができ、非常時の食糧として利用されてきたことも記録されている(藩法集)。わかめは、北海道からほぼ日本沿岸に広く繁茂しているが、水産業として歴史が古く、名産地とされてい

るのは、三陸地方の南部わかめ、三重県の糸わかめに、鳴門わかめの徳島県と言える。岡村金太郎(1922)の著書に、鳴門わかめを詳しく書かれており、およそ700年以上前の和歌集に、里浦の海士を歌った「若布とり鳴門の浪を潜りけり」、「鳴門の若布里の海士よりいず」などを紹介している。特に「鳴門灰干しわかめ」について詳しく書かれている。灰干しわかめは、江戸時代末期(1808年頃)、鳴門市里浦町の前川文太郎が始めた。その製法は、明治35年度徳島県勸業報告書のなかに、鳴門若布改良の起源として下記のように書かれている。たまたま、休憩中に灰にまぶして乾燥させて若布を洗って干すと案外良品になることがわかり「さらし若布」として売ると好評で、それから、灰干し若布の製法が始まった。その方法は、生若布の茎を除去して、葉面に柴灰を付着させ、縄に掛けて乾燥し、数日後快晴の日を選び、清水でこれらを洗い、灰分を除去するために水分を十分に絞り日陰にて干しあげる。これは、土産物として広く日本各地に広まった。ワカメ加工品は、原藻の質と加工技術により製品の良否がでるとされている。農林規格検査所の品質管理技術マニュアル(1978)のなかで「わかめ」として次のように加工品を分けている。

1 乾燥わかめ

(1) 素干しわかめ

原藻を海水で水洗いし、中肋(芯と称される部分)を縦にふたつに分け、または除去して乾燥した最も一般的なわかめが乾燥わかめである。なお、淡水で洗ったものは、淡水ものとして区別している。製品の歩留まりは、使用した原藻および中肋のふたつ分け、並びに芯を除去の別により異なるが8～14%程度である。

(2) 灰干しわかめ

原藻に灰をまぶし、灰のアルカリ性成分により色沢を保持させて乾燥したものである。土産品などの1部には灰付きのまま販売されるものもあるが、大部分は灰を落とし、水洗、中肋除去、葉片縦裂などの加工をほどこし、「灰干し糸わかめ」に仕上げて出荷されている。歩留まりは、6～8%と低い。この製法は、徳島県鳴門地方

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

*2 高知大学海洋生物研究教育センター (Usa Marine Biological Institute, Kochi University, Tosa, Kochi 781-11, Japan)

*3 徳島県板野郡藍住町住吉字江瑞 62-8(Syouzui, Sumiyoshi, Aizumi, Itano, Tokushima 771-1264, Japan)

で150年前に創案されたもので、同地方の特産である。なお、現在は草木灰の代わりに活性炭が使われている。

(3) 板わかめ

原藻を水洗い後「すのこ」に薄く並べて板状に乾燥したもので、山陰地方が産地である。「めのは」、「おしきめ」などとも称される。古くは「にぎめ」とも呼ばれた。「めのは飯」とは、板わかめで包んだ「にぎり飯」のことである。製品の歩留まりは、9～10%程度である。類似品に板わかめを小型かした「すだれわかめ」（越後地方）や板わかめを縦裂きした「のしわかめ」（北陸地方）がある。

(4) もみわかめ

半乾燥にした原藻の中肋および葉を裂き、茶をもむ要領でもみ、内部の水分の拡散とねばりを出し、白粉をふかせるなどの肉質の向上を図りながら乾燥し、整形調整したものである。島原地方に伝わる製法で歩留まりは8～9%程度である。

(5) 糸わかめ

前者の「もみ」の工程に「より」を加え、一定の長さに揃えたもので、鳴門地方および伊勢地方が主産地である。

(6) 抄きわかめ

精製した原藻をミキサーなどで細断し、粹付きの「すのこ」に均一に広げて「板のり」状に乾燥したものである。

(7) カットわかめ

現在、流通しているカットわかめの大部分は、後述の湯通し塩蔵わかめを原料として、脱塩、裁断、乾燥などの再加工を施したものである。即席で利用できるインスタント性を付加した画期的なわかめ次加工品である。この製法は、昭和40年代末頃即席みそ汁がブームとなった時に、その具として乾燥わかめ、または塩蔵わかめを再加工して用いたことが発端となって、研究開発された。

(8) その他

原藻を砂にまぶして乾燥した「砂わかめ」（福島県、茨城県）、海岸の砂れき上で乾燥した「砂干しわかめ」「乱れぼしわかめ」（千葉県、北海道）、淡水の熱湯をくぐらせ緑色に発色させた後乾燥した「湯抜きわかめ」、一端塩蔵したものを乾燥した「塩干しわかめ」などがある。

2 塩蔵わかめ

(1) 塩蔵わかめ

原藻を塩水（25psu程度）につけ込む立塩法か塩40%前後を混合する撒き塩法で製造される。いずれも歩留まりは48%前後である。

なお、これらの塩蔵法は、元来、わかめの産地で自家用として貯蔵するために考案されたものである。また、この加工工程中で冷凍処理を行う冷凍塩蔵わかめもある。

(2) 湯通し塩蔵わかめ

原藻を熱湯処理で緑色に発色させ、塩を混合して製

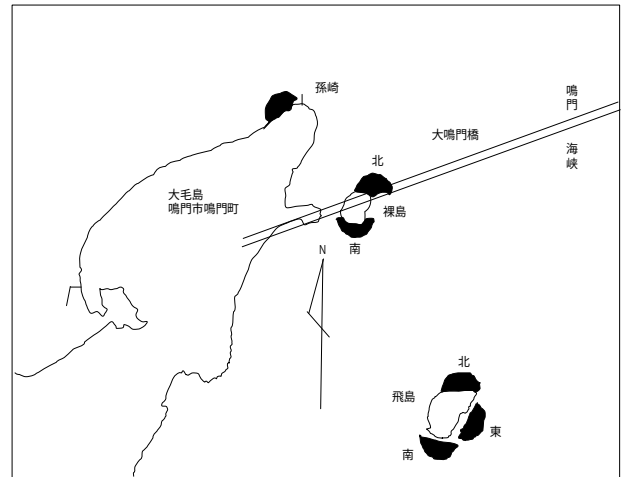


図1. 大鳴門橋周辺天然ワカメ調査水域

品としたもので、歩留まりは加塩量及び水分含量によって異なるが、おおむね30～50%である。この製品の大部分は、原藻産地において原料用としての1次的加工を施し、食塩含率を約20%程度としたものを、消費地加工場で商品化するもので、流通範囲も拡大し現在では、わかめ製品の大半を占めている。

2節 徳島県鳴門海峡の天然ワカメ群落と葉体の形態の特性について

鳴門海峡に繁茂する天然ワカメは、速い潮流のなかで育つので、三陸地方のワカメより薄いが菌ごたえがよく良質なものと知られてきた。しかし、天然ワカメに関する生態的な報告が今までなされて来なかった。本州四国連絡架橋漁場調査に際して、1973年3月より1982年5月まで約10年間、5回にわたる鳴門海峡の主要な天然ワカメ群落の調査が行われた（松岡1983, 松岡, 天真1986）。

この調査期間中は、まだ、三陸地域からのいわゆるナンブワカメ系統の養殖品種が、あまり鳴門ワカメ養殖場を導入されていない年代であり、従来からの天然ナルトワカメ系統のワカメ藻体が繁茂していた。ここに上記の調査報告をもとに、生態的な要点と藻体の形状について報告する。

調査方法

本調査は、1973年3月と6月、1975年5月、1977年5月、1979年5月、1982年5月の5回行われた。調査区域は、図1に示す鳴門市大毛地先、孫崎、裸島、飛島のワカメ群落について行われた。

ワカメ群落の分布面積の調査はあらかじめ聞き取り調査によって、概略図を作成し、その図をもとにして現場で船上から箱メガネを用いて透視するとともに、潜水して分布外郭を確認した。また、ワカメの現存量については、孫崎8地点、裸島11地点、飛島22地点でそれぞれ0.25 m または年により1mのコードラートを海底に設置し、コードラート内の全ての海藻を採取した。ワカメについては、乾燥させないように注意しながら、現場で全葉長、葉長、茎長および全重量について測定した。また、これらのワカメの内から最大のものについては、風乾し1日おいてから乾燥重量を測定した。

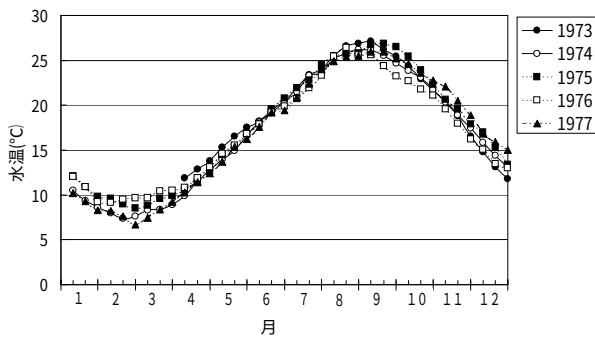


図2. 1973年から1977年までの水温の推移

表1. 調査海域における出現海藻類（調査1975年5月）

出現種	
緑藻類 3種	アナアオサ, ヒラアオリ, ミル
褐藻類 19種	アミジグサ, サナダグサ, コモングサ, ヘラヤハズ, ワイジ ガタクロガシラ, クロモ, ケウルシグサ, ハバノリ, セイヨウ ハバノリ, カジメ, ワカメ, ジョロモク, アカモク, ヤツマタモ ク, イソモク, ノコギリモク, ネジモク, ヨレモク
紅藻類 38種	カギノリ, カゲキノリ, ミルノベニ, マクサ, ビリヒバ, ムカデ ノリ, ヒラムカデ, ツルツル, フダラク, コメノリ, イトフノリ, ホスバノサカモドキ, ネザシトサカモドキ, ベニスナゴ, ユカリ, イバラノリ, カバノリ, オキツノリ, カイノリ, タオヤギ ソウ, マサゴシバリ, フシツナギ, ワツナギソウ, カザシグ サ, ケカザシグサ, ヨツガサネ, フタツガサネ, リュウノタ マ, ハイウスバノリ, シマダジア, ショウジョウケノリ, クロイ トグサ, ユナ, コザネモ, キクヒオドシ, アカソソ, クロソソ, ミツデソソ
合計	60種

表2. 天然ワカメの分布面積

年月	1973.6	1975.5	1977.5	1979.5	1982.5
孫崎	3,000	3,400	4,000	4,000	4,200
裸島	14,000			10,200	13,800
飛島	10,000	13,000	20,000	23,700	18,000

単位: m²

結果と考察

天然ワカメ群落海域の環境と植生

鳴門海峡は、うず潮で知られているところで、潮流が速く、この条件がワカメの藻体の大きさに影響を与えていると思われる。水温は図2に示すように、ワカメの生育初期の12月上下旬は12～17℃であるが、翌年1月初旬から2月下旬はまでは10℃以下になり、最低は8℃ほどになる。ワカメの伸長は10℃付近から水温の上昇とともによくなり、5月は成熟し、天然群落では最大の現存量になった。

この海域の海藻群落はワカメが優占種であるが、カジメやホンダワラ類も混成しており、1975年5月に、全調査区域の海藻植生調査が行われた。その結果を表1に示す。調査区域はワカメが優占種であるが、カジメやホンダワラ類が多く混生しているのが特徴的であった。潮流が速く多様な海藻植生をして60種の海藻が確認された。孫崎では水深3m付近でマクサ、5m付近でアカモク、7m付近でコモングサが多く繁茂し、そのほか、緑藻アナアオサ、褐藻アミジグサ、コモングサ、ヘラヤハズ、カイノカワ、紅藻サンゴ類、ネザシトサモドキ、ユカリ、カバノリ、ツノマタ、マサゴシバリなどが分布してい

表3. 1982年5月調査時における全葉長の範囲と平均

	範囲	平均
孫崎	9.5～163	105.3
裸島	4.0～174	107.0
飛島	6.0～120	67.7

単位: cm

た。裸島周辺では、局所的にカジメが優先繁茂している場所が孫崎と似ており種類相もほぼ同じであった。どの調査区域ではカジメがかなり繁茂しており、ワカメよりも優占度が高いところもあった。調査期間中、年度による調査区の植生に目立つほど大きな変化は認められず、狭い範囲の調査区域で確認された種数は60種であったことは、鳴門海峡海域は、徳島県内のほかの海域の海藻植生と比較しても豊かな海藻群落を形成していた。なお、ワカメ群落の減少は、カジメの生育域の拡大と関連していることが推察された。

ワカメの分布面積の推移

3調査区のワカメ群落の面積について、5回にわたる調査結果より天然ワカメの分布面積の結果を表2に示す。1973年度の調査で、ワカメの繁茂分域は孫崎3,000 m²、裸島で14,000 m²、飛島で10,000 m²であった。裸島では1975年より1982年まで変動はあるがほぼ安定し、13,800～14,000 m²の範囲内であると推察された。飛島沿岸は年を追うごとにワカメ群落は拡大傾向にあり、1977年には2倍の面積が測定された。1982年には若干減少し18,000 m²になった。飛島でのワカメ群落の拡大・減少は、カジメ群落との競合で起こり、面積の増大はカジメの繁茂によった。以上の調査結果から鳴門海峡海域のワカメ群落は、安定した状態が10年間維持されていたことが明らかになった。

葉体の形状

葉体の形状については、1982年度に測定が行われた。その結果を表3に示す。調査時は、5月で成熟期であったが、群落内には、3区とも4.0～9.0 cmと幼芽がみられたが、発芽期が遅れたものや光条件のためと思われる。葉長の範囲は孫崎で9.5～163.0 cm、裸島は4.0～174.0 cmであり、飛島は小型の葉体で6.0～120.0 cmであった。各調査定点で8～22回の採取り調査を行ったが、その各々のコードラートで内の最大葉長の平均値はそれぞれ105.3 cm、107.0 cm、67.7 cmであった。飛島で葉長が短いのは、カジメの繁茂が著しく、幼体期に光量を遮るような影響をワカメ藻体に与えたと推察された。カジメの密度が疎になるほど、ワカメの葉長は長くなっており、水深の深いほど、ワカメは大きい個体が多かった。

ワカメ群落の繁茂密度の推移

ワカメの繁茂は、着生場所によりかなり差異があるが、面積当たりの株数を表4に示した。各年度の平均密度(1m²当たりの株数)にも変動は大きかった。孫崎

表4．天然ワカメの1 m²当たりの平均株数

年月	1973.6	1975.5	1977.5	1979.5	1982.5
孫崎	30	22	46	58	66
裸島	25	—	—	50	46
飛島	21	36	56	64	24

 表5．1982年5月調査時における1株当及び1 m²内当たりの生重量

	1株(成葉葉付)の生重量(g)	1m ² 当たりの生重量(g)
孫崎	57.2	3776
裸島	131.4	6018
飛島	63.9	1545

表6．天然ワカメの積量(総重量)(kg)

年月	1973.6	1975.5	1977.5	1979.5	1982.5
孫崎	5,874	4,284	10,812	15,188	15,859
裸島	14,616	—	—	29,733	83,048
飛島	8,790	17,238	38,597	89,752	27,810

では、1973年に1m²当たり30株であり、年を追うごとに増大し1982年度に58株になっていた。裸島では1973年に25株/m²、1982年に46株/m²であった。飛島では1979年に64株/m²であった。天然ワカメ群落の株数を報告したものが無いので比較できないが、他の海域でのワカメ群落よりも、高密度に繁茂していることは確認された。

1株当たりの重量は表5に示す。孫崎で184.2gw./株、飛島で129.3 gw./株であった。ワカメの面積当たりの株数これらの値から単位面積当たりの現存量がもとめられた。孫崎では最大3.776 g/m²、裸島では最大6.018 g/m²、飛島では3.787g/m²であった。

天然ワカメ群落の現存量の年変動

各調査区域では、5回にわたる調査点のワカメの積量を表6に示す。1973年より1982年の期間、天然ワカメの生育量は年変動がかなりみられたが、この要因は、海況の変動や海藻群落の変遷が考えられる。1982年の調査では、孫崎で15,859 kg、裸島では83,048 kg、飛島で27,810 kgであった。この期間内に3回採取されるものとして、各区域の群落内の現存量(生重量換算)を試算すると孫崎で48トン、裸島で249トン、飛島で84トンと試算された。天然ワカメの採取量は100トン以下であり、十分なワカメ資源量を維持できる。

第2章 ワカメ養殖技術

1節 徳島県におけるワカメ養殖技術開発研究史

ワカメ養殖の試みは1940年代に中国大陸にあった満州国関東水産試験場や北海道水産試験場で行われたが、これらの試みは本格的な事業化にはいたらなかった。1955年頃から宮城、岩手、愛知、徳島、兵庫の各水産試験場や国立水産研究所、大学などが中心となって、養殖事業化への試験研究が活発に行われた。徳島県水産試験場では、1958年に遊走子付けした種苗枠を海中管理し養殖に初めて成功し、1959年には陸上に設置された大型水槽による配偶体から発芽したワカメの種苗生産方式に成功した(團ら2004)。1960年に「浮かし延縄式」が考案され、1961年に筏式養殖法を開発した。1961年には、鳴門市、小松島市にある漁業者グループがワカメ養殖に着手

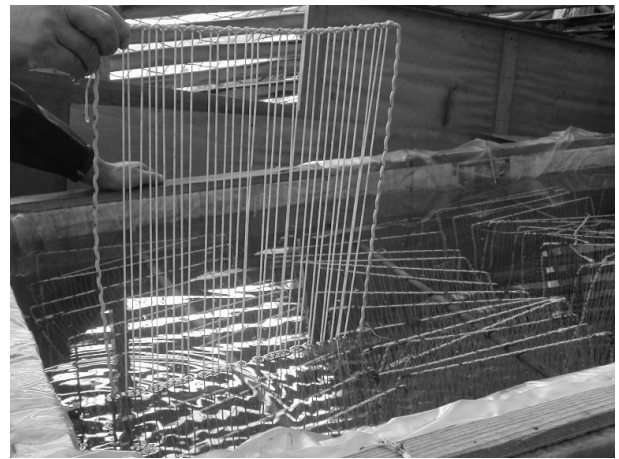


図3．種枠と陸上タンク

し、ワカメの収穫は1～6月に行われ、ワカメ葉体の収穫の最盛期は3～4月であることがわかった。

1963年にはワカメ養殖のための区画漁業権が設定され、鳴門市にある漁業協同組合が中心となって本格的にワカメ養殖が事業化され、1965年より紀伊水道に面した和田島、今津、中林など各沿岸域漁業協同組合でもワカメ養殖が開始された。全国各地で1965年頃からほぼ同時にワカメの養殖が本格化し、数年で天然産ワカメの収穫を上回るようになった(團ら2004)。

その後、人工採苗や筏式養殖法などの基本的な養殖技術は漁業者と水産試験場との研究によりさらに改良が重ねられて技術が完成し、現在に続いている。

2節 徳島県と三陸地方、鹿児島県のワカメ養殖技術の比較

1 徳島海域での養殖技術

徳島県でのワカメ養殖方法は、4～5月(海水温10～15℃)にワカメの胞子葉(メカブ)から放出される遊走子を種枠(30cm角の針金製種苗枠に合成繊維クレモナ糸を巻き付けたもの)に採苗し、陸上タンク内で遊走子から発芽した配偶体を糸上で増殖させる。夏期にはタンク内の水温が上昇し、そのままではワカメが死亡するため、タンクを簾等で覆い薄暗くしワカメを休眠させる。9月に入れば気温は急速に下がるため、水槽を覆っていた簾などを徐々に取り払い、光量を多くしてやることで配偶

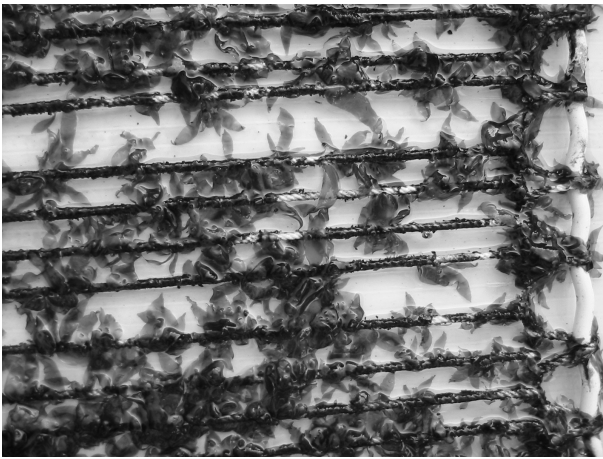


図4. 種枠上のワカメ幼葉と種苗の差し込み



図5. ワカメ養殖場全景と収穫風景

体の成熟を促進する。簾を取り払う時期は漁業者により多少異なるが、受精のための適水温帯に合わせて行わねばならず、自然まかせである三陸の海中培養方式より細やかな対応が必要である（図3）。

11月中旬頃になると水槽中の種糸上に1mm程度の幼葉がみられるようになり、海水温が23℃に低下すると種糸を海中に仮沖出しをして、幼葉が1cm程度になる11月上旬～中旬まで海中培養する。この種苗を本養殖用のロープ(16mm)に巻き付けるか、種糸を3cm程度に切って30～50cm間隔で挟み込み、養殖を開始する(図4)。収穫は、早いもので1月の下旬頃から始まり4月下旬には終了する。最盛期は2月中旬から3月までであり、漁業者は高水温に適した早生系を養殖することが多いが、低水温時に対応した晩生系の種苗を選択する地域もある。また、これら種苗を専門に作る種屋という漁業者も存在し、多くの漁業者が育苗後の種を購入する。ワカメ養殖場の全景写真と収穫風景を図5に示す。

2 三陸地方の養殖技術

岩手県でのワカメの養殖は、7～8月に孢子葉から放出される遊走子を種糸（天然繊維であるシュロ糸）に採苗することから始まる。このときの海水温は14～22℃であり、鳴門よりも時期が遅く、高水温で採苗をおこなっている。陸上または船上のタンクで遊走子付けを行い、これを仮移植筏に直接垂下する海中培養が広くお行われ、タンク培養は海中培養を補完するために実施されているに過ぎず、年々減少傾向にある。ワカメ配偶体は23℃以上になると生長を中止するため、高水温時には光量を落とし休眠させる必要がある。しかし、岩手県沿岸では8月から9月まで（海水温18～23℃）の時期は配偶体の生長にとり好適な水温帯にあるため、休眠（夏眠）という面倒な操作は必要なく、9月頃の水温降下時（海水温20℃）に雑草の除去をしながら徐々に垂下水深を浅くすれば自然に幼葉が芽生え、10～11月（海水温18～15℃）には養殖用の種苗（葉長10～20mm）となる。本養殖は、海水温が16～17℃となる10月中旬頃から開始されるため鳴門よりも半月以上早く、また海水温も3～4℃低い。本養殖の方法は鳴門と同じ挟み込み法もあるが、ほとんど巻き付け法で行われる。収穫は2月から4月下旬までで、最盛期は3月中旬から4月上旬まで（海水温6～8℃）である。

宮城県では、5月下旬～6月下旬（海水温12～16℃）に陸上タンクまたは魚槽で遊走子付けを行う（伝統的漁具漁法海藻-宮城県公式ウェブサイト www.pref.miyagi.jp/soshiki/mtsc/dentokaiso）。種糸は延縄船の枝縄の使い古しであるシビ縄である。採苗後は、岩手県と同じ海中培養を7月か9月上旬まで行う（海水温18～22℃）。9月下旬～10月上旬に垂下深度を徐々に浅くしていくと、20℃前後に低下する頃に幼葉が肉眼視できるようになる。この時、成長促進のために種糸を海面に水平に張る。10月中旬～11月上旬（海水温18～16℃）に本養殖用の種苗（1～3cm）に生長し、順次本養殖へと移行していく。本養殖は、松島湾内では挟み込み方式で、外洋では巻き付け法で行われる。収穫は1月から5月までで、最盛期は2月～3月（海水温7℃）である。

3 暖海海域（鹿児島県）の養殖技術

三重県、和歌山県など東京以南の太平洋岸でのワカメ養殖が行われているが、ほぼ徳島県と似た方法であるが、まとまった技術を記載した報告がない。鹿児島県では阿久根市地先でワカメ養殖が行われており、これが国内での南限である（新村1982）。ここでの養殖行程は徳島とほぼ同じであり、5月中旬に陸上タンクで遊走子付けを行う。種糸は、徳島と同じ合成繊維のビニロン糸を用いている。陸上タンク内での培養は5月から11月上旬までおこなうが、採苗から4週間フィルター濾過した海水で換水をおこないながら配偶体の増殖を促進する。夏期は農業用遮光網で覆い、ほぼ暗黒状態で越夏させる。朝夕の冷え込みで、タンク内の水温が20℃を下回るようになれば、水温に注意しながらフィルター濾過した海水で換水をおこなう。11月中旬以降で、海水温が23℃以下になる頃に仮沖出しする。徳島より1ヶ月遅いが、仮沖出しの水温は同じであり、鹿児島県産のワカメといえども23℃が幼葉の生育可能な上限であることが推測される。その後11月下旬～12月中旬で幼葉が8mm程度になると本養殖が開始される。この時の海水温は、21～19℃である。収穫は1月下旬から始まり（海水温16℃）、4月下旬まで続く（海水温18℃）。最盛期は3月である。養殖期間中の最低水温は2月中旬で13℃と、徳島に比べて相当高い。やはり、鹿児島産のワカメにとり好適な生育水温は徳島、岩手、宮城産に比べて高いといえる。養殖方法は延縄式であり、種糸を養殖ロープに巻き付ける。

それぞれの場所での養殖技術は、その場所をとりまく環境により影響を受け発達してきたと考えられる。三陸地方と徳島の大きな違いとしては、春から夏にかけての遊走子の採苗から秋までの培養管理の方法である。水温が徳島と比較して低い三陸では採苗した種を夏眠させる必要がなく、海中ですべて生長させることができる。徳島を含め、南の地方では夏眠させるためにタンク培養と仮沖出し（育苗）などの面倒な作業が必要となってくるのである。養殖開始時の海水温は、三陸では16～18℃と徳島に比較して低い。この水温は、徳島では11月下旬か12月上旬に当たる。鹿児島は21～19℃と、若干、徳島よりも高い程度であるが、養殖期間全般についてみると、徳島よりはるかに高い。このような違いは、使用する種の特性によるものと考えられ、もし徳島で各地から種を移植した場合は、北方系の品種を使うのであれば低水温期に、南方系では高水温期に使用することにより、効率的養殖ができると考えられる。このような試みとしては、宮城県の内湾漁場で、鳴門から導入した種苗を使い、高水温系である特性を生かした早期養殖、早期出荷（年内）を実現している事例がある。

4 徳島県における新しいワカメの種苗生産技術

生産されるワカメの姿は、「環境的要素」、「生産技術的要素」および「遺伝的要素」により形作られる。「環境的要素」とはワカメをとりまく海の環境条件のことであり、水温、塩分、潮流、栄養塩、濁度などがある。これらは、養殖する場所、年により変動するもので、我々人間の手でなかなかコントロールできるもので

はない。また、海藻養殖は陸上で栽培される野菜などと違い、はるかにこれらの環境的要素の影響を受けやすいといえる。「遺伝的要素」は、ワカメ自身が持つ形質であり、現在わかっているものでは裂葉の切れ込み、葉の厚さなどの形態的なものと水温と生長の関係などの生理的なものがある。少なくとも、北方系ワカメと南方型ワカメにはこれらの遺伝的違いが認められる。次に、「生産技術的要素」であるが、生産方法によってワカメの品質も違ってくる。例えば、種糸を挟み込む間隔とか、養殖水深、刈り取りの方法（「間引き」と「総合刈り」）などにより、ワカメは異なる。

ここで述べる方法は、3つの要素のうち、遺伝的要素をコントロールするものである。

環境の影響は年により変動するものである。しかし、これから述べる「新しいワカメの種苗生産の方法」は、少なくとも環境の変動による影響を除けば品質的に安定したワカメ生産が出来る方法であると考えていただきたい。

漁業者が一般に行っているワカメ種苗の作り方は、春になるとワカメの根元付近に出来る胞子葉から遊走子を放出させ、種糸に付着させることから始まる。糸に着生した遊走子は、発芽生長し配偶体になる。この方法では、通常、多量の胞子葉を用い遊走子付けするので、多くの親由来の配偶体が種糸上で混在して生長することになる。この種糸を用い養殖するため、生長したワカメは親のワカメと同じものになるとは限らない。また、同じ系統のワカメから代々採苗し、他のワカメと混ぜなくとも、導入して5年も過ぎると形態が地場のワカメと同じになることが漁業者の経験上知られている。これは、同じワカメから出た遊走子でも、地場の海に適合しやすいものが生き残り、不適なものは淘汰され、それを繰り返すうちに形態的には地場のワカメと似てくるのである。このため、鳴門のワカメ種苗生産業者は数年に1度は三陸から種を入れる必要があり、多大な苦勞をしている。また、三陸から種を導入したばかりの1年目のワカメは品質がよくないと言われており、2～3年を鳴門の海で経たものが最もよいと言われている。しかし、従来の方法では漁業者が希望する段階のワカメを種として保持することが出来なかった。

この問題を解決するための方法として提案されたのが、「新しい種苗生産方法（フリー配偶体を使った種苗生産）」である（團 2000）。この方法は、1個の胞子葉から放出される無数の遊走子から、1尾ずつの雄と雌の配偶体を分離し、増殖させ、配偶体を機械的に細断したものを糸の上に着生させ、受精・発芽させる工程により、種苗生産をおこなうものである。このため遺伝的に非常に均質なワカメができあがる。1尾遊走子起源の雌雄の配偶体を組み合わせて受精させ、目的としたワカメが出来たなら、その組み合わせの雌雄配偶体を保存培養しておき、これを用いることで、以後、遺伝的には同じワカメを作り続けられるはずである。

この方法を用い、1尾遊走子起源の雌雄配偶体を増殖させた種を生産し、養殖した結果を表7、8、9と図6に示した。実験は同じ種、同じ方法で3年（3回）繰り返し

表7. 鳴門海域で養殖されたワカメ株の葉体の厚さ（葉厚＝mg/cm²）

種類	1999		2000		2002	
	平均値	順位	平均値	順位	平均値	順位
K	39.3	1	37.6	1	30.2	2
F	35.4	2	36.3	2	30.5	1
N	32.5	3	32.0	3	29.4	3

表8. 鳴門海域で養殖されたワカメ株の裂葉の欠刻比（欠刻比＝欠刻幅/葉幅）

種類	1999		2000		2002	
	平均値	順位	平均値	順位	平均値	順位
K	0.13	1	0.10	1	0.11	2
F	0.22	2	0.16	2	0.12	1
N	0.25	3	0.20	3	0.20	3

表9. 鳴門海域で養殖されたワカメ株の葉重/葉長比（葉重/葉長）

種類	1999		2000		2002	
	平均値	順位	平均値	順位	平均値	順位
K	3.9	3	4.1	3	2.6	3
F	4.5	2	5.3	2	3.1	2
N	6.0	1	8.6	1	3.5	1

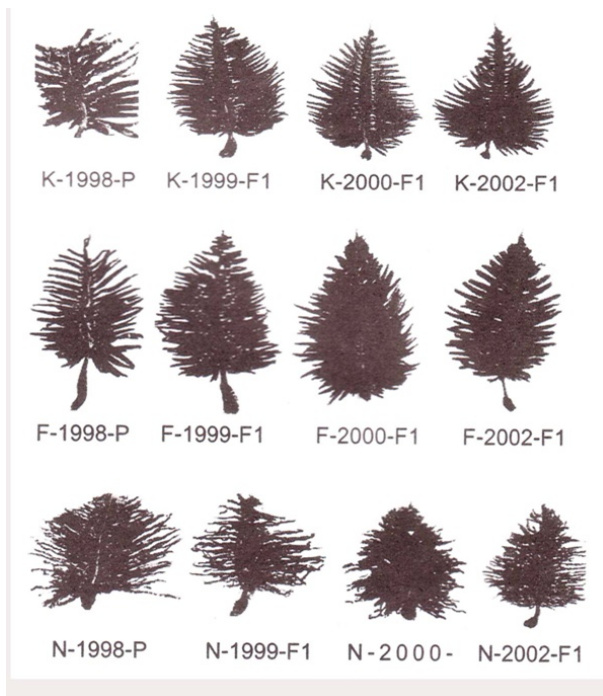


図6. 同一の1尾遊走子起源の配偶体を用いて1999年、2000年および2002年に養殖したワカメ

た。用いた種は、K、F、Nで、鳴門地方で養殖されている3種類であったが、K、Fは北方系ワカメの性質を多く持ち、Nは南方型を多く持っていた。比較した形質は、葉の厚さ、裂葉の長さ、葉の重さであったが、それぞれ親の間で比較した順位と子の間で比較した順位は3年ともほとんど同じであった。実験年により水温などの環境要素は異なり、各年の直接的な比較はできないが、同一年での3種類の間での比較は遺伝的な要素が強く現れるので可能である。上記の結果より、3種類の種から採苗したこの各形質での順位が毎年ほぼ同じであったということで、この方法の有効性が実証された。

5 新しいワカメ種苗生産の方法

新しいワカメの種苗生産マニュアル

ーフリー配偶体を使った種苗生産ー

徳島県立農林水産総合技術支援センター水産研究課資料
(www.pref.tokushima.jp/taftsc/suisan/material/manual/wakame)

ワカメのフリー配偶体からの種苗生産とは、目的とするワカメの遊走子から発生した配偶体を、雌雄1尾ずつに分離増殖させ、これを機械的に細断し、糸に着生させ、糸上で受精させる。これから発生したワカメ幼葉を室内培養と天然海水中で藻体長1～2cmまで成長させる。

1) 藻体の外部形態の測定

① 目的とするワカメの外部形態（葉長、葉幅、葉重など）を測定し、写真撮影を行う。場合によっては、葉厚とか皺の有無など、目的に応じて測定する。

② 胞子葉は、測定後速やかにビニール袋に入れ、15～20℃の冷暗所に保存する。15℃より低温では、海水に戻した場合、遊走子の放出が悪くなる。胞子葉を海水から出して冷暗所に保存した場合、2～3日間は遊走子の放出は可能である。

2) 遊走子の採取

① 遊走子を放出させる部屋の温度は15～20℃がよく、高温では遊走子の遊泳時間が短くなるためよくない。

② 胞子葉を3～4cm角程度に切る。仮根に近い部分が胞子の放出が良好であるが、胞子葉表面のなるべく汚れの少ない部分を切り取る。切り取った葉片はキムタオル等で軽く汚れをふき取る。

③ 100mLの滅菌海水の入ったビーカーを3ヶ用意し、葉片を順に洗浄した後、50mLの滅菌海水の入った直径90mm高さ20mmのシャーレに入れる。

④ 葉片の入ったシャーレを実体顕微鏡ステージにのせ、シャーレ上から光を照射する。実体顕微鏡は暗視野状態に調整しておく、遊走子の放出を観察しやすい。光ファイバー等で照射して10分程度で、遊走子は充分放出される。

⑤ 毛細管を用意する。毛細管はヘマトクリプト管を加熱し、引き伸ばしたものか、パスツールピペット先端を充分に細長く引き伸ばしたものをを用いる。

⑥ PESI培地を50 mL満たしたシャーレ（直径90mm高さ20mm）を用意する。

⑦ 実体顕微鏡下で遊走子を適量吸引して、シャーレに滴下する。吸引時に、毛細管がシャーレの底とか葉片に触れないように注意する（珪藻を吸引することが多い）。滴下後、シャーレを手で充分に振とうし、遊走子密度を均一にする。

⑧ それぞれ遊走子液の吸引量を違えた4種類程度のシャーレを作成しておく。遊走子量が多いと配偶体の密度が高くなり、配偶体が接近しすぎて単離しにくくなる。

⑨ 遊走子採取後のシャーレは、20℃、14～12時間明期（1000～1500lux）で培養する。温度は、一定となるように人工気象器に入れたほうが配偶体の成長がよい。配偶体は、条件が悪い（温度の変動、高温、高照度）と雌雄が似た形となり、判別しづらい。

⑩ 2週間で配偶体は雌雄判別できる大きさとなる。受

精の恐れがあるため、なるべく早めに配偶体の雌雄判別を行い、単離する必要がある。

⑪ この段階で、珪藻による汚染はほとんど無いが、もし珪藻が発生したならばそのシャーレは廃棄する。廃棄できない場合は、二酸化ゲルマニウムで珪藻の増殖を押さえることができるので、珪藻に汚染されていない配偶体を単離する。

3) 雌雄配偶体の単離

① 倒立顕微鏡のステージに配偶体を培養しているシャーレをのせ、単離に適した配偶体をさがす。それぞれの配偶体が十分に離れており、雌雄がはっきりしているものを単離する。パストールピペットにチュウブを付け、配偶体をシャーレから分離し、吸引する。吸引した配偶体は、PESI培地を満たした48穴マイクロプレートに1尾ずつ入れる。

② 配偶体は、雌配偶体を雄配偶体より1.5倍程度多く採取する。

③ 1カ月間、20℃、14～12時間明期（1500～2000lux）で培養する。

4) 配偶体の保存及び拡大培養

① マイクロプレートで培養後の配偶体を取り出す。通常、配偶体は肉眼視できる大きさとなっているので、眼科用ピンセットでマイクロプレートからつまみ上げて取り出す。十分な大きさに育っていない場合は、倒立顕微鏡下でパストールピペットを使い吸引してもよい。

② 保存する場合は、ねじ口試験管に入れて20℃、14時間明期（1000～1500lux）で保存する。徳島水試では、1株につき雌配偶体3尾、雄配偶体2尾を保存している。保存後の培地の交換は、2カ月に1回PESI培地を交換している。

③ 種苗生産に用いるために拡大培養する場合は、PESI培地を満たした直径30mmの試験管に入れ通気培養する。20℃、14～12時間明期（1,500～2,000lux）で培養する。培地の交換は、2週間に1回行う。配偶体が大きく増殖してきたら、容器をフラスコに変え、通気培養を継続する。

5) フリー配偶体の細断及び基質への付着

① フリー配偶体を細断し、糸に吸着させてから、約1カ月で2～5mmの藻体になり、鳴門海域では天然海水中での仮沖だし（中間育成）を開始するサイズとなる。仮沖だしは、海水温が22～23℃以下にならないとワカメにとって危険であるため、フリー配偶体の細断は、その海水温になる頃から逆算して1カ月前に行う。通常ワカメ種苗生産は、屋外のタンク内でワカメ配偶体の付いた採苗枠を培養しており、水温、光量は変動し易く、計画的種苗生産が行い難い。しかし、この方法であるならば、鳴門ワカメは、ほぼ1ヶ月で2～5mmサイズになることが分かっているため、生産計画が立てやすい。

② フリー配偶体を細断する2週間前に、配偶体の成熟促進を行う。15℃、10時間明期（1000～1500lux）の低温、短日処理を行う。

③ 徳島水研では直径2mmのクレモナ糸120cmに配偶体を

付けて種苗生産を行っている。ビニール被覆した針金を使い糸を巻き付ける枠を作成する。これは、糸を巻き付けて1Lのビーカーに入る大きさであり、枠から長く上方へ伸びた取手により枠全体をビーカーから取り出すことができる構造となっている。

④ クレモナ糸は、約30分間煮沸し、あく抜きを行い、乾燥する。これを、枠に隙間無く巻き付ける。

⑤ 使用するフリー配偶体は雌雄1mLずつあれば充分である。雌雄配偶体を混合して、100mLPESI培地を満たしたミキサーに入れ、4～5細胞になるまで細断する。ホモジナイザーを使っても可能であるが、ミキサーの方が、その後の芽胞体までの成長が早い。

⑥ 1Lのビーカーに糸を巻き付けた枠を入れ、PESI培地500mLを満たす。細断後の配偶体懸濁液を糸の上に均一になるようにまく。この状態で、配偶体は糸の上に乗っているだけであるが、雌配偶体は受精後、糸上に仮根を伸ばし、固着するようになる。

⑦ 1ヶ月間の培養条件は次のとおりである。1週間後から、通気を開始し、同時に照度を上げ、日長を長くして行く。1週間ごとに培地を交換するが、1日前に新しいビーカーに500mLの培地を入れ、同じ場所に置き、温度を合わせておく。最初の培地交換時に、取手を持って枠を培地中で振とうし、糸上の余分な配偶体を落とし、新しい培地の入ったビーカーへ移す。

6) 仮沖だし

① 1ヶ月間培養し、2～5mmになった種苗をそのまま養殖用ロープに挟み込んで、本養殖を行うこともできるが、芽数が多くなりすぎるなど後の養殖上の問題があるため、仮沖出しを行い、1cm程度の藻体まで成長させる。

② 枠の裏側になった糸は、幼葉が付いておらず、当然、糸は真っ白である。裏側の部分で糸を切り、数十本のワカメ種糸を作る。

③ 種糸の幼葉の付いてない片方の糸を適当な枠に結び、この枠を養殖ロープに付ける。

④ 仮養殖の水深は20～50cmになるように、プイと錘で調整する。

⑤ 水温にもよるが、20～30日で葉長1cmのワカメ種苗ができる。

6 今後の養殖技術の展望

徳島県鳴門地方では、速い潮流にさらされている場所が良好なワカメ養殖漁場とされている。このため、鳴門海峡を挟み、海峡から離れるに従い漁場の価値は下がる。鳴門地方での天然ワカメの分布を見ると、流れの速い場所に生育するわかめは裂葉が長い、いわゆるナルトワカメになり、流れの穏やかな場所では南方系ワカメの特徴を持った茎のない胞子葉と葉がつながったワカメとなる。灰干しワカメの時代は、裂葉の長いナルトワカメが高品質とされていた。しかし、ワカメ養殖が開始されてからは、北方系ワカメが高品質との評価が高まり、この形態を持つワカメを求め、三陸からの種苗の導入が行ってきた。

鳴門ワカメというブランドは鳴門のワカメ養殖漁業者

の努力により作り上げたものであり、三陸ワカメのように統一した規格基準のもとに出来あがったブランドではない。このため、鳴門ワカメは徳島県をあげてブランド力強化の取組を行っている。

徳島県農林水産総合技術支援センター水産研究課では、良い種（品種改良）と養殖方法の研究を受け持ち、新しい種苗生産の方法により目的とする形質を持つワカメを作り出し、漁業者へ配布していく予定である。徳島県のワカメ種苗生産の方法は陸上タンク培養であり、「新しい種苗生産」による方法での生産方式を受け入れやすい背景がある。種苗生産を専門に行っている漁業者に、この技術を習得してもらい、良い形質を持ったワカメの配偶体を元種として保有することにより、遺伝的に均質な種苗を養殖漁業者に供給することが出来るのである。種の研究以外に、養殖方法についても研究を行っている。徳島県での養殖は、11月上旬から4月下旬までであるが、収穫盛期は2月下旬から3月下旬までと非常に短い。これは、2月下旬頃から海の栄養塩が低下し葉体の色落ちが発生するため、出来るだけ早く収穫を終えてしまいたいからである。最近、漁業者に用いられている種は早生系が多く、比較的高水温で早く成長する性質を持ったものである。しかし、これは葉体の老化が早く4月にはいと商品価値は低下してしまう。徳島県での養殖漁場は3月中にはほとんど収穫を終え、漁業権漁期が5月末までであるにもかかわらず、使用されることは少ない。このため、晩生系ワカメを用い二期作養殖することで、漁期の有効利用が図られるのではないかと考えられる。

3節 養殖開発研究

1 幼体期の成長と葉形の変化

ワカメの成熟葉体は、遺伝的な変異と生育環境によって変化することが斉藤（1996）の研究によって明らかにされているが、葉体の形状に関しては不明な点が多い。そこで、小鳴門海峡における養殖わかめの葉体初期の形状変化を明らかにした。これらの結果は松岡ら（1976）に報告されているが、主要な結果をここに示す。

養殖試験は、1974年5月13日、1974年の6月7日より2シーズンにわたり、小鳴門海峡で採集した養殖ワカメの成実葉から通常の方法により遊走子つけをし、それらの水槽で垂下培養した。芽胞体は生のままで成長過程を観察し、合わせて全長と葉幅を測定した。

これらの試験結果は、雌雄配偶体が受精し細胞分裂をした芽胞体は、屋外水槽で種苗を培養すると平面的な縦横分裂をして平面の卵円形に生長していった。葉長が30mm以上になると縁辺に浪縮がみられるようになり、葉長が60～100mmの間になると先がとがるクチバシ状の葉体に変形し、葉長が100mm以上になると裂葉の形成が始まった。このような形態の変形の過程は、斉藤（1962）とほぼ一致した。葉体の変形は、培養条件などによらず、ほぼ、葉長の増大とともに変形していった。

葉長が100mm以上になった幼葉は、海面養殖に移して、形態の変異を追った。海面に移した幼葉は、日数の

経過とともに葉形に変化がみられた。移植より1か月後は葉幅1に対して全長は2.5～3.0の非比率で先のとがった卵円形であったが、2か月後には、L/Wの比が2.5～3.0のものと3.5～4.5のもののふたつの山ができて、菱型から細長い葉形に変わってきた。幼葉は仮沖出しの日数が経つにつれて丸くなり、仮沖出しの幼体の最終的L1/W1の比は3.0を示した。ワカメ幼葉の変化は、環境によって変化し、その変化の要因は潮流、波浪の影響によると推察されるが、今後、詳しい調査が必要である。

2 養殖ワカメの成長

鳴門海峡であるワカメについて養殖場の違いによる生長、形質の差を検討するために、同一種苗を用いて養殖試験を実施し、徳島県水産試験場事業報告（昭和60年度）に報告したが、その主要な結果をまとめた（松岡1987）。

調査は、1984年11月～1985年3月と1985年11月～1986年3月の2年度にわたって行われた。試験養殖漁場は鳴門市内8漁協管内の養殖場で実施した（1984年度：北灘、北泊、小鳴門、堂浦、室撫佐、鳴門町、新鳴門、里浦、1960年度：北灘、北泊、小鳴門、堂浦、新鳴門、里浦）。

ワカメ種苗は、1984年と1985年とも5月に水産試験場鳴門分場で養殖したワカメから、生長のよい、外観からみて葉質のよいものを選び、分場施設内で種苗培養したものを10月から11月にかけて、沖だし、発芽管理を行い、種苗とした。種苗の本養殖開始時における全長は、1984年度は平均10mm、1985年度は平均18mmであった。

養殖方法は、親縄にはポリプロピレンロープ（径16mm）を使用し、北灘には10m6本、北泊、小鳴門、堂浦、鳴門町、新鳴門は各30m2本、室撫佐には25m2本を各養殖場で行われている水平筏の枠縄に近い場所に取り付けて試験を実施した。親縄の間隔はその養殖場で80～100cmの範囲であった。種苗糸の長さは約3cm、種苗の挟み込み間隔は全て40cmとした。親縄への種苗挟み込み作業は水産試験場鳴門分場内で各漁協担当が集まり実施した。また、各養殖場への運搬はコンテナまたはテンタルに海水を入れ、それに種苗をとりつけた親縄を漬けて、乾燥しないようにおこなった。養殖場の近いところは分場前から直接養殖場へ運び、養殖筏に取り付けた。

試料の採取は、各年度とも12～3月の間毎月、1回行い、各回とも、1～2株を根の部分を含めて採取した。測定は、各試料は分場に持ち帰り、1株毎の葉体、根の各重量を量り、その後1個体ずつ葉長、葉幅、欠刻幅、茎、成実葉などの長さを測定した。

両年度の養殖試験時の水温変化を鳴門分場汲み上げ温度を記録した。各年度における各養殖場、各月ごとの全長について、最大、最小、平均の各値と、各月の全試料の平均値を養殖期間中の水温は、1984年12月上旬の平均水温が16.6℃で、それから旬毎に2℃くらいずつ1月上旬まで下がり、その後最低水温期（8℃前後）の2月下旬まで徐々に下がり、3月以後水温の上昇が始まった。1985年度は1984年度に比べると、1～2℃低めで推

移し、最低水温期(7℃)は2月中旬から3月上旬まで続き、中旬以後の水温の上昇が始まった。

ワカメの生長は、各月の全試料をまとめて平均し、全体の生長として比較すると、両年度間の差があまりなかった。しかし、養殖漁場別に比較すると。両年度とも、播磨灘海域に養殖場のある北灘と北泊での生長が良く、紀伊水道に面する里浦養殖場での生長が良くなかった。播磨灘海域における養殖場は、冬期の北西の季節風による風浪などに依存する漁場で、鳴門海峡、小鳴門海峡および紀伊水道側の各養殖場は、潮流に依存する漁場であり、環境の違いがワカメに影響している。このことから同一種苗で、年度により、気象環境などによって差がつくことが推察され、今後、養殖場ごとにその漁場での優秀なワカメを選抜してゆく必要があるとおもわれた。

3 種苗の「はさみ込み」間隔が、ワカメ葉体並びに収量に及ぼす影響

徳島県のワカメ養殖における、適正な収量と品質の向上を目的にワカメ種苗の挟み込み間隔が、ワカメ葉体の特徴ならびに収量に及ぼす影響について試験を実施し

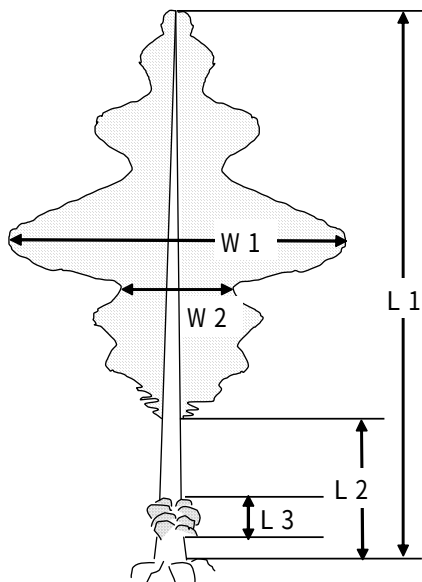


図7. 形態比較のためのワカメ藻体の測定部位

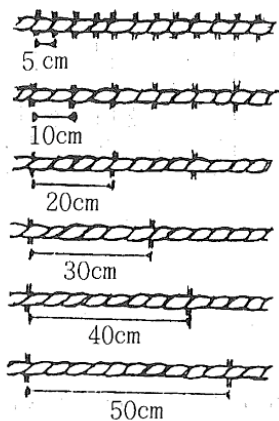


図8. 種苗のはさみ込み間隔

た。報告は徳島県水産試験場事業報告(昭和55年度)にまとめたものである(松岡1980)。

材料と調査方法は、鳴門分場地先海面に試験筏を設置し、1973年12月1日に試験を開始した。養殖試験は、ワカメ養殖用ポリプロピレンロープ(径14 mm)に各々の試験区の親縄10mに、10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50

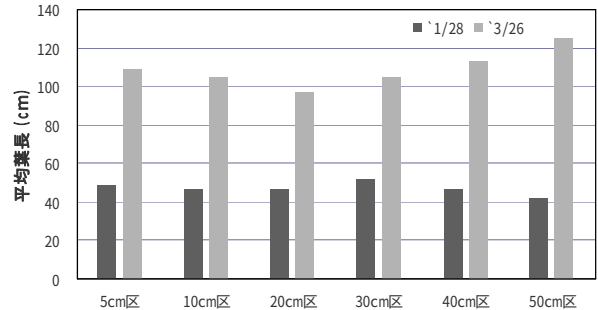


図9. 平均葉長

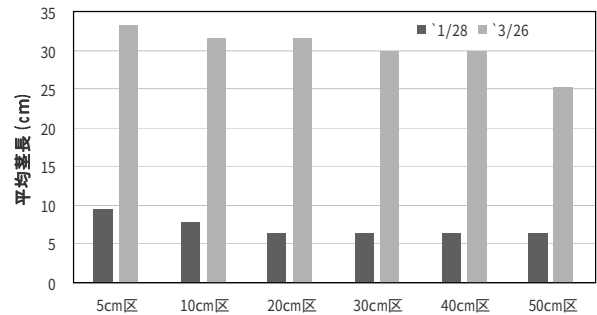


図10. 種平均茎長

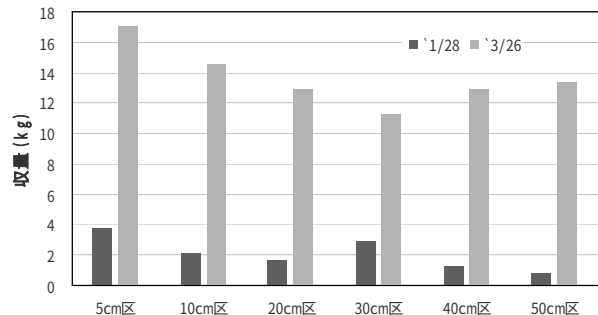


図11. 親縄1mあたりの収量(kg)

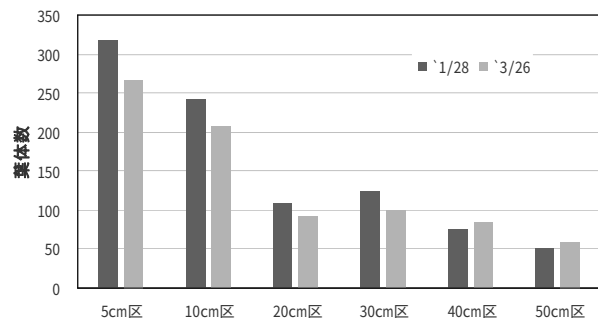


図12. 親縄1mあたりの葉体数

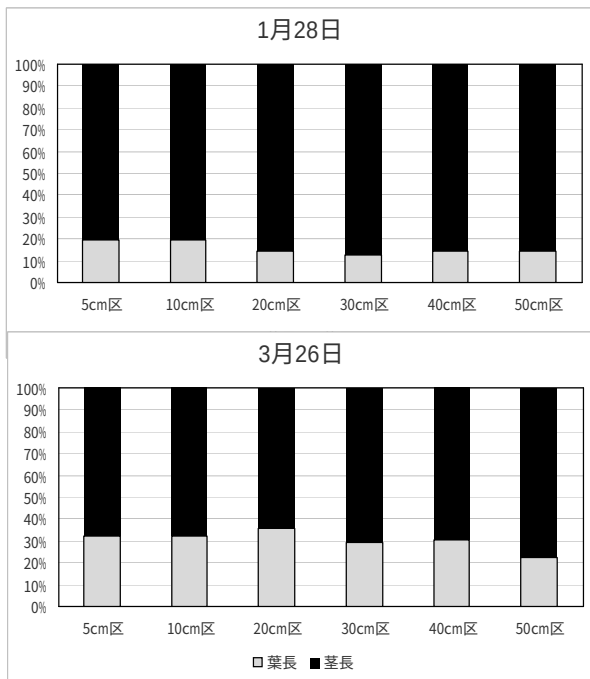


図13. 各試験区の葉長、茎長の組成

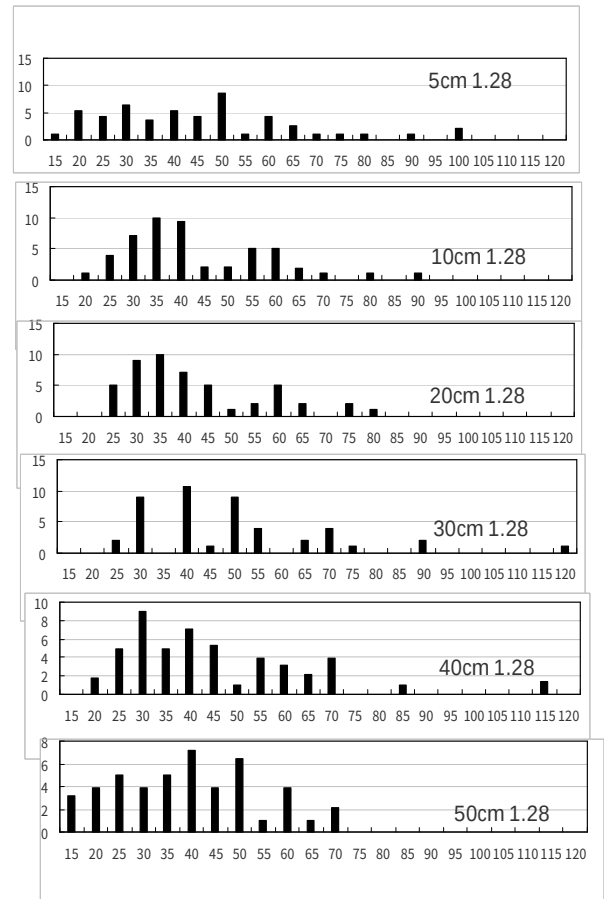


図14-1. 葉長の組成（葉体数・1月28日）

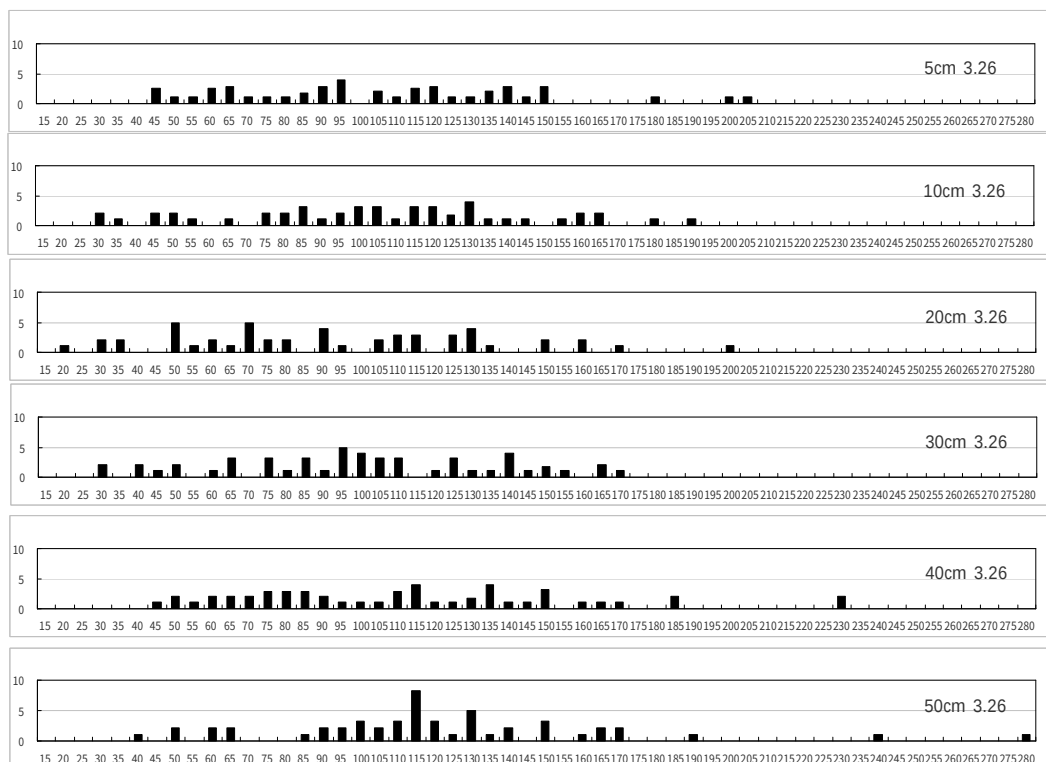


図14-2. 葉長の組成（葉体数・3月26日）

cm の挟み込み間隔で、ワカメ種苗を挟み込み、鳴門地区で通常行われている水平筏式で実施した。養殖試験開始時のワカメ種苗の大きさは、平均約5 mm であった。ワカメ葉体・収量などの計測は、1974年1月28日と3月26日に行われた。葉体の測定部位は図7に、はさみ込み

間隔を図8に示した。

結果と考察

各試験区的全葉長の平均は図9に、茎長の平均を図10に、親縄1mあたりの収量と葉体数を図11、図12に、また

各試験区の葉長、茎長の組成を図13、図14に示した。葉体の大きさについて比較すると、1月28日には、30 cm区が一番大きく、次いで5 cm区、20 cm区、40 cm区が同様の大きさで50 cm区が少し小さかったが、全体としてはあまり差がなかった。しかし、3月26日になると、50 cm区が一番大きく、次いで40 cm区、そのあと5 cm区、10 cm区、30 cm区、20 cm区の順であった。茎長についてみると1月28日には、5 cm区、10 cm区が、他の試験区よりも大きく、3月26日で測定でも、同様に、30 cm区は別として、概ね、挟み込み間隔の狭い方が、茎長は長いようであった。また、葉長と茎長の関係では、50 cm区だけが他の試験区に比べて、茎長の対葉長比が低かった。次に親縄1 mあたりの収量についてみると、1月28日には多い方から5 cm区、10 cm区、20 cm区、40 cm区、50 cm区、30 cm区の順であったが、3月26日には5 cm区が一番多く、次ぎに10 cm区となり、20 cm区、40 cm区、50 cm区が同じ程度の量で、30 cm区が一番少なかった。

茎長の組織をみると、5 cm区、10 cm区、20 cm区では、葉体の大きいにバラツキが目立ち、比較的小さな葉体が多かったようである。

以上の結果から、挟み込み間隔が狭いと相対的に収量は多くなるが、葉体が少ない、茎が長くなり、1株ずつの重量も軽くなるようで、良い品質のワカメを作るためには、種苗の挟み込み間隔については、30 cm ~ 50 cmが適当であると考えた。葉体の大きさは、3月になると、挟み込み間隔が広いほど大きかった。

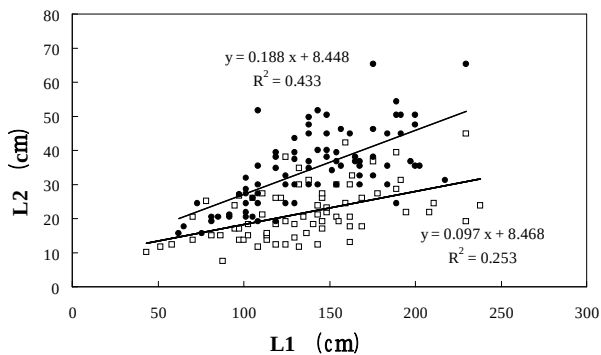


図15. 1976年(□)と1995年(●)に採取された養殖ワカメの全長(L1)と茎長(L2)の関係



図16. 鳴門海峡で養殖されているワカメ(左からA,B,C)

茎長は、挟み込み間隔が狭いほど長かった。葉長に対する茎長の比は、50 cm区だけが低かった。収量は挟み込み間隔が狭いほど多かった。1株あたりの重量は少なく、葉体も小さいものが多かった。良い品質のワカメを得るためには挟み込み間隔について、30 cm ~ 50 cmが適当であることがわかった。

3章 養殖ワカメの形態変異

1節 三陸産ワカメ種苗の導入が行われた鳴門海域の養殖ワカメの形態変異の研究

1965年以降、ワカメの養殖技術が発達し生産量が増大し、加工方法もボイル塩蔵法が開発され、わかめの供給量は大きく伸びた。供給方法が、三陸地方では全漁連の指導のもとに共販体制を確立し、関東方面を中心に販売をおこなった結果、三陸わかめブランドが形成された。鳴門においては、加工業者の要望により1975年代半ばより三陸ワカメの種が多く導入され、鳴門海域で養殖された。1976年と1995年に、松岡ら(1997)が鳴門地方で養殖されているワカメの形態を調査している。図15に全長と茎長の関係を示したが、20年間で明らかに全長に比べて茎長が長くなっていることがわかる。茎が長いのはナンブワカメの特徴であり、鳴門のワカメ養殖業者は継続的に三陸地方から種の導入を図った結果であると考えられた。Saito(1972)は、ワカメの交雑種は南方系よりも北方系の形質を持つものが多いことを報告している。図16に鳴門海峡で養殖されているワカメを示したが、中間のタイプ(図16-B)のワカメでも北方系の特徴が大きく現れている。現在、鳴門地方で養殖されているワカメは北方系に近い交雑種が多くなった。鳴門海峡に自生するワカメを代表する南方型の葉体は、三陸沿岸に自生するワカメの北方型の葉体に比べると、すでに記述したように葉幅が大きく、茎長が短く、細かく烈葉するが中央葉部位が広いと言われている(斉藤1962, Saito1972)。ワカメの交雑実験は1960年代から始まり、葉体の形態形質は遺伝的な要因で決定されると言われている(谷口ら1981)。養殖ワカメの形態の変異は、右田(1967)、谷口ら(1981)、鬼頭ら(1981)の報告がある。徳島海域でも、三陸産ワカメと鳴門産ワカメの形態の研究が行われた(加藤 孝, 中久喜昭 1962)。その結果、同じ漁場内で種苗から養殖しても、葉の形、葉長、茎長、裂葉数や孢子葉に大きく違いが表れることが、明らかにされた。その後も日本の異なる海域での養殖ワカメの形態の変異について、多く検討されてきた。鳴門海域のワカメ養殖業者は、良質なワカメの生産を目指して、1980年代から三陸海域より養殖種苗の導入を行ってきたので、養殖ワカメには多様な葉体形質が見られる。まだ、三陸産の種苗が導入されていなかった頃の1976年と三陸からの種苗の導入後の1995年の形態に関する資料を保管しているので、ほぼ20年間の養殖ワカメの葉体形質の変化を検討した。

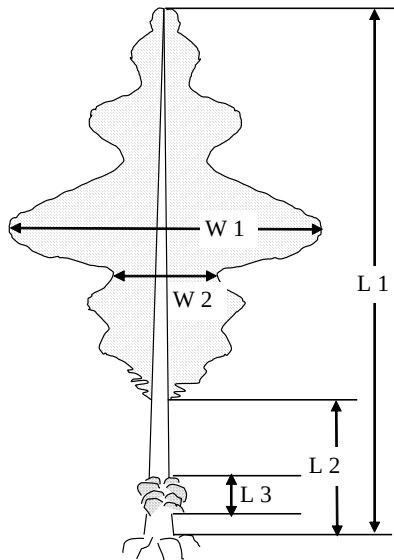


図17. 養殖ワカメの測定部位 (L1, 全長; L2, 茎長; L3, 孢子葉長; W1, 最大葉幅; W2, 最大葉幅)

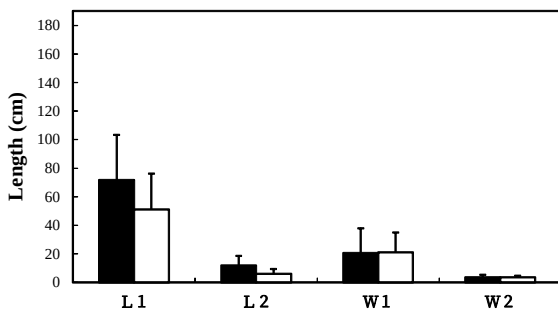


図18. 1976年(□)と1995年(■)における若齢期の養殖ワカメ測定部位ごとの長さ (L1, 全長; L2, 茎長; W1, 最大葉幅; W2, 最大葉幅)

試験方法

1976年と1995年の養殖ワカメの形態に関する調査は、養殖ワカメの主産地であり海況にあまり差がない徳島県鳴門市にある北灘漁協、鳴門町漁協、里浦漁協の沿岸で養殖されたワカメについて行われた。調査は、若い藻体について1月下旬と成熟藻体については3月下旬の2回行われた。測定個体数は、3養殖漁協からアトランダムに40個体採取し、葉体が完全なものを100～110個体について測定した。測定部位は、図17に示すように、L1: 全長, L2: 茎長, W1: 最大葉幅, W2: 中央葉幅が測定された。

試験結果

若齢期の形状

図18に1976年と1995年の若齢期の測定結果を、それぞれの測定部位ごとに比較して示した。1976年の葉体の全長(平均値と標準偏差)は、 51.1 ± 25.2 cmであり、1995年1月は 71.8 ± 31.5 cmとなっていた。1976年の茎長は 6.0 ± 3.5 cmであり、1995年は 11.9 ± 6.7 cmであった。1995年の茎長は、1976年よりも50%長くなっていた。

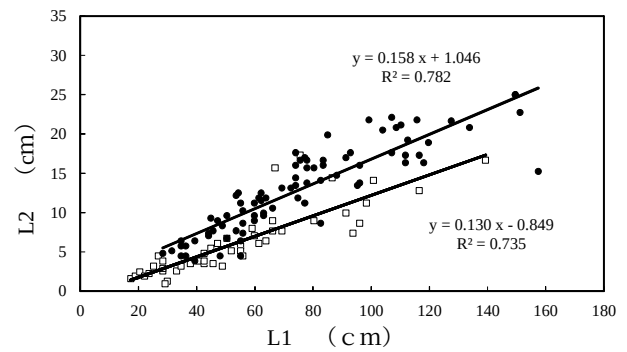


図19. 1976年(□)と1995年(●)に採取された若齢期の養殖ワカメの全長と茎長の関係

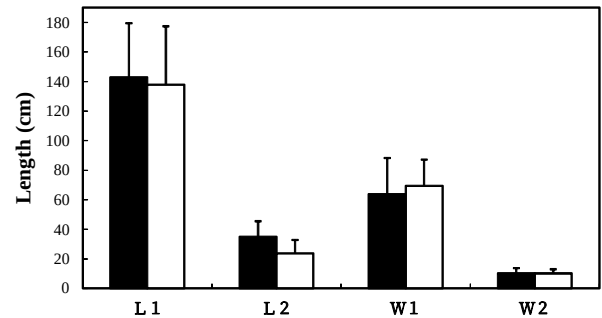


図20. 1976年(□)と1995年(■)に採取された成体期の養殖ワカメ測定結果

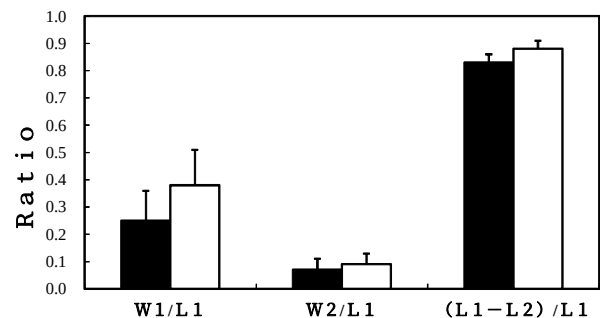


図21. 1976年(□)と1995年(■)に採取された若齢期養殖ワカメの形態変異

た。

若齢期のワカメの全長と茎長の関係を図19に示したが、1976年と1995年では異なった一次回帰直線が得られた。1995年は、1976年に比べ全長に対し茎が長くなる傾向が見られた。

成体期の形状

図20に1976年と1995年の成体期の測定結果を、それぞれの部位ごとに比較して示した。1976年の葉体の全長は、 137.9 ± 39.6 cmであり、1995年は 142.8 ± 36.8 cmであり、1976年の藻体と比較すると5cmほど長くなっていた。最大葉幅(W1)は、1976年は 69.3 ± 17.9 cmであり、1995年は 63.7 ± 24.5 cmと5.6 cm短くて、葉状部の形状が細長くなっていた。成体の茎長(L2)は、1976年

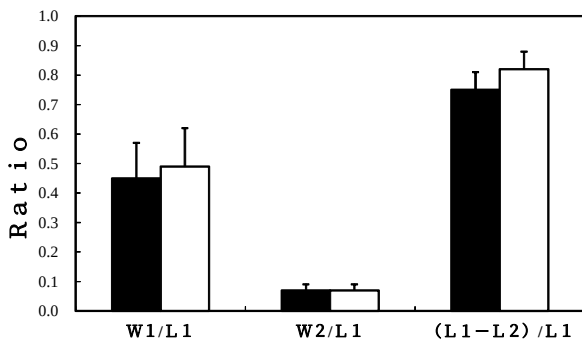


図22. 1976年(□)と1995年(■)に採取された成体期養殖ワカメの形態変異

の茎長は 23.8 ± 9.1 cmであり、1995年は 35.0 ± 24.5 cmであった。1995年の葉体の茎部が1976年と比較すると68%も長くなっていた。

成体期のワカメの全長と茎長を図15に示したが、1976年と1995年では異なった一次回帰直線が得られた。若齢期と同様に1995年は、1976年に比べ全長に対し茎が長くなる傾向が見られた。

養殖ワカメの形態変異を示す比率

採取されたワカメ葉体は、全長、葉幅、茎長等の比率によって形態変異の推移を求めた。若齢期では、最大葉幅/全長(W1/L1)は、1976年は、 0.38 ± 0.13 であり、1995年は、 0.25 ± 0.11 であった(図21)。このことから、1995年には若齢葉で既に、北方型の形質が認められた。中央葉幅/全長(W2/L1)は、1976年は、 0.09 ± 0.04 であり、1995年は、 0.07 ± 0.04 であった。全長-茎長/(L1-L2)/L1は、1976年は、 0.88 ± 0.03 であり、1995年は、 0.83 ± 0.03 であった。

成体期では、最大葉幅/全長(W1/L1)は、1976年は 0.49 ± 0.13 であり、1995年は 0.45 ± 0.12 であり、葉幅が全長に対して短くなっていることを示している(図22)。中央葉幅/全長(W2/L1)は、1976年は 0.07 ± 0.02 であり、1995年は 0.07 ± 0.02 と差がなかった。(全長-茎長)/全長((L1-L2)/L1)は、1976年は 0.82 ± 0.06 であり、1995年は 0.75 ± 0.06 と、あまり大きな差はなかった。

今後の展望

日本に自生するワカメは、ナンブワカメとワカメに分けられて、成長速度や形態に差異が認められている。ナンブワカメは成長が速く長紡錘形であり、葉体は長く深い切れ込みがあるのが特徴とされている(斉藤1962, 谷口ら1981)。ワカメの移植試験は、1960年代から行われ始め、交配試験などにより多くの形態変異は遺伝的形質であることが認められている。

鳴門海峡海域で養殖されているワカメは、良品質とされているナンブワカメ種苗の移植が養殖業者により1980年代に広く行われてきた。今回の調査で、約20年間で鳴門産の養殖ワカメは、ナンブワカメの特徴である大型の藻体で、茎が長い形質が定着していることが確認さ

れ、自生ワカメとかなり形態が変わってきた。しかし、養殖業者は中央葉幅が広い自生ワカメの形質も選抜時に重視してきたため、自生ワカメの良い形質も残されており、選抜技術がかなり高度であることが分かった。

現在、鳴門海域で養殖されているワカメは、既に良品質とされているナンブワカメの形質が充分に入っているため、今後は鳴門産のワカメの良い形質を選び出して、ワカメ加工業界の要望する形質のワカメ株を開発してゆくことが必要であろう。

2節 同じ漁場で養殖したナンブワカメ型と鳴門自生ワカメ型の形状変異

鳴門海域のワカメ養殖場では、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)。ナンブワカメを起源した養殖ワカメは、養殖業者の間では「晩生ワカメ」としている。自生するワカメを起源とするワカメは、早く養殖を開始できるので、「早生ワカメ」と呼んでいる。そこで、この2系列のワカメが混在する漁場での形状の調査が行われている(團, 加藤2008)。

調査結果は次の通りである。2003年4~5月に、鳴門海域で養殖されている「早生型」と「晩生型」を合わせて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。これらを徳島県水産試験場(2000)発行の「新しいワカメ種苗生産マニュアル」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、本養殖を行った。養殖は、一般的な方法で行った。葉体の測定も先の章に記載されている方法で行われた。

その結果は、晩生型のワカメは、4月まで全長の伸びは続いたが、早生型は3月下旬で伸長はほとんど見られなくなった。

2~5月までの胞子体の葉長(L2)に対する最大葉片長(W1)の比の推移をみると、W1/L2比が大きくなるほど葉長に対し葉幅が広くなり、葉体全体が丸型を帯びること示しているが、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、多少のばらつきがあるものの両者とのW1/L2比は横ばいで推移した。

4月8日の調査では、全長は早生ワカメが、718.5~1058.7mmに対して、晩生ワカメが、1519.9~2023.3mmと長かった。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は、27.3~34.4と小さい値であり、早生ワカメは葉長に対して葉幅が広い自生種の特徴が残っていた。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。

今回の調査から、漁業者が、「早生ワカメ」と「晩生ワカメ」を区別して養殖を行ってきたことにより、予想以上に2つの養殖品種の形質に関する遺伝的特徴が失われずに維持されてきたと考えられた。

4章 コンブ

1節 コンブ養殖技術開発研究史

コンブ養殖は、中国の大連で1950年代に海面養殖法として浮き筏方式が開発され、低温下での配偶体および造胞体幼芽を維持する方法や施肥などの研究が行われた（徳田ら1987）。この中国のコンブ養殖は日本からのコンブの輸入が止まったことから、中国政府の国策として、その後の中国でのコンブ養殖の橋掛けとなった。日本では、古くからコンブの増殖試験は行われていたが、コンブ養殖は天然コンブの需要が高く、ワカメ養殖開発より遅れて1960年代に入って北海道水産研究所や北海道水産試験場で、いわゆる夏に胞子を取り、室内で配偶体の成長を最適環境条件下で行い、成長と成熟を促進させて、芽生えを速め、海面沖出時の幼体を大きくして、夏には2年令コンブに近いコンブ成体に成長させる促成コンブ養殖技術を開発した。この促成コンブ養殖は、1970年代に事業化されるようになった。

北海道沿岸でのコンブ養殖の成功により、本州での養殖試験が行われるようになった。兵庫県下では1966年にコンブ養殖試験が行われ（井伊ら 1966）、佐渡の沿岸では1968年に（坂井 1968）、マコンブの養殖試験が行われているが事業化までには至っていない。青森県では、1980年から事業化して1983年に823 トンの生産を上げている（Kirihara *et al.* 1989）。現在も青森県ではかなりの規模で養殖試験が行われている。暖海域では、九州の島原市役所が北海有珠産のマコンブの母藻を1966年11月9日に取り寄せて、マコンブ養殖を開始した（四井・西川1968）。それ以来、島原市ではマコンブ養殖を小規模であるが現在でも続けており、3,700トン（生）の生産を挙げている（海の森づくり推進協会2007）。

徳島県では、1960年代には、アワビの餌として北海道からコンブの種苗を取り寄せ、小規模であるが養殖が行われてきたが、試験データをとることもなかった。本格的なコンブ養殖試験が開始されたのは1980～1983年に函館市漁業協同組合からマコンブの種苗をとりよせて、徳島水産試験場が中心となって養殖試験が行われ、同時に事業化も進んだ（松岡、日野 1981、松岡ら 1982、松岡、秋月 1983）。現在は宮城県かからもコンブの種苗を取り寄せて、鳴門市を中心に各地のワカメと同じ漁場でコンブ養殖が行われている。

鳴門海域での養殖コンブは、素干しをそのまま食用にしたり、煮物やだし用に自家消費されたり、地元の仲買業者に販売されて、おでんの材料に使われている。価格はワカメより高い場合も多いが、収穫量や品質は年により差異が著しく、付着動物の除去に手間がかかるなどの理由で、あまり生産者数は拡大していない。

2節 鳴門海域に移植した養殖マコンブの成長について

鳴門海域で、ワカメ養殖業者がマコンブ養殖を1980年代に入って、広く行うようになったので、3年間にわたり、東北地方で使われているマコンブの種苗を移植し、成長の経過を調査した結果を報告する。

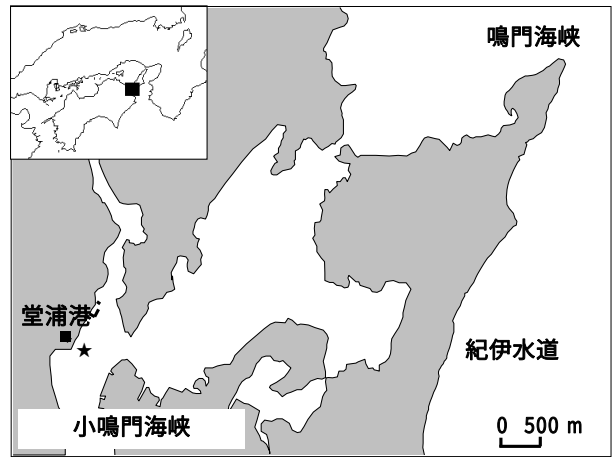


図23. 徳島県鳴門市小鳴門海峡における養殖試験場

材料および方法

試験養殖の種苗として、1980年より3年間にわたり、毎年11月下旬に徳島県水産試験場に空輸された岩手県田老町地先で仮沖だし中のマコンブ *Laminaria japonica* Areschoug の種糸（葉体平均葉長1.0 cm）を用いた。これらの種苗は、鳴門分場内の水槽（通気、流水）に移して、4～5 日培養した。その後、図23に示す鳴門分場地先に、苗枠のまま仮沖出しをした。本養殖は、葉体の着生密度や長さの揃った部分（糸）を約5 cmに切り、親縄（径14 cm）に50 cmの間隔には挟み込んで開始した。本養殖は、毎年12月10日に開始し、翌月7日まで月1回、1～3 株採取し、全個体について全長（茎部から葉体の先端まで）、葉重量などを測定した。さらに、損傷のない個体については、基部から10、30、50、70、90、100 cm、それから先は50 cmおきに、先端まで各部位ごとの葉幅、葉体中央部の葉厚を測定した。葉厚の測定は、ダイヤルゲージを用いた。

養殖区の水温は、鳴門分場で観測している旬別水温の平均値で代用した。また、葉体の品質を示す肥大度 (Substantiality value) = (葉重量 (湿重量・g) ・100) / (葉幅 (cm) ・葉長 (cm)) を求めた。

結果

マコンブ養殖試験区は、鳴門海峡の海域でも最も狭い部分に位置し、潮汐流の速いところである。水質環境は透明度が良く、周辺ではワカメ養殖も盛んに行われている。

養殖区の水温は、鳴門分場で測定した2年間の旬間別記録を図24に示す。各年の水温の経過に多少の違いがあるが本養殖を開始した12月上旬は、15℃前後であり、1月下旬から2月下旬にかけて、最低の水温を示し、7～8℃の幅で変動した。3月下旬には10℃以上になり、その後徐々に上昇してゆき、5月中旬には、15℃になった。7月中旬の養殖試験終了時には、25℃に達した。

養殖されたマコンブでは2月頃から小囊斑がみられ始め、3月以降に成熟し、胞子放出が認められた。5月上旬までは、着生動物（特にコケムシ類）が少なくきれいな葉体であったが、その後、動物の着生が多くなった。葉体、葉幅、葉重量、葉厚、肥大度の季節変動は、以下

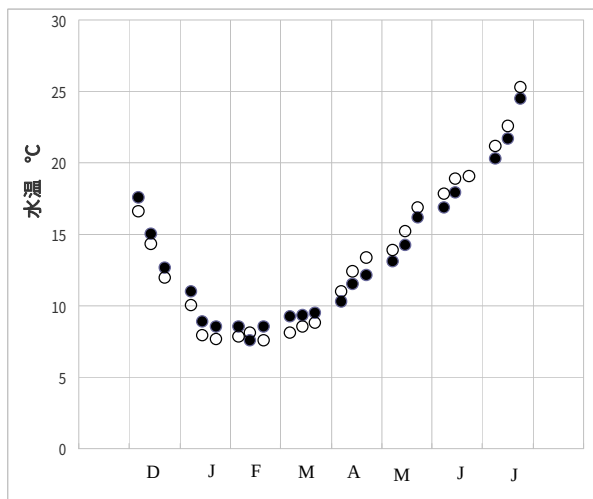


図24. 1981年(●)と1982年(○)の養殖場における水温の季節変化

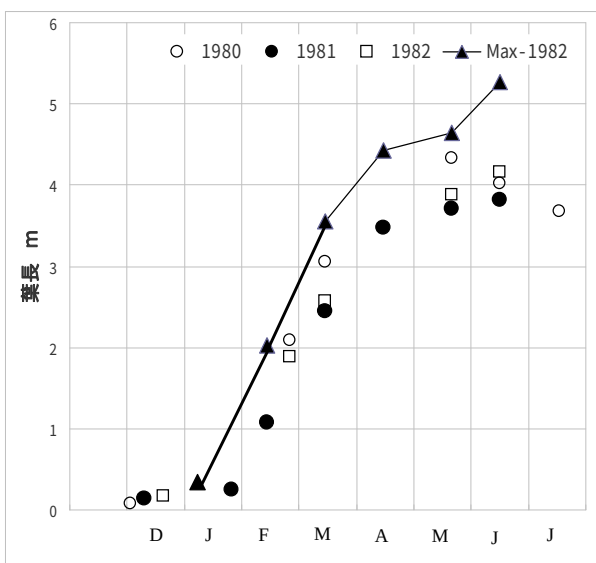


図25. 1980, 1981, 1982年の平均葉長及び1982年の最大葉長の月別推移

に示す通りである。

葉長：3年度にわたって、ほぼ、毎月1回行われた調査の平均葉長と、1982年の各調査時の最大葉長を図25に示す。マコンブの成長パターンは3回の調査とも、ほぼ似た経過をたどった。

12月から1月下旬にかけて、成長速度は緩やかで、1月末の平均葉長は1 mであった。2月から3月下旬までは、伸長が著しく平均葉長は、2.5～3.0 m になった。5月にはほぼ最大葉長に達しており、3.5～4.0 m になった。6月に入ると伸長はほぼ止まり、葉体の先端が流出する末枯れ現象がみられるようになった。

葉幅：葉幅について、1982年度に測定された各個体の最も高い値を全個体について集計した。2月下旬では、葉幅は、18 cm あまりであったが、葉長の伸長とともに、葉幅は広くなり、5月には、25 cm なり、7月には、最長葉幅の平均値は27 cm になった(図26)。

葉重量：1982年度の個体あたりの平均湿重量の季節的な変動を図27に示す。

葉重量は、1月に0.08 kg (湿) / 個体であったが、3

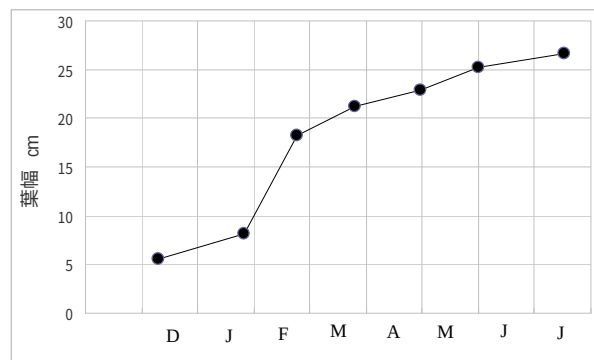


図26. 1982年の養殖期間中における葉幅の月別推移

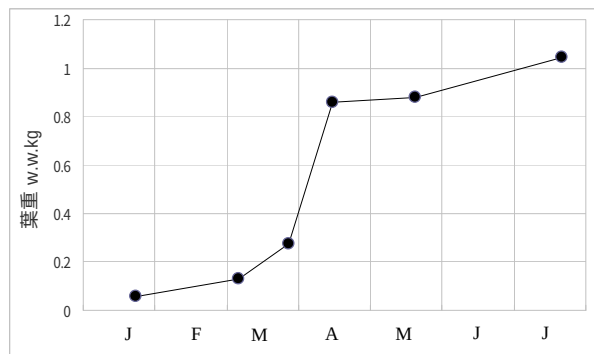


図27. 1982年の養殖期間中における葉重の月別推移

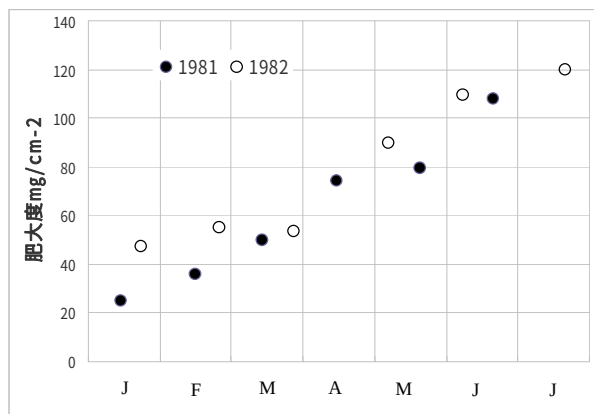


図28. 1981年と1982年の養殖における肥大度の月別推移
月から4月にかけて葉体の伸長とともに増大し、5月に0.87 kg (湿) / 個体に達した。5月以後は、増加率は下がったが、徐々に増加し7月には、1.08 kg (湿) / 個体に達した。

葉厚：葉厚は、品質の重要な要素である。厚い葉体ほど良質とされている。葉体は根元に近いほど厚く、最大値約3 mmであった。葉体中央部では、1.8～2.0 mmの厚さの範囲にあった。

肥大度：マコンブの肥大度の算出は、1981, 1982年度の測定値を用いて行った。結果を図28に示す。肥大度の値は、年度により若干異なる傾向がみられたが、1月の肥大度は23あるいは48であったが、葉体の伸長とともに増大し、3月に50、5月に90～100となった。7月には、120に達し、肥大度は養殖開始より終了まで、ほぼ直線的に増大した。

考 察

コンブの養殖試験は、1960年代に北海道で始まり、

1970年代に技術的なことが確立し本格的な養殖が行われるようになった。暖海域でも同時に養殖の可能性に関する試験が行われてきた。これらの海域で養殖されている種類は、コンブ類のなかでも品質的に良好であり大型の葉体になるマコンブが使われている。

養殖試験の報告は数多くあるが、北海道で促成養殖されたマコンブの成長過程をみると、8月下旬～9月上旬から種苗生産が始まり、12月に仮沖出しをし、3月下旬に3m以上になり、その後、伸長のカーブは緩やかになるが、8月に5mに達すると報告されている（Kawashima 1984, Sanbonsuga 1984）。この試験の行われた水温は11月に10℃前後になり3月に3℃と最低を示し、5月下旬に10℃を超え、8月に約20℃になる（Kawashima 1984）。天然産で良質なコンブとされているリシリコンブを2年養殖すると、葉体の長さは、1.3mほどであった（垣内ら 1977）。この結果は天然産リシリコンブの葉体の長さとかかなりの差があるが、養殖海域が、好ましい生育環境になく、養殖技術も十分でなかったかも知れない。羅臼では、オニコンブの養殖試験が行われ、その最大葉長は2.8mに達し（川嶋ら 1985）、天然産に匹敵する良好な結果が得られている。

暖海域の養殖試験結果をみると、東京湾では、マコンブの種苗を1月16日から沖出しをして、4月23日には葉長が4.2mに達した（Torkko *et al.* 1987）。

伊勢湾のマコンブの養殖試験では、11～12月から本養殖に入り、5月15日に平均葉長が1.75mになり、最大葉長は、2.4mとなった（阿知波、中村 1988）。瀬戸内海、明石沖の養殖では、7月24日に最大葉長は2.5mになった（井伊ら 1966）。明石の水温の変動は、鳴門海域とほぼ似た傾向があり、1月下旬から3月下旬までは10℃以下であり、6月中旬に20℃を超え、7月下旬には25℃に達する。有明海・天草の養殖場では、やはり北海道のマコンブを移植して生長状態を試験した結果、6月上旬に最大に達して成長状態を試験した結果、6月上旬に最大に達し、最大葉長は1.6m、平均葉長は1.28mになった（四井、西川 1968）。天草の水温は、どの時期も鳴門より2℃程高い傾向が見られた。

これらの報告からマコンブの最大葉長は、海域によりかなりの差異があるが、東京湾と鳴門海域で、北海道に匹敵するほど4mの葉長が得られていることは興味を持たれる。瀬戸内海・明石と有明海・天草で葉体が短かったのは、環境要因もあろうが、むしろ試験当時はまだ十分な養殖技術が開発されなかったためであろうと推測され、養成水深や養成密度を工夫すれば、さらに伸長させることは可能と思われる。従って鳴門海域は、マコンブの生育環境として、十分適応可能範囲にあると思われる。

葉幅は、コンブ類の種類によって違いがみられ、北海道産のマコンブは、約20cmほどとされている

（Kawashima 1984, Sanbonsuga 1984）。本試験結果によると、最大葉幅の平均値が25～26cmで、形態的にも本場のマコンブに似ていることが認められた。

コンブの品質、すなわち実入りは、葉の厚さの増加と並行するといわれる。天然産のマコンブの葉厚は、1年

生で2.0mm以下、2年生で3～4mmである。今回、天草産の養殖マコンブの葉厚が5月に1.0mmであるのに比較すると、鳴門海域では、かなり実入りが良いことがわかった。しかし、まだ、北海道の天然産よりかなり小さい葉体であるといえる。近年実入りの状態を肥大度（S.V.）で、表現されている場合が多いが、北海道の養殖コンブの肥大度は、約130と報告されている。

本試験結果では、6月の最大伸長期に110～120の肥大度を示した。このことから、鳴門海域の養殖コンブは北海道の促成養殖コンブより若干葉体は薄い、ほぼ、これに匹敵する品質をもつことがわかった。

以上の結果から寒海域産とされるコンブでも暖海域で比較的冬の水温が下がる湾内域では、養殖が可能であり、実入りは寒海域のそれに及ばないが、かえって品質的に柔らかいという特性があるので、その特性にあった商品として需要を開拓すれば養殖規模も増大すると思われる。

今後は、親縄当たりの生産性を高めることや付着動物の除去法など管理面の工夫が必要であろう。

3節 暖海域、土佐湾の養殖コンブとの比較

寒海性のコンブの主産地は、北海道沿岸であり、温海性のワカメの養殖海域は、三陸沿岸や徳島県鳴門沿岸が主産地である。暖海域の土佐湾には、これらの海藻の養殖はまったく試みられていなかった。しかし、土佐湾でも冬季の水温は15℃以下になり、十分にこれらの種類の生育適応温度範囲にあるので、これらの種類の養殖の可能性と、暖海域で養殖された場合、どのような成長の過程を経るかを知るために、土佐湾沖中央部に位置する浦の内で、マコンブ、ワカメ、ヒロメ、の3種について養殖試験を行った。本報では、これらの種の成長の経過について報告する。

材料および方法

試験養殖の種苗は、ヒロメ *Undaria undarioides* については、高知県水産試験場が、試験研究のために徳島県に自生する母藻よりワカメの種苗法に準じて生産したものをを用いた。ワカメ *Undaria pinnatifida* の種苗は、徳島県水産試験場鳴門分場で生産したものをを用いた。マコンブ *Laminaria japonica* の葉体は、徳島県水産試験場に空輸された函館種苗センターで生産したものを鳴門地先に仮沖出し、そのなかで順調伸びた種苗を用いた。

これらの種苗糸は、葉体の着生密度や長さのそろった部分を約5cmに切り、親縄（径1cm）に50cmの間隔に6本ずつ挟み込み、垂直に垂下した。実験海域は浦の内湾の湾口で、潮通しの良い水深5mほどのところに設置されている浮台で行った。

養殖実験は、種類によって年度が異なるが、成長の測定はそれぞれ2～3週間の間隔で、葉長について30～50個体、流出期には残存したもののみ測定した。またマコンブについては、1987年度は葉幅・葉長と葉重量を求め、次の式によって肥大度を求めた。

肥大度（Substantiality value）＝（葉重量（湿g）・100）／（葉幅（cm））・葉長（cm）

なお、葉長の伸長は、次の式によって日間生長率を求めた。

$$\text{日間生長率 (Daily growth rate) \%} = (n \sqrt{(L_n/L_0)} - 1) \cdot 100$$

L_0 =開始の長さ, L_n = n 日後の長さ

なお、環境要因については毎回、水温を測定し、年度によっては塩分の測定も行った。

結 果

ヒロメ *Undaria undarioides* ヒロメの養殖試験は、1978年1月10日に、葉長4.5 ± 0.9cmの種苗から行った。水温は15.2 °Cであった(表 10)。水温は2月28日まで低下し12.5 °Cになり、その後上昇し5月2日に20.4 °Cを示した。塩分は降雨のあった5月2日に27.94となったが、他の調査時では33.22から33.61の範囲で外海水より少し低い値であった。葉長は1月24日、養殖2週間後に11.4 ± 5.2cmで日間生長率は6.85 %を示した。3月7日の測定時に子嚢斑の形成が認められ、3月27日に最長になり、50cmを示した。その後は先枯れ現象が顕著であった。葉幅は、日を追うごとに大きくなり、長楕円形から円形に近い形へと変わっていった。葉体は養殖期間中、健全であり病害などはみられなかった。4~5月水温上昇とともに葉上に小動物などが多く固着し汚れが目立った。

ワカメ *Undaria pinnatifida* ワカメの養殖実験は、1988~1990年の2年度にわたって行った。初年度は1988年12月5日に葉長5.6 ± 3.3cmの葉体群より開始した。(表

11)。水温は18.2 °Cであり、日を追うごとに低下し2月1日に13.7 °Cであった。実験は4月16日まで行われたが水温は19.4 °Cに上昇していた。塩分は養殖実験中28.27~34.94まで変動していたが冬季は比較的高い値を示した。葉体は順調に成長し、4月16日は142.3 ± 33.6cmになった。日間生長率は、冬季は高い値を示し、12月27日には6.97 %の最も高い値を示した。1989年度は前年度より早く11月24日、葉長4.1 ± 1.1cmの葉体から養殖が開始された。水温は20.2 °Cとまだ比較的高い値であった。2月3日には13.7 °Cと最低の値を示し、その後上昇していった。葉体の伸長は、水温の低下とともに順調であり、2月3日には中肋がはっきりしてきて、2月25日には成実葉が発達し、胞子の放出が確認された。3月22日には葉体は最長になり、150 cm以上のものもみられたが、平均葉長は、前年より短く130.8 ± 35.9 cmであり、その後葉体先端部の先枯れが著しくなった。

ワカメの葉体は2月中までは、葉上につく動物も少なくきれいであったが、3月に入ると小型甲殻類などの付着物や浮泥の固着が著しくなり、食害による穴あきもひどくなった。

マコンブ *Laminaria japonica* マコンブの養殖実験については1986年と1989~90年の結果を表 12に示す。1986年は1月13日に葉長11.4 ± 2.6cmの葉体から開始された。水温は13.2 °Cとかなり低くなっていた。葉体は水温が15 °Cより低い期間は順調に伸長し、4月18日に最長になり150 cm以上の葉体も多くみられ、平均葉長139.6 ±

表10. 土佐湾、浦の内における水温、塩分およびヒロメの成長の推移

		水温(°C)	塩分	葉長(cm)	日間成長率(%)	葉幅(cm)	日間成長率(%)
1978	1月10日	15.2		4.5 ± 0.9			
	1月24日	13.7		11.4 ± 5.2	6.85	7.4 ± 4.8	
	2月7日	11.6	33.44	19.5 ± 9.2	3.90	10.9 ± 6.5	2.79
	2月28日	12.5		24.8 ± 10.4	1.14	11.7 ± 6.8	0.32
	3月7日	14.0	33.35	29.3 ± 11.2	2.39	12.5 ± 7.0	0.97
	3月27日	13.8	33.61	39.0 ± 10.7	1.43	15.0 ± 7.0	0.91
	4月7日	16.0	33.22	36.8 ± 11.3	-0.56	18.9 ± 8.0	2.12
	4月19日	16.6		36.2 ± 11.9	-0.16	21.2 ± 7.7	0.94
	5月2日	20.4	27.94	18.9 ± 6.1	-4.56	20.9 ± 8.0	-0.07

表11. 土佐湾、浦の内における水温、塩分及びワカメの成長の推移

		水温(°C)	塩分	葉長(cm)	日間成長率(%)
1988	12月5日	18.2	34.50	5.6 ± 3.3	
	12月27日	13.8	34.66	14.1 ± 7.5	4.27
1989	1月7日	14.0	34.94	29.7 ± 14.9	6.97
	1月21日	13.9	34.19	55.4 ± 26.1	4.57
	2月1日	13.7	34.94	76.3 ± 29.0	2.97
	3月7日	15.6	33.50	121.9 ± 35.0	1.35
	3月25日	16.8	28.27	116.0 ± 44.5	-0.28
	4月16日	19.4	30.15	142.3 ± 33.6	0.94
1989	10月24日	20.2		4.1 ± 1.1	
	12月3日	17.4		3.9 ± 2.3	-0.52
	12月17日	17.0		6.2 ± 1.6	3.32
	1990 1月6日	14.0		17.0 ± 7.3	5.16
	1月20日	13.9		24.0 ± 7.4	2.48
1990	2月3日	13.7		41.0 ± 29.3	3.90
	2月25日	14.6		80.3 ± 39.1	3.10
	3月14日	14.8		115.4 ± 33.3	2.16
	3月22日	14.9		130.8 ± 35.9	1.53
	4月13日	16.0		126.3 ± 32.3	-0.15
	4月27日	18.1		109.1 ± 24.3	-0.12
	5月13日	21.4		92.5 ± 16.1	-0.06
	5月31日	22.5		59.0 ± 31.1	-0.25

表12. 土佐湾、浦の内における水温、塩分及びコンブの成長の推移

		水温(°C)	塩分	葉長(cm)	日間成長率(%)	肥大度(%)
1986	1月13日	13.2		11.1 ± 2.6		17.9 ± 2.2
	1月27日	12.7	33.95	28.9 ± 10.0	7.4	26.7 ± 3.6
	2月10日	12.8	34.51	38.1 ± 13.9	2.0	35.5 ± 6.0
	2月22日	12.9	34.29	63.2 ± 18.7	4.3	28.1 ± 3.5
	3月8日	13.4	34.40	93.8 ± 19.3	2.8	38.2 ± 5.6
	3月18日	14.0	32.99	116.0 ± 19.9	2.2	43.6 ± 4.5
	3月28日	14.0	33.15	127.5 ± 25.5	0.5	46.4 ± 8.7
	4月7日	15.8	30.99	137.3 ± 24.2	0.7	61.2 ± 13.4
	4月18日	15.8	30.99	139.6 ± 27.2	0.2	62.0 ± 9.1
	4月30日	20.7	30.28	134.9 ± 21.5	-1.3	73.3 ± 12.4
	5月10日	21.4	28.73	115.1 ± 21.7	-1.5	71.6 ± 1.1
	5月21日	21.2	30.99	82.0 ± 14.0	-3.1	
	5月28日	20.9	30.28	70.2 ± 17.7	-2.2	79.9 ± 23.5
1989	6月12日	24.2	28.73	32.2 ± 19.7	-5.4	104.4 ± 11.8
	6月24日	25.3	31.02	44.1 ± 15.7	-7.4	97.9 ± 0.2
	12月1日	18.2	34.50	4.6 ± 2.9		
	12月27日	13.8	34.66	12.2 ± 8.8	3.8	
	1990 1月7日	14.0	34.94	22.1 ± 14.8	5.5	
	1月21日	13.9	34.19	48.9 ± 25.6	5.8	
	2月1日	13.7	34.94	76.3 ± 29.0	4.2	
	3月7日	15.6	33.50	196.1 ± 48.6	2.8	
	3月25日	16.4	28.27	230.1 ± 47.9	0.8	
	4月16日	19.4	30.15	236.2 ± 76.0	0.1	

27.2cmに達した。この頃よりワレカラ、コケムシやイトマキガイの着生が目立ち、水温が20℃を超えた4月30日より先枯れ現象が著しく、水温の上昇とともに葉長は短くなっていった。肥大度は、葉長が最長になったときに 62.0 ± 9.1 であったが、その後の肥大度は高くなり最高 104.4 ± 11.8 になった。

1989～90年は12月1日、いわゆる早生種苗を用いて、前年度より1ヶ月早く、葉長が 4.6 ± 2.9 cmのものから開始された。水温は 18.2°C であった。塩分は $28.27 \sim 34.94$ の範囲であり、あまり大きな変動はなかった。葉体の成長は順調であり、2月1日には子嚢斑からは遊走子の放出が認められた。葉体は4月16日には最長のものは365 cmになり、300 cm以上のものも多くみられ、平均葉長は、 236.2 ± 76.0 cmと前年度に比べ1 mほど長い葉体になった。日間生長率は1月に $5.8 \sim 5.5\%$ と下がっていった。この年度は、都合により最長の葉体になったところで実験を終えた。

考 察

ヒロメは、ワカメのように裂片状の切れ込みがなく倒卵形であり、自生しているものは75～100 cmほどになる。和歌山県沿岸から鹿児島まで自生が確認されており、和歌山、徳島、鹿児島の各水産試験場などで、以前から種苗生産し、養殖試験も試みられたようであるが、漁業者による養殖は、あまり盛んでない。理由は葉体がワカメより少し厚く、イメージがワカメと異なるので、ワカメほど価格が出ないためのものであった。高知県下では、暖海域に適するヒロメに注目して、1973年より1978年に高知県水産試験場で種苗生産、養殖技術試験が行われた（広田ら1975）。その結果県下各地で漁業者による養殖も行われたが、葉長は、11月下旬に養殖を開始して、3月上旬には、平均葉長が、50～60 cmに達し、十分に商品価値のある良質のものが生産されることがわかった。しかし、その後本格的な養殖は行われていない。

今回の実験結果は、高知県下で行われたヒロメ養殖試験と似た値を示したが、湾内のハマチ養殖のためか、ヘドロ状の汚泥がつきやすかった。浦の内湾でのヒロメ養殖は、なお検討する必要があるだろう。

ワカメは、土佐湾には自生が認められなかったが、1972年頃より須崎湾の湾奥部に自生が認められるようになった（高知県水産試験場1979）。これはセメント運搬船が瀬戸内海と往復しているので、それらの船による移植が行われたと推察されている。しかし、須崎湾に自生するワカメ群落は、湾奥部の狭い範囲に限られてある。したがって土佐湾外海域は、ワカメの生育適応しない環境と思われるので、ワカメの養殖試験は高知県下では、行われていない。今回の実験結果では、葉長は130 cm以上になったが、鳴門海域の養殖ワカメよりも短い葉体あり、先端部からの流出（先切れ現象）が早い時期から始まることがわかった。これらの結果から、土佐湾でのワカメ養殖は、かなりの養殖技術の検討が必要であろう。

マコンブの土佐湾の養殖試験は、1983～1984年に行われた（Mairh et al. 1991）。土佐湾でのコンブ養殖の可能

性を検討するために、引き続きマコンブの養殖実験が行われてきたが、1986年1月13日に本養殖を開始した葉体は、最長 137.3 ± 24.2 cmであり、1989年12月1日に本養殖を開始したものは4月16日に最長 236.2 ± 76.0 cmに達した。1983～1984年の養殖実験は、12月に本養殖を開始され、葉長は230～240cmになった（Mairh et al. 1991）。これらの結果から、養殖開始は、水温が 20°C より低下する早い時期に本養殖を開始すると、葉長の長い商品価値の高いコンブになることが認められた。鳴門海域のコンブ養殖では、5月にマコンブが350～400 cmに達しているが（松岡ら 1991）、4月では2.5 m前後であり、浦の内湾でのマコンブの生長速度と似た値であった。肥大度は成長とともに、値は高くなっており4月7日に 61.0 ± 13.4 であり、鳴門海域は5月上旬で50 m前後であって、浦の内湾で養殖されたものの方が高いという興味のある結果が得られた。

以上のヒロメ、ワカメ、マコンブ、の成長の過程から、土佐湾におけるヒロメとワカメの養殖は、品質の面から検討が必要であろう。マコンブは寒海性ではあるが、成長の適応水温が $5 \sim 20^\circ\text{C}$ 言われているので

（Kawashima 1984）、土佐湾中央部の浦の内湾は冬・春季（12～4月）がこの水道範囲にあり、養殖が可能であることがわかった。品質もすでに商品化されている鳴門産のマコンブに似ているので、養殖技術がさらに検討されれば、事業化も可能であろう。

4 節 暖海域鳴門海峡で養殖されたマコンブの形態と品質

マコンブは日本における主要な食用海藻のひとつである。高品質なコンブの需要の高まりから、本来の分布域である北海道や青森などの北日本から徳島県鳴門海峡がある南日本へ養殖漁場が順調に拡大している。本研究では暖海域で栽培されたマコンブと寒海域で収穫された天然マコンブの形態の特徴と成分を比較した。本研究の結果、藻体長、重量、幅、厚さ、タンパク質、炭水化物、脂質および灰分の含量は養殖物と天然物は、比較的良好な値を示した。2 海域で収穫されたコンブの品質や大きさは似ているが、それだけではなく、促成栽培は収穫までの期間を短縮することができる。それゆえコンブの促成栽培は将来における需要の増加に応ずることができるだろう。この報告は、英文で徳島県水産研究所研究報告7号（2011）に報告されたものを、和文に直して掲載する。

序 文

日本沿岸には、18種のコンブ属の種類がある（Kawashima 1984）。最も主要な種で養殖種苗に使われている種は、寒海の函館、室蘭などに多く繁茂するマコンブ *Laminaria japonica* で、マコンブの養殖による生産は、日本のコンブ生産量の25%に達し、養殖は北海道から温帯海域の九州まで行われている。養殖マコンブの形態は、養殖漁場により形態が変化することが知られるようになった。

寒海から天然マコンブを移植して最初に養殖を試みた

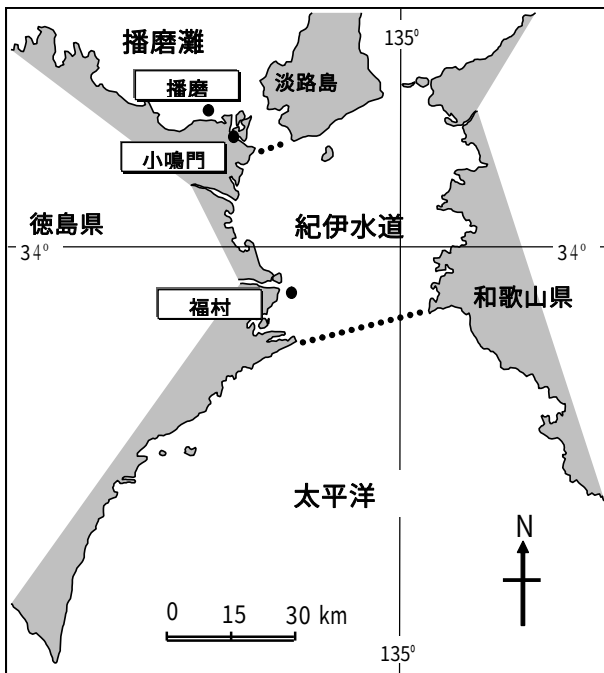


図29. 徳島県鳴門海峡のマコンブ養殖試験が行われた3漁場の配置図

のは、1966年兵庫県水産試験場であり、瀬戸内海の西大阪湾で実施された。その後、多くの暖海域に位置する水産試験場でマコンブの養殖試験が試みられた。しかしながら、養殖コンブの品質や成分に関する報告はほとんどない。そこで、鳴門海峡で養殖されたマコンブの品質と成分に関して、ほかの海域で養殖されたマコンブ、天然コンブとの比較をここに報告する。

試料と方法

マコンブの種苗は、岩手県種苗センターの室内培養で作られたものを、2002年11月に、徳島県水産研究所鳴門分場に航空便で送り、直ちに分場前の浮台に垂下された。その後、健全で芽がそろった種苗が着生した種苗糸の部分5 cmを切り、親縄に50 cm間隔で挿入した。親縄は、播磨、小鳴門、福村に移植された(図29)。

2004年6月に養殖されたマコンブの中から長いものを10個体選んで採取し、形態の測定に用いた。それぞれの個体別に、葉長、茎長、葉重量、葉幅長、葉厚が測定された。葉幅長と葉厚は、根元10 cmから先端まで50 cm間隔で測定を行った。

物理化学的な要因の測定は、2003年11月から2004年5月までの期間に行われた。水温の測定は鳴門分場に設置されているアレック電子自動水温測定記録器(MDS-T)をもとにした。塩分の測定は、鶴見精機のMODEL 3-Gで行い、栄養塩の分析は、オートアナライザー(TRAACS800 C Bran Rube Co. Ltd.)によって行った。葉体の水分含有量は、生重量から乾燥重量(105℃オープン乾燥)の減量から算出した。総窒素量は、ケルダール法により測定した。100℃で乾燥させた葉体からの脂質量は、クロロホルムとメタノールで葉体から抽出するSouthgateの方法(Southgate 1971)で行われた。灰分量は、550℃で調整した機器のなかに5時間入れて、重量を測定した。炭水化物、タンパク質、水分、脂質、灰分

表13. 徳島県鳴門海峡の3か所の養殖場における成熟した葉体の割合、平均の葉長、葉重量、茎長、茎重量(長いものより10個体測定)

養殖場所	播磨	小鳴門	福村
成熟割合(%)	0	10	30
葉長(cm)±SD	253.3±89.7	377.3±56.6	415.6±59.2
葉重(g)±SD	256.4±163.8	703.1±117.7	925.8±267.7
茎長(cm)±SD	5.5±1.0	8.5±1.2	7.4±1.9
茎重(g)±SD	1.6±0.4	3.8±1.1	4.7±1.5

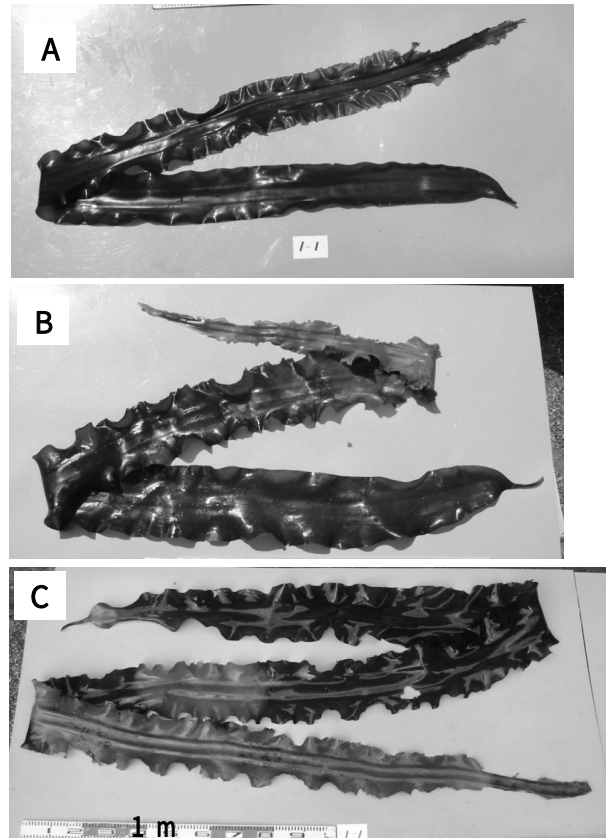


図30. 播磨区、小鳴門区、福村区の養殖場で養殖されたマコンブの成体期の形態

は100 g(乾燥重量)の葉体あたりの百分率(%)で表現した。

結果と考察

養殖マコンブ葉体の形状

マコンブの形状は、葉長、葉幅長、葉厚の値で表現される。この試験養殖で生育したマコンブの値は、表13に示す。養殖マコンブの平均葉長は、播磨区が最も短く253.3 cmであり、小鳴門区は377.3 cmであり、福村は最も長く415.6 cmであった。平均葉重量も葉長に比例しており、最も軽いのは播磨で256.4 g、次いで小鳴門区で703.1 gであり、最も重いものは福村で926.8 gであった。茎長の長さは、播磨区が最も短く5.5 cmであり、小鳴門区が8.5 cm、福村区が7.4 cmであった。茎重は、播磨区で1.6 g、小鳴門区で3.8 g、福村で4.7 gであった。それぞれのマコンブの形状は、図30に示す。

茎から先端までの3漁場のマコンブの葉厚の部位ごとの変化を図31に示す。部位ごとの葉厚の変化は、下部位はそれぞれの漁場のマコンブの間で違いがあったが、上

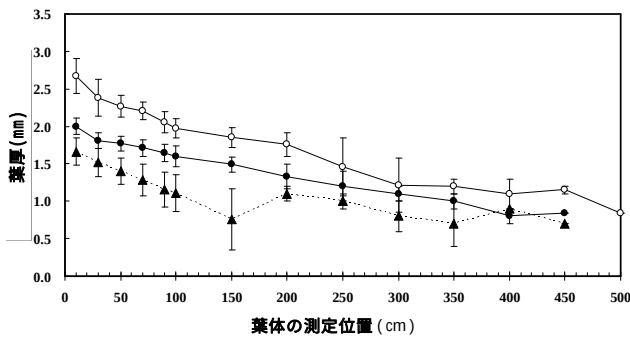


図31. 3漁場で養殖されたマコブの葉厚の部位ごとの変化 ▲; 播磨区 ●; 小鳴門 ○; 福村

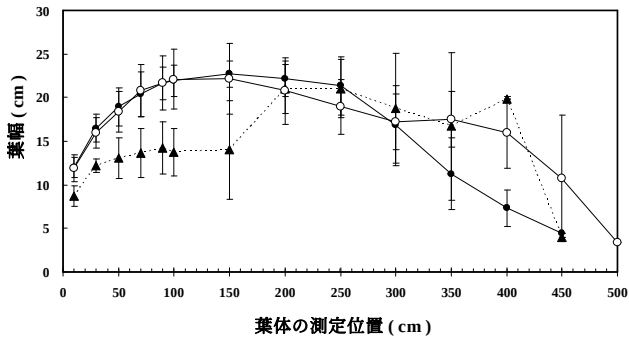


図32. 3漁場で養殖されたマコブの葉幅の部位ごとの変化 ▲; 播磨区 ●; 小鳴門 ○; 福村

方の部位では、葉厚の減少傾向が似ていた。マコブの葉体は、根元部位近くは厚くなり、3漁場のなかでは福村区が最も厚く、2.7 mmであった。一方、播磨区は最も薄く、1.5 mmであり小鳴門区はその中間で2.0 mmであった。

茎から先端まで、3漁場のマコブの葉幅の部位ごとの変化を図32に示す。葉幅は、個体により大きな差があり、また漁場によって差があった。茎部位近くは葉幅が狭く、1.0 m部位まで急に広くなり、小鳴門区と福村区では、最も葉幅が広がった部位は、茎から1.5 mの部位で、23 cmであった。播磨区では、茎から2.5 mのところが最も広くなり、やはり23 cmになった。2.0 m部位からは、徐々に短くなる傾向がみられたが、個体による変異が著しいのが特徴的であった。

養殖漁場の環境要因について

2003年11月から2004年5月までの間の鳴門海峡の水温変動を図33に示す。最も水温が低下したのは2月であり、10℃まで低下していった。その後、春から初夏にかけて徐々に上昇して行き、暖海域で、マコブが最も伸びる5月に約20℃に達した。この海域では、マコブの収穫は、6月初旬に行われている。

マコブ漁場の表層水の無機窒素量(DIN)は図34に示すように11月から12月の期間には高い値を示し、4.0～6.5μMであった。この期間を経て、マコブの伸長期になるにつれて、無機窒素量は、徐々に低くなっていった。播磨区はマコブの成長初期の頃が最も高く、その後減少していった。他の二つの漁場も同じ傾向がみられた。

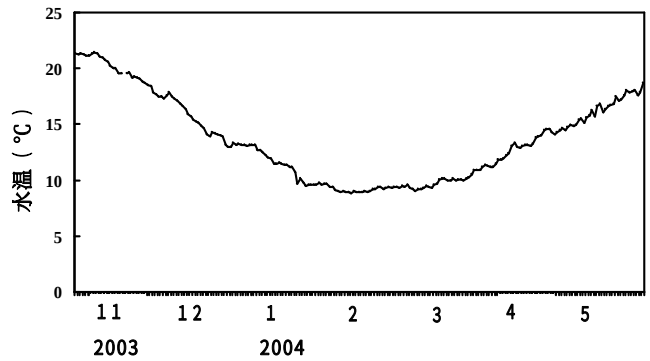


図33. 小鳴門海峡での水温の推移

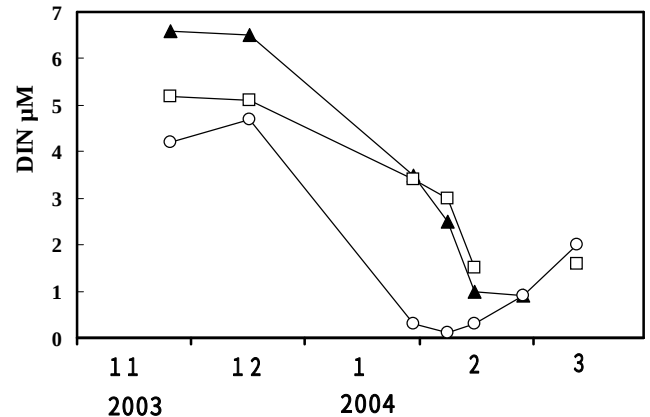


図34. 3漁場での表層水の溶存態窒素量(DIN) ▲; 播磨, □; 小鳴門, ○; 福村

マコブ漁場は、どの区でも潮流が速い特徴がある。特に福村は、ほかの区に比べて最も潮流の速い区域である。事業用に移植されたほかのマコブ漁場でも、春になり温度の上昇とともに伸長し葉長も葉幅も商品化に適した形態になった。

養殖された3漁場の養殖マコブの成熟率を表13に示す。播磨区では養殖マコブは成熟しなかった。小鳴門区と福村区の葉体は、それぞれ10%と30%成熟がみられた。鳴門海峡漁場では、事業として行っているところは、養殖マコブが成熟する前に、収穫が行われている。その理由は、成熟した葉体には、付着動物が多く着くようになるためである。

葉体の化学的成分

それぞれの養殖場から採取されたマコブ葉体の化学的成分については、一般栄養学的分析として行われるタンパク質、脂質、炭水化物、灰分について、乾燥した100g当たりの分析結果を100分率で表14に表示した。水分含量は、3区養殖場の葉体の間には、大きな差異がなく9.3～11%の範囲であった。タンパク質の含量は、葉体成分構成の中では養殖区によって、大きな差がみられ、福村区では最も高く8.7%であり、小鳴門区では6%で、播磨区では5.7%であった。脂質は含量が少なく、養殖区の間では大きな差がなく、播磨区と小鳴門区では0.5%であり、福村区で0.1%であった。炭水化物含量は3つの主要成分のなかで含量が最も多く、3養殖区のなかでかなり差がみられ、播磨区が最も多く61.2%、小鳴門区が54.3%、福村区が49.1%であり、タン

表14. 徳島県鳴門海峡の3か所の養殖場で養殖された成体マコンブの乾燥重量100 g当たりの水分含有量, タンパク質, 脂質, 炭水化物, 灰分の100分率

養殖場	播磨	小鳴門	福村
水分 (%)	9.8	11.0	9.3
蛋白質 (%)	5.2	6.7	8.7
脂質 (%)	0.5	0.5	0.1
炭水化物 (%)	61.2	54.3	49.1
灰分 (%)	23.3	27.5	32.8

表15. 国内3か所における天然及び養殖コンブの葉体の形態的特徴の比較

原産地	葉長(cm)	葉幅(cm)	葉重(湿重量 g)
北海道(天然)*	443-466	28.7-25.9	828-1298
青森(天然)**	308-446	18.0-22.4	344-842
鳴門(養殖)	253-416	23.0-24.0	256-925

* Sanonsuga, **Kiriara et al.

パク質含量と異なることがわかった。灰分は含量が比較的多いが, 3漁場区の間では, あまり差がなく, 播磨区23.3 %, 小鳴門区27.5 %, 福村区32.8 %であった。

寒海域の三陸海岸の岩手県種苗生産センターから温帯海域の鳴門海峡に, 移植されたマコンブの葉体の形態は, 母藻の形態と顕著な差異はなかった。全長, 茎長, 葉幅, 葉重量, 葉厚の値もほとんど似た値を示していた。福村区から収穫された葉体は小鳴門区と播磨区から収穫された葉体より長かった。しかも葉体の成分構成のなかで, 福村区の葉体は, タンパク質の値が高く品質的にも3区のなかで, 1番良質であることが分かった。このことは, 福村区は, ほかの2区よりも潮流の流れが速く, 栄養塩の吸収には良い効果を与えているのではないかと推測された。また, 葉体が大きく伸びる時期は, 1月から6月の期間であり, 水温が8~20℃であった。松岡ら(1991)の報告は, 水温の上昇とともに急速に伸長しており, 今回は, 葉長の季節変動は測定しなかったが, 生育の状態はみており, 温度が大きな影響を与えていることが推測された。

北海道の寒流域の天然マコンブと今回の鳴門海峡で養殖されたマコンブとの形態的な変化を表15に示す。北海道と青森の天然マコンブは, 通常2年令のコンブの形態が測定されている(Sanbonsuga 1984, Kiriara *et al.* 1989)。一方, 養殖された鳴門産のコンブは, 養殖場に移植されて7~8ヶ月のものである。養殖されたマコンブは, 製品名として促成コンブと呼ばれている。北海道の天然コンブは, 鳴門産より長い, 葉幅や葉重量は短い葉体はあまり差がないように推測された。青森産天然コンブは, オニコブと推測されるが, 鳴門産とほとんど同じ変異の範囲にあった。Kawashima(1984)やSangonsuga (1984)の報告では, 鳴門産と葉幅は似た値を示した。これらのことから, 鳴門産のコンブは形態的には, 寒流系の天然コンブと似た大きさに成長していると言える。

製品としてコンブ類の品質は, 葉厚で言われることが多い。特に北海道の天然コンブの1年令葉体は, 1mm以下では, あり採取されず, 2年令の3~4mmの葉厚のコンブが採取されてきた(Kawashima 1984)。鳴門海峡で養殖されたコンブでは, 葉厚が, 播磨区で1.7mm, 小鳴門区で2.0mm, 福村区で2.7mmであり, 北海道の2年令の天然コンブと比較するとかなり薄い。しかし, 近年のコ

表16. 日本沿岸各地で養殖された養殖コンブの葉長と最低水温と最高水温の比較

養殖地域	葉長	最低水温	最高水温	参照
佐渡	180	9	21	坂井(1968)
Yokosuka	420	9	15	Torkko <i>et al.</i> (1987)
兵庫	250	8	20	井伊ら(1966)
鳴門	350-400	7-8	25	松岡ら(1991)
土佐	240	15	20	大野・松岡(1992)
有明	150	8	23.7	四井・西川(1968)
伊勢	175	8	18	阿知波・中村(1988)

表17. 日北海道及び青森産天然マコンブの葉体(100 g 乾燥重量)の水分含有量, タンパク質, 脂質, 炭水化物, 灰分の割合(%)

収穫場所	尾札部(北海道)	大間(青森)
水分	10.3	11.2
蛋白質	5.3	7.4
脂質	1.6	2.0
炭水化物	65.1	64.9
灰分	17.7	19.2

ンブの利用法が, 北海道産(寒流域)の天然コンブは味だし用にもっぱら使用されて, 鳴門産(養殖コンブ)は, おでん, つくだ煮, 惣菜に使われて, 柔らかい食感に合いこの分野の素材として使われている。この分野の利用が広まるにつれて, 暖海域でのコンブの養殖が広まっていった。現在, コンブ類の種苗生産は, 寒流域の種苗センターで行われており, 1~2日の間に, 南方の瀬戸内海から九州まで, 航空便で種糸が送られて養殖されている。

コンブの養殖報告が行われているには, 表16に示すように, 佐渡, 横須賀, 伊勢, 兵庫, 鳴門, 土佐, 有明の各地であり, それぞれの養殖場の葉長と水温との関係が示されている。養殖コンブの形態は, 明らかに各地の海域によって異なっている。これらの報告から, コンブ類が成長できる水温範囲は, 7~23℃であった。

Kawashima(1984)は, 寒流域の北海道海域でのコンブの生育範囲は, 5~20℃であると記述している。最近, 沖縄でも, 促成養殖コンブ試験が行われて, 水温が16~25℃の範囲で生育したと私信で報告を受けている。

これらの結果から, コンブ養殖は, 日本沿岸では, 寒流海域から暖流海域まで, 広く行うことができることが, 明らかになった。葉体の品質は, 基本的には, 葉厚であるが, 日本料理の多様化により, 厚さだけでなく, 食感などにより用途が異なり, 各地で養殖されているコンブが各地区で使われている。

北海道産の天然マコンブが高いタンパク質量とアミノ酸量を示し, だしコンブに最良とされてきた。しかし, 北海道で養殖した促成コンブ(1年令)の成分は, タンパク質とアミノ酸量は, ほとんど同じという報告もある(Sannbonsuga 1984)。

日本国内の寒流海域の天然コンブ葉体の成分は, 表17に示すように海域によって異なっていた。品質を評価するタンパク質は, 青森産が高く7.4%, 北海道は5.3%であった。鳴門産の養殖コンブは5.2~8.7%であり, 寒流海域の天然コンブの成分とほぼ同じか高い値を示し, 成分から見た品質は遜色ない値であった。これは, おでんなどに使われる素材として柔らかくおいしいという評価と一致する。特に福村区の養殖コンブは最も高いタンパク質量を示した。

Sannbonsuga(1984)は, 天然産コンブと促成コンブの

炭水化物含量は、天然コンブと促成コンブと似た値であったと報告している。炭水化物含量も、表17に示す漁場の天然コンブでは、64.9～65.1%の範囲であったが、鳴門海峡区の養殖コンブでは、49.1～61.2%と似た値であり、品質的にも類似していた。脂質は鳴門産コンブは、寒流海域の天然コンブより低く、灰分は鳴門産が、寒流海域の天然コンブより高い値であった。これらの結果から、鳴門産の養殖コンブは、寒流系海域での促成コンブ（養殖コンブ）に比較して、ほぼ同じ成分組成であり、このことが、寒流域以外の海域でコンブ養殖が広がる要因になっており、さらに各地でコンブ養殖を積極的に試みる必要がある。

文 献

- 阿知波英明，中村富夫．1988. 伊勢湾に移植したマコンブのみかけの成長と成熟について．水産増殖**36**(1), 1-6.
- 團 昭紀．2000. 新しいワカメの種苗生産マニュアル，徳島県水産試験場．42 pp.
- 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**(29) 125-132.
- 團昭紀，加藤慎治．2008. 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に形状と生長の差異．徳島水研報，**6**, 79-83.
- 広田仁志，石井功，田村光雄．1975. ヒロメ・カジメの人工採苗並びに養殖試験．高知県水産試験場事報，**71**, 167-168.
- 井伊明，菅原英一，片嶋一男．1966. 兵庫県におけるコンブ養殖試験．水産増殖，**14**(2)99-119.
- 垣内政宏，菊池和夫，林忠彦．1977. 流水域におけるリシリコンブの養殖試験．北水試月報，**38**, 17-29.
- 加藤孝，中久喜昭．1962. 同一漁場に育つ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**, 998-1004.
- Kawashima, S. 1984. Kombu cultivation in Japan for human food stuff. *Jap. Phycol.* **32**, 379-394.
- 川嶋昭二，坂本富蔵，佐藤潔，林啓治．1985. 羅臼海域のコンブに関する総合調査報告．155-236.
- Kirihara, S., M. Notoya & Y. Aruga, 1989. Cultivation of *Laminaria japonica* at Hachinohe, Aomori Prefecture, Japan. *Korean J. Phycol.* **4**(2), 199-206.
- 鬼頭 鈞，谷口和也，秋山和夫．1981. ワカメの形態変異についてⅡ．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.
- 高知県水産試験場．1979. 須崎湾におけるヒロメ・ワカメなどの藻場調査．高知水試事報，**75**, 1-6.
- Mairh, O., M. Ohno, & M. Matsuoka, 1991. Culture of Brown alga *Laminaria* (Phaeophyta, Laminariales) in warm waters of Shikoku, Japan. *Ndia J. Mar. Sci.*, **20**(1), 55-60.
- 松岡正義，日野淑美．1981. コンブ養殖（1）徳島県水産試験場事業報告．昭和56年度．64-67.
- 松岡正義，日野淑美，秋月友治．1982. コンブ養殖（2）徳島県水産試験場事業報告．昭和57年度．57-63.
- 松岡正義，秋月友治．1983. コンブ養殖（3）徳島県水産試験場事業報告．昭和58年度．21-66.
- 松岡正義，大野正夫，秋月友治．1991. 鳴門海峡に移植した養殖マコンブの成長について．水産増殖，**39**, 267-271.
- 右田清治．1967. アオワカメとワカメの雑種について．長崎大水産研報，**24**, 9-20.
- 松岡正義，志田興一，片岡正広．1976. ワカメ養殖技術改良試験— 養殖ワカメの幼体初期の葉形について．徳島水産試験場事業報告，昭和53年度．244-252.
- 松岡正義．1980. ワカメ養殖技術改良試験Ⅱ 種苗の「挟み込み」間隔が，ワカメ葉体並びに収量に及ぼす影響．徳島県事業報告．昭和55年度．83-85.
- 松岡正義．1983. 5. 大鳴門橋架橋周辺域における天然ワカメ分布積量調査本州四国連絡架橋漁場影響調査報告書．日本資源水産資源保護協会．**33**, 87-91.
- 松岡正義，天真正勝．1986. 大鳴門周辺水域における天然ワカメ分布積量調査（総合取りまとめ）．本州四国連絡架橋漁場影響調査報告書．日本資源水産資源保護協会．**41**, 149-167.
- 松岡正義．1987. ワカメ選抜育成試験，徳島県水産試験場事業報告．昭和60年度．54-56.
- 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の変異 徳島県水試事報．平成7年度．240-243.
- 農林規格検査所の品質管理技術マニュアル．1978. わかめ．農林規格検査所．1-13.
- 岡村金太郎．1922. 趣味から見た海藻と人生．内田老鶴圃．pp.289.
- 大野正夫，松岡正義．1992. 暖海域・土佐湾における養殖マコンブ，ワカメ，ヒロメの成長について．水産増殖．**40**, 279-283.
- 齊藤雄之助．1962. ワカメの増殖に関する基礎的研究．東大水産実験所業績．**3**, 1-101.
- Saito, Y., 1972. On the effects of environmental factors on morphological characteristics of *Undaria pinnatifida* and the breeding of hybrids in the same genus *Undaria*. In Abbott, I. A. and Kurogi, M. (eds), Contributions to the systematics of benthic marine algae of the North Pacific. *Jpn. Soc. Phycol.*, 117-132.
- 坂井英世．1968. 佐渡沿岸におけるマコンブ養殖試験．水産増殖，**15**(4), 33-26.
- Sanbonsuga, Y. 1984. Study of the growth of forced *Laminaria*. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.* **49**, 1-83. Southgate, D.A.T., 1971. A procedure for the measurement of fats in foods. *J. Sci. Food Agric.* **22**, 590.
- 新村巖．1982. ワカメ類の育種について．南西海区ブロック会議藻類研究会誌．昭和57年度．19-26.
- 谷口和也，鬼頭 鈞，秋山和夫．1981. ワカメの形態変異についてⅠ．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.
- 富塚朋子，宮田昌彦．2011. 木簡に記述された海藻— 7世紀～8世紀における海藻利用．藻類．**59**, 145-153.

Torkko, K., T. Ioria, Y. Aruga, and K. Iwamoto. 1987. Growth of transplanted *Laminaria japonica* Areschoung in Tokyo bay for from in natural habitat. *Jap. J. Phycology.*, **35**, 10-18.

徳田廣，大野正夫，小河久朗．1987．コンブ，海藻資源養殖学．緑書房，249-252．

海の森づくり推進協会．2007．第1回全国大会こんぶサミット in おおむら．要旨．86．

四井敏雄，西川博．1968．有明海におけるマコンブの生長について．水産増殖，**15**(4), 23-32．