

## 気仙沼湾におけるワカメ養殖種苗の形態差

日下 啓作\*1・菊田 輝\*2

Morphological Variation of Cultivated *Undaria Pinnatifida* (Harvey) Suringar in Kesenuma Bay

Keisaku KUSAKA \*1 and Terashi KIKUTA \*2

キーワード：ナルト型ワカメ，ナンブ型ワカメ，三陸ワカメ，養殖種苗，優良形態，形態変化

ワカメ *Undaria pinnatifida* (HARVEY) SURINGAR は、生育場所によって明らかに形態が異なり<sup>1,2)</sup>、ナンブ型ワカメ *forma distans*、ワカメ *f. typica*、ナルト型ワカメ *f. narutensis* に大別される<sup>3)</sup>。一般的に、三陸沿岸で養殖された「三陸ワカメ」は、本州中部地方で養殖されたワカメに比べて肉厚で歯応えがあり、また舌触りが良いなどといった点から、食材として高い評価を得ている。

本県のワカメ養殖は、県北中部沿岸の内湾域から外洋域に至る海域で行われており、各地の漁場では、品質の良いワカメを得るための種苗が経験に基づいて選別されてきた。現在では主として、各地区で育苗された種苗（地種）の他に、内湾域ではナルト型ワカメ、外洋域ではナンブ型ワカメの種苗が用いられている。一方で、他地区から搬入された種苗や、タンク採苗により室内育苗された種苗を導入し、より品質の高い形態のワカメを得ようとする取り組みも行われているが、必ずしも期待された形態を持った葉体が得られていないのが現状である。近年、安価な輸入ワカメが市場に広く出回り、高品質な三陸ワカメの生産基盤を揺るがす重大な問題となっている。この輸入ワカメと品質面での差別化を図ることを前提として、三陸ワカメとしての優れた形態を持った葉体を安定して得るために必要な種苗の種類、および生育環境条件を把握し、養殖漁場の環境や出荷方法に応じた形態となる種苗を抽出した上で、養殖を展開していくことが重要と考えられる。本研究では、本県北部沿岸の海域から採取した天然葉体と、気仙沼湾周辺で主として利用されている種苗を内湾部および外洋部の漁場で養殖して得られた葉体の形態について評価し、生育環境、種

苗の種類によって発現する形態的な特徴、養殖種苗の継代的な使用による形態の持続性と生育環境との関係について検討することを目的とした。

### 方 法

ワカメの天然葉体は、平成10年5月から7月、唐桑地区石浜、気仙沼湾大島地区磯草、歌津地区泊、志津川湾地区滝浜の各地先で、船上からの刈り取りまたは潜水により採取した（図1）。採取地点は、唐桑地区、歌津地区が外洋に面した潮間帯下部から水深3m、志津川湾地区が湾中央部の潮間帯下部、大島地区が気仙沼湾内の水深1-3mの範囲である。

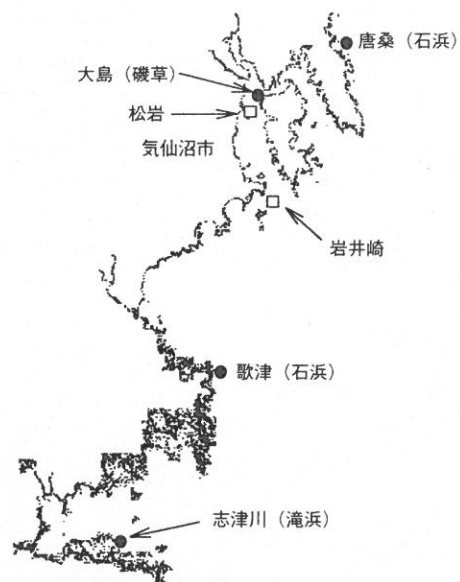


図1 調査点  
●：天然葉体採取地点  
□：養殖地点

\*1 気仙沼水産試験場

\*2 現在、宮城海区漁業調整委員会事務局

ワカメの養殖葉体は、気仙沼湾外洋部（岩井崎地先）と内湾部（松岩母体田地先）において、同一の種苗を用いて養殖したものである（図1）。試験に供した種苗の種類は、平成10年が、徳島県鳴門地方からの搬入種苗（以下、ナルト型98-I）、ナルト型の搬入種苗を用いて気仙沼湾階上地区で養殖した葉体を母藻とした種苗（以下、ナルト型97-II）、ナンブ型ワカメから採苗された搬入種苗（以下、ナンブ型98-I）、平成11年が、平成10年に養殖したナルト型98-Iおよびナルト型97-IIの葉体を母藻とした種苗（以下、ナルト型98-II、ナルト型97-III）である。本報では、気仙沼湾で搬入種苗を用いて養殖された葉体を1世代目（ナルト型98-I、ナンブ型98-Iおよび99-I）とし、この葉体を母藻として継代的に得られた葉体を、順次2世代目（ナルト型97-IIおよび98-II）、3世代目（ナルト型97-III）とした。ただし、ナンブ型ワカメについては、平成11年に養殖可能な種苗が得られなかったため、新たに搬入種苗（ナンブ型99-I）を用いた。種苗の養殖方法は、葉長約5-15mmに生長した各種苗を挟み込んだロープを水面下約10-20cmに延縄式に設置したものである。養殖を平成10年および平成11年の12月から開始し、成葉となった葉体を平成11年および12年の3月に採取した。

形態評価が可能となる全長70cm以上<sup>4)</sup>に生長した葉体について、図2に示した各部位について計測した。これらの値から、全長に対する葉長の比（以下、葉長/全長）、葉体の全幅に対する欠刻の幅の比（欠刻幅/葉幅）、全長に対する欠刻の幅の比（欠刻幅/全長）および葉厚を求め、葉体の形態指標値とした。葉長/全長はワカメ製品の歩留まり、欠刻幅/葉幅は葉形、葉厚は葉質を示しており<sup>4)</sup>、形態評価における重要な形質である。さらに、葉長/全長<sup>5)</sup>および欠刻幅/葉幅<sup>4)</sup>、欠刻幅/全長<sup>2)</sup>は遺伝的により安定した形態として、種苗間の形態比較に有効な指標と考えられる。

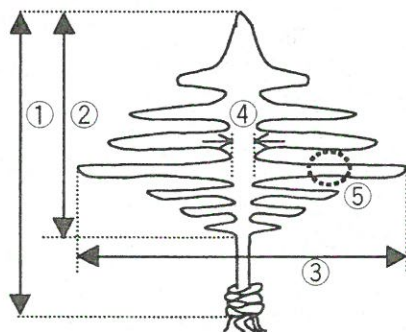


図2 葉体の測定部位  
①全長 ②葉長 ③葉幅  
④欠刻の幅 ⑤葉厚測定部

## 結果および考察

### 1 天然葉体の形態

天然葉体は、異なる生育場所で明瞭な形態差を示した。内湾部の気仙沼湾大島地区から採取した葉体は、全長に対する葉長の割合が小さく、裂葉の切れ込みが浅いワカメ型、湾中央部の志津川湾地区および外洋部の唐桑、歌津地区から採取した葉体は、全長に対する葉長の割合が大きく、裂葉の切れ込みが深いナンブ型ワカメ<sup>3)</sup>に該当した。

形態指標値は、外洋部と内湾部の葉体間で顕著に変動した（表1）。大島地区の葉体は、葉長/全長が0.795、葉厚が0.365mmと採取地間で最も小さく、欠刻幅/葉幅と欠刻幅/全長がそれぞれ0.161、0.152と顕著に大きい値を示した。志津川湾、唐桑および歌津地区から採取した葉体は、葉長/全長では志津川湾地区の0.870、葉厚では歌津地区の0.50mmがそれぞれ最大値であった。また、欠刻幅/葉幅と欠刻幅/全長は、歌津地区でそれぞれ最小の0.083、0.046を示した。これらの値は、ナンブ型ワカメについて測定された欠刻幅/葉幅（0.10-0.12）<sup>4)</sup>、欠刻幅/全長（0.059-0.062）<sup>2)</sup>よりもやや小さかったことから、本県北部海域沿岸の湾中央部と外洋部に生育する天然葉体が、ナンブ型ワカメとしての特徴を持つことが形態指標値から確かめられた。

表1 天然葉体の形態指標値  
（上段：平均値 下段：標準偏差）

採取地	A	B	C	D
唐 桑	0.825 (0.079)	0.104 (0.031)	0.049 (0.018)	0.407 (0.093)
大 島	0.795 (0.098)	0.161 (0.054)	0.152 (0.047)	0.365 (0.098)
歌 津	0.843 (0.076)	0.083 (0.031)	0.046 (0.017)	0.498 (0.058)
志津川	0.870 (0.041)	0.095 (0.053)	0.058 (0.015)	0.471 (0.100)

A：葉長/全長 B：欠刻幅/葉幅 C：欠刻幅/全長 D：葉厚

### 2 養殖葉体の形態

外洋部と内湾部で、同一種苗を用いて養殖した葉体の形態指標値を表2に示した。

#### 2-1 天然葉体との比較

外洋部の養殖葉体は、唐桑、歌津、志津川湾地区の天然葉体に比べて葉厚が小さく、葉長/全長が、ナルト型97-IIを除いて唐桑、歌津地区の天然葉体よりも大きく、志津川湾地区の天然葉体に近い値であった。内湾部の養殖葉体は、大島地区の天然葉体に比較して葉厚が小さく、

葉長/全長が大きい値を示した。養殖葉体の葉厚が天然葉体よりも小さかったことに関しては、天然葉体の全長および全重量が4月から7月にかけて極大となるため<sup>1)</sup>、葉厚の値において葉体の成熟状況の差が直接的に現れたことによるものと考えられた。一方、葉長/全長は養殖

葉体で比較的大きく、欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長は、外洋部と内湾部の各地点における養殖葉体と天然葉体の間で顕著な違いが見られなかった。このことから、これらの3種類の形態指標は、葉体の成熟による影響が小さく、葉体の形態指標として使用できる指標値であると判断された。

表2 養殖葉体の形態指標値  
(上段: 平均値 下段: 標準偏差)

(a) 平成10年					
養殖地点	種類	A	B	C	D
外洋	ナルト型98-I	0.869 (0.033)	0.126 (0.037)	0.081 (0.037)	0.265 (0.032)
	ナルト型97-II	0.842 (0.021)	0.093 (0.018)	0.053 (0.020)	0.310 (0.043)
	ナンブ型98-I	0.880 (0.017)	0.090 (0.021)	0.055 (0.013)	0.335 (0.052)
内湾	ナルト型98-I	0.821 (0.039)	0.230 (0.049)	0.170 (0.041)	0.197 (0.026)
	ナルト型97-II	0.840 (0.031)	0.194 (0.065)	0.123 (0.048)	0.247 (0.026)
	ナンブ型98-I	0.847 (0.037)	0.279 (0.109)	0.203 (0.038)	0.253 (0.025)
(b) 平成11年					
養殖地点	種類	A	B	C	D
外洋	ナルト型98-II	0.890 (0.025)	0.101 (0.031)	0.074 (0.022)	0.418 (0.102)
	ナルト型97-III	0.866 (0.024)	0.081 (0.020)	0.052 (0.014)	0.335 (0.023)
	ナンブ型99-I	0.890 (0.015)	0.078 (0.016)	0.055 (0.013)	0.388 (0.063)
内湾	ナルト型98-II	0.840 (0.046)	0.132 (0.030)	0.085 (0.028)	0.203 (0.014)
	ナルト型97-III	0.815 (0.051)	0.292 (0.062)	0.155 (0.065)	0.225 (0.029)
	ナンブ型99-I	0.821 (0.077)	0.189 (0.063)	0.161 (0.051)	0.250 (0.070)

A: 葉長/全長 B: 欠刻幅/葉幅 C: 欠刻幅/全長 D: 葉厚

2-2 養殖種苗および生育環境による形態差

同一地点で養殖した葉体について、種苗間で形態を比較した。外洋部では、ナルト型の欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長がナンブ型に比べて大きく、葉厚が、ナルト型98-IIを除いてナンブ型でナルト型よりも大きい傾向を示した。内湾部では、ナルト型の2世代目であるナルト型97-II・98-IIで欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長が種苗間で最小であった。葉厚は、外洋部の葉体と同様、ナンブ型がナルト型よりも大きい傾向を示した。

異なる生育環境で生育した葉体の形態差は、欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長を指標とした場合、ナルト型2世代目(ナルト型97-II, 98-II)で比較的小さく、ナルト型3世代目(ナルト型97-III)およびナンブ型1世代目(ナンブ型98-I, 99-I)で比較的大きく発現した。本来、ナルト型葉体は裂葉の切れ込みが浅く、ナンブ型葉体は切れ込みが深い点の特徴である<sup>3)</sup>。今回の結果から、外洋部の養殖葉体はナルト型、ナンブ型の特徴を維持することが欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長の値から裏付けられたが、内湾部ではナンブ型の欠刻幅/葉幅、欠刻

表3 形態指標値を用いた葉体間の形態比較の結果

(平成10年)		外洋												内湾											
		ナルト型98-I				ナルト型97-II				ナンブ型98-I				ナルト型98-I				ナルト型97-II							
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D				
外洋	ナルト型98-I																								
	ナルト型97-II	+	++	+	+																				
	ナンブ型98-I	-	-	+	++	-	-	+	++																
内湾	ナルト型98-I	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++												
	ナルト型97-II	+	++	+	-	-	++	++	++	+	++	++	+	-	-	++	++								
	ナンブ型98-I	-	++	++	-	-	++	++	++	-	++	++	+	-	-	+	++	-	+	++	-				
(平成11年)		外洋												内湾											
		ナルト型98-II				ナルト型97-III				ナンブ型99-I				ナルト型98-II				ナルト型97-III							
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D				
外洋	ナルト型98-II																								
	ナルト型97-III	++	+	++	++																				
	ナンブ型99-I	-	++	++	-	++	-	-	++																
内湾	ナルト型98-II	++	+	-	++	-	++	++	++	++	++	++	++												
	ナルト型97-III	++	++	++	++	+	++	++	++	++	++	++	++	-	++	++	+								
	ナンブ型99-I	++	++	++	+	-	++	++	++	++	++	++	++	-	+	++	+	-	-	-	-				

A: 葉長/全長 B: 欠刻幅/葉幅 C: 欠刻幅/全長 D: 葉厚  
 -: 5%水準で有意差なし +: 5%水準で有意差あり ++: 1%水準で有意差あり



幅/全長がナルト型に比べてわずかに大きく、外洋部とは異なる傾向を示したことから、これら2種類の形態指標は内湾部における葉体の形態指標には適さないことが示唆された。葉厚は、種苗間の差が内湾部、外洋部でもほぼ維持されたことから、生育環境による影響を受けにくく、遺伝的に安定な形態指標と考えられた。一方、葉長/全長は生育環境、種苗間の差に一定の傾向が認められなかったことから、種苗間の形態区分を行うには不安定な要素と考えられた。

養殖葉体の形態を、*t*検定により種苗間で比較した結果を表3に示した。同一の種苗を外洋部と内湾部で養殖した場合の形態は、いずれの種苗とも葉長/全長、葉厚が外洋部で大きく、欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長が内湾部で大きい傾向が認められた。欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長の値は、ナルト型1世代目(98-I)および2世代目(97-II・98-II)に比べて、ナルト型3世代目(97-III)およびナンブ型1世代目(98-I・99-I)で外洋部と内湾部の差が大きく、ナルト型98-IIを除くすべての種苗で両者の値に有意差が認められた( $p < 0.01$ )。葉厚は、ナンブ型98-Iが5%水準、その他の種苗が1%水準で、外洋部と内湾部の葉体間に有意差が認められた。異なる種苗間では外洋部と内湾部の形態差がさらに顕著であり、ナルト型98-I(外洋)、ナルト型98-II(外洋)を除く各種苗の間で、欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長、葉厚の値にそれぞれ有意差が認められた( $p < 0.01$ )。葉長/全長は、ナルト型97-IIとナンブ型98-Iで外洋部と内湾部の差が有意でなく( $p > 0.05$ )、また、外洋部のナルト型97-II、ナルト型97-IIIの葉長/全長は、内湾部における他の種苗との間で明確な差が見られなかった。

### 2-3 継代による形態変化

外洋部、内湾部で養殖したナルト型98-Iとナルト型98-II、ナルト型97-IIとナルト型97-IIIの形態をPlate 1に、形態指標値別の変化を図3に示した。また、形態指標値を基準とした世代間の形態変化を図4に示した。

外洋部の葉体は、継代によって葉長/全長、葉厚が増加、欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長が減少する傾向が認められた。ナルト型98-Iと98-IIの間では、葉長/全長および欠刻幅/葉幅( $p < 0.05$ )、葉厚( $p < 0.01$ )が有意差を示したが、ナルト型97-IIと97-IIIの間では、葉長/全長が有意差を示した( $p < 0.01$ )以外に、形態指標に有意差は見られなかった。欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長は、継代によって指標値が小さい方向に変化する傾

向が認められたが、世代間の変動は葉長/全長、葉厚に比べて明確でなかったことから、外洋部では遺伝的に保持されやすい形態指標であると推察された。以上の点から、外洋部でナルト型種苗を継代養殖した場合、葉長/全長と葉厚は大きく、欠刻幅/葉幅と欠刻幅/全長は小さいものに移行し、世代間の形態変動は、搬入種苗の1世代目と2世代目において大きく発現するものと考えられた(図4-a)。また、ナルト型98-IIと97-IIIは、ナンブ型に比べて、葉長/全長の値がやや小さく、欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長、葉厚が近い値であった。これらの点から、継代養殖したナルト型葉体は、歩留まりがナンブ型の1世代目の葉体より若干低くなるものの、葉形および葉質がナンブ型に近く、形態面でナンブ型に並ぶ優良な品質を発現すると考えられた。ただし、これと同様の形態変化の傾向は、ナルト型98-IIと97-IIIの葉長/全長、葉厚では認められなかったことから、継代的な形態差は、同一場所で継代的に生育させた場合に限り

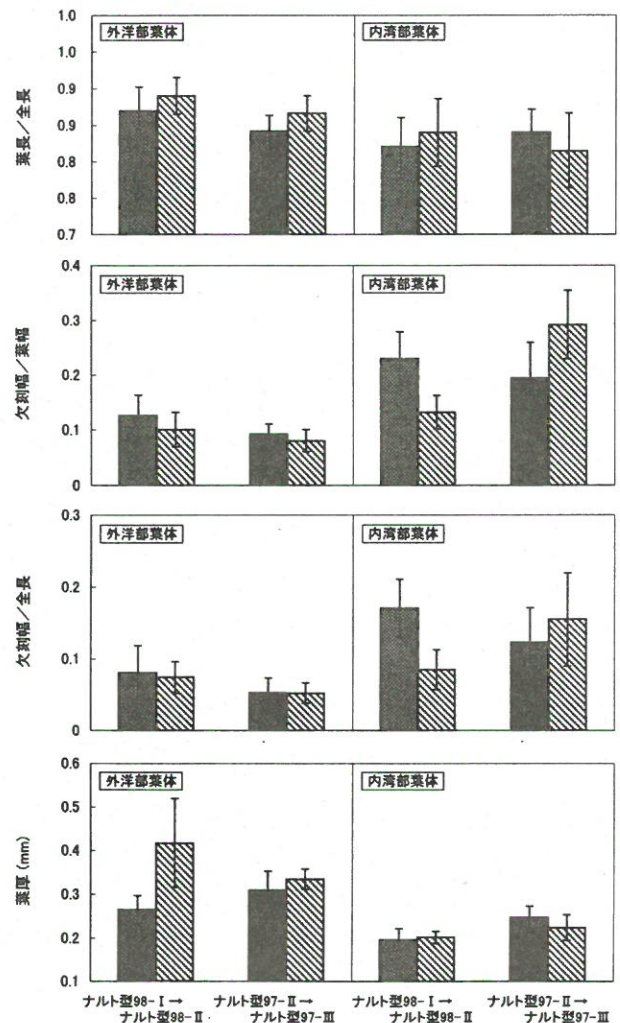


図3 継代養殖による形態指標値の変化  
■平成11年度 ■平成12年度

比較できるものと考えられた。

内湾部では、ナルト型98-Iと98-IIの間で葉長/全長、葉厚が増加、欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長が減少した一方で、ナルト型97-IIと97-IIIの間では葉長/全長、葉厚が減少、欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長が増加し、継代による形態変化に一定の傾向が認められなかった。この理由としては、ナルト型97-IIが気仙沼湾口に近い階上地区産の種苗であったため、ナルト型98-Iとの間で母藻の形態が異なったこと<sup>6)</sup>や生育密度<sup>7)</sup>の違いなどによる影響が推察された。欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長は継代による変動が大きく、特に欠刻幅/葉幅は1%水準で有意差が認められたことから、内湾部における欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長が不安定な形態であることが確かめられた。一方、葉厚は他の形態指標値に比べて継代による変動が小さく、世代間の値に有意差が認められなかった。結果として、内湾部で継代養殖した葉体は、ナルト型の2世代目が比較的優良な形態を発現したが、その形態は不安定であり、外洋部の葉体に比べると歩留まりや葉形、葉質の点で劣ることが明らかとなった(図4-b)。

天然および養殖葉体の形態指標値を用いて、UPGMA

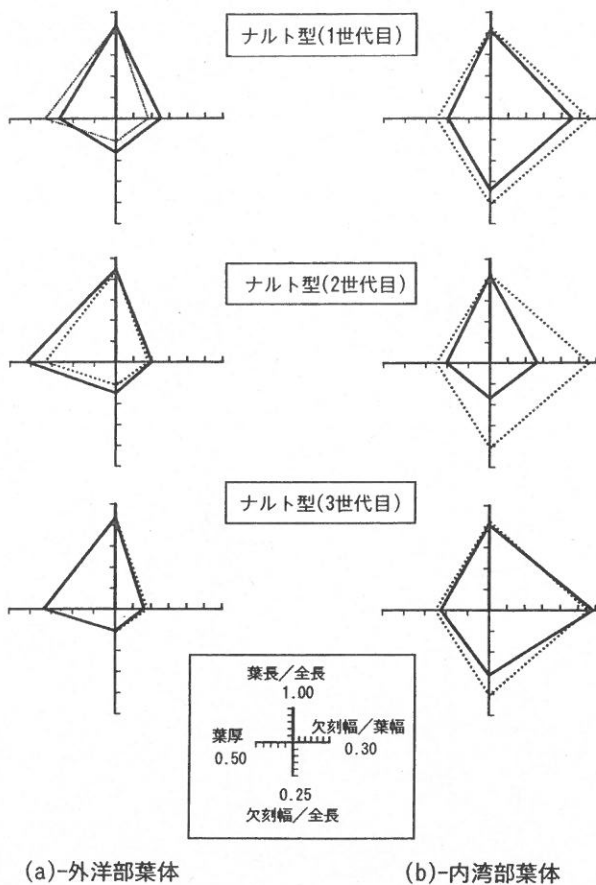


図4 ナルト型葉体の継代的な形態変化  
 ——— : ナルト型葉体  
 ..... : ナンブ型98-I

法で形態のクラスター分析を行った(図5)。外洋部の葉体は、ナルト型98-IIと97-IIIおよびナンブ型98-Iと99-Iが近い類型に属し、継代養殖されたナルト型葉体とナンブ型葉体の類似性が確認された。一方、内湾部では、種苗の種類や継代養殖された葉体における明確な類型区分ができなかった。このことから、内湾部では種苗の種類による形態差が比較的発現しにくい生育環境であると推察され、今後は葉状部の他に、茎部や成実葉の利用に適した優良形態の把握が必要と考えられた。内湾部、外洋部で養殖したいずれの葉体も、天然葉体とは異なる類型であったことから、継代養殖された葉体は、依然として天然葉体との間に形態的な差を保持しているものと考えられた<sup>6)</sup>。今後は、本研究で得られた形態指標を基に、ナルト型、ナンブ型、および天然を含めた各種葉体を用いて、内湾部、外洋部の漁場環境に適した優良形態が得られる種苗を選抜し、継代的な形態変化を考慮しながら優良形態の固定化を図っていくことが重要な課題と考えられた。

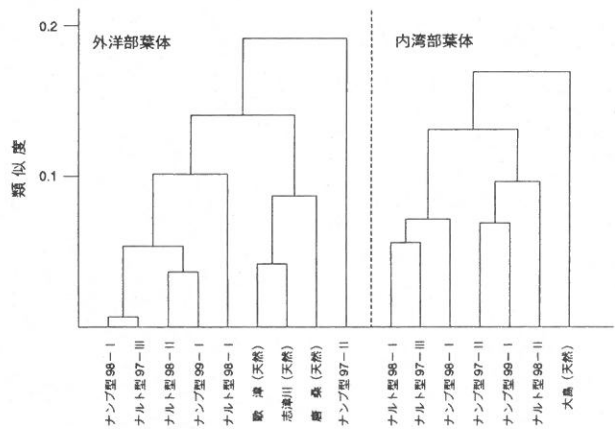


図5 UPGMA法による形態のクラスター分析結果

要 約

1. 気仙沼湾外洋部と内湾部漁場でナルト型、ナンブ型および階上地区産の種苗を用いて養殖試験を行い、生育環境、種苗の種類、継代養殖による葉体の形態変化について検討した。
2. 異なる生育環境で養殖した場合、外洋部では葉長/全長、葉厚、内湾部では欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長がそれぞれ大きくなる傾向が認められ、種苗間の形態差は、欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長、葉厚において有意であった。
3. ナルト型葉体を継代養殖した結果から、欠刻幅/葉幅、欠刻幅/全長は、外洋部では遺伝的に安定した形態として考えられたが、内湾部では継代による形態変

化に一定の傾向が認められなかった。

4. 外洋部で継代養殖したナルト型葉体は、ナンブ型葉体に比べて葉長/全長はやや小さかったが、欠刻幅/葉幅および欠刻幅/全長、葉厚はほぼ類似した値となったことから、継代養殖によって品質の高い形態を持った葉体の選抜が可能であることが示唆された。
5. 内湾部では、ナルト型の2世代目となる葉体が比較

的良好な形態を発現したが、2世代目から3世代目に至る継代では形態変化の傾向が異なったことから、高品質な形態を発現する種苗を、継代養殖により選抜することが困難と考えられた。このことから、内湾部の葉体では、葉状部の形態の他に、茎部や成実葉の利用を考慮した優良形態の選抜および固定化が今後必要な課題と考えられた。

#### 引用文献

- 1) 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 研究報告, 42, 1-9
- 2) 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 研究報告, 42, 11-18
- 3) 岡村 金太郎 (1936) 日本海藻誌, 964pp. 東京, 内田老確園
- 4) 石川 豊 (1995) 藻類の量的形質の遺伝率の測定. 水産育種, 21, 3-13
- 5) 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
- 6) 斎藤 雄之助 (1960) ワカメの生態に関する研究-V. 養殖ワカメの形態について (その1). 日本水産学会誌, 26 (3), 250-258