

ノート

宮城県北部沿岸に生育するワカメ裂葉の破断強度と葉厚

日下 啓作

Breaking Strength and Thickness of Stipe Blade on Matured *Undaria Pinnatifida* collected in Northern Coast of Pref. Miyagi

Keisaku Kusaka

キーワード：ワカメ，裂葉，破断強度，葉厚，レオメーター

ワカメの形態は生育場所によって変異が大きく，主として南方系のワカメ型・ナルトワカメ型，北方系のナンブワカメ型に大別される¹⁾。これらの形態は宮城県北部沿岸の内湾域・外洋域でも見られるが，南方系・北方系といった形態は生育地域に特有のものではなく，生育場所の水深・潮流・波浪等の物理的要因と種苗が有する遺伝的要因が複合的に関与して発現するものと考えられる²⁻⁵⁾。

気仙沼湾では各地先漁場で2-3年継代養殖された通称“地種”を主として，内湾域では徳島県鳴門海域，外洋域では岩手県海域をそれぞれ由来とする種苗を搬入して養殖が行われており，内湾漁場では主にワカメ型，(あるいはナルトワカメ型，以下ワカメ型とする)，外洋漁場では主にナンブワカメ型の形態が発現する⁶⁾。宮城県北部沿岸では養殖ワカメのほぼ8割以上が湯通し塩蔵加工されているが，ナンブワカメ型を原藻とした加工品は「三陸ワカメ」ブランドを支える主力であり，歯応えや色調の良さが広く認知されている。一方，ワカメ型の加工品では葉の厚みがナンブワカメ型よりやや小さく色調が淡い等の点から，ナンブワカメ型に比べて品質的にはやや低く評価されている。これらの評価は生産現場の検査員や買受人が長年の経験から得た定性的な知見が基準となっており，定量的な手法によりワカメの物性を比較・評価した例はきわめて乏しい。

海藻加工品は原藻の品種，生産地，生産時期によって品質が大きく左右されるために統一的な評価基準がなく，従来から官能に依存した評価が行われてきたが，近年では機械化や数値化による客観性，迅速性に対応した評価手法の導入が求められている⁷⁾。本県のワカメ養殖

においては，品質の高い原藻の養殖や加工品の生産に加えて，客観的な品質評価により本県産ワカメの品質をアピールし，安価な輸入ワカメとの差別化を図る取り組みが今後必要になると考えられる。今回は，ワカメの物性を評価する試験として，宮城県北部沿岸で採取した天然・養殖ワカメの裂葉の破断強度をレオメーターにより測定し，生育場所および形態が異なる葉体の物性について比較・検討を行った。

材料と方法

物性の測定には，本県北部沿岸で採取した天然・養殖ワカメを用いた。葉体の採取地点は図1，測定に供した葉体の概要は表1に示した。天然ワカメは1998年4月から7月，唐桑町石浜・馬場浜地先 [以下，唐桑 (天然)]，気仙沼市大島磯草地先 [以下，大島 (天然)]，歌津町石浜地先 [以下，歌津 (天然)]，志津川町滝浜地先 [以下，志津川 (天然)] でそれぞれ採取した。養殖ワカメは1999

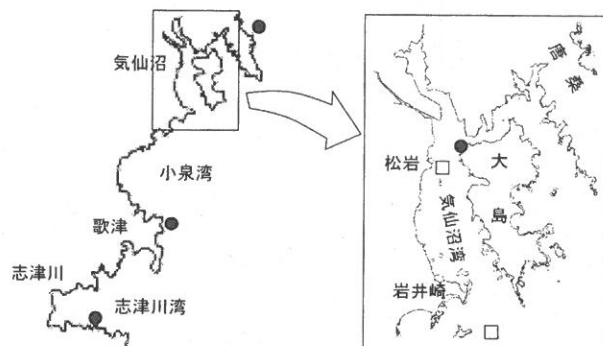


図1 調査地点図
天然ワカメの採取地点 (●)，養殖地点 (□)

表1 葉体の採取時期および平均全長

葉体	採取地点	採取年月	全長 (cm)	N	
天然					
唐桑	唐桑 (石浜・馬場浜)	1998.5,7	176.3	20	
大島	大島 (磯草)	1998.4,5,6	96.0	26	
歌津	歌津 (石浜)	1998.5,7	199.6	20	
志津川	志津川 (滝浜)	1998.4,5,6	122.3	30	
養殖					
内湾	気仙沼湾松岩地先	1999.2	全体	90.5	60
			地種	129.7	10
			大島内湾	75.7	10
			大島外洋	77.5	10
			歌津	78.3	10
			ナルトワカメ	100.3	10
			ナンブワカメ	76.8	10
外洋	気仙沼湾岩井崎地先	1999.2	全体	134.1	60
			地種	175.4	10
			大島内湾	92.7	10
			大島外洋	103.9	10
			歌津	98.5	10
			ナルトワカメ	182.2	10
			ナンブワカメ	148.2	10

年2月に気仙沼湾内湾部の松岩地先および外洋部の岩井崎地先で採取した〔以下、養殖(内湾)・養殖(外洋)〕。養殖ワカメの種苗には気仙沼湾階上地区で継代養殖した種苗(以下、地種)、気仙沼湾大島の内湾および外洋で採取した天然ワカメからそれぞれ採苗した種苗(以下、大島内湾・大島外洋)、歌津町泊浜で採取した天然ワカメから採苗した種苗(以下、歌津)、および徳島県産・岩手県産由来の種苗(以下、ナルトワカメ・ナンブワカメ)の計5種類を用いた。

採取した葉体は、測定直前まで室内水槽のろ過海水中で保存した。破断強度の測定にはレオメーター(株式会社サン科学CR-150・CR-200D)を用い、各個体で最も長い裂葉の基部・中央部から切り出した葉体片(長径30mm,短径17mm)を毎分60mmの速さで引っ張った時の破断強度(g)と破断までに伸びた距離(mm)を記録した。葉厚は、測定部位を4つ折りにした厚さをノギスで測定し、これを1枚あたりの厚さに換算して求めた。

結果

1) 葉体の破断強度

採取したワカメの形態は、大島(天然)・養殖(内湾)は裂葉の切れ込みが浅いワカメ型、唐桑(天然)・歌津(天然)・志津川(天然)、養殖(外洋)は裂葉の切れ込みが深いナンブワカメ型に該当した⁶⁾。最長裂葉の基部と中央部における破断強度を図2に示した。基部の破断強度は天然ワカメが134.4-159.0g、養殖(内湾)が36.6

-83.8g、養殖(外洋)が69.7-118.9g、中央部の破断強度は天然ワカメが81.5-99.9g、養殖(内湾)が24.8-50.2g、養殖(外洋)が47.7-71.4gの範囲であり、

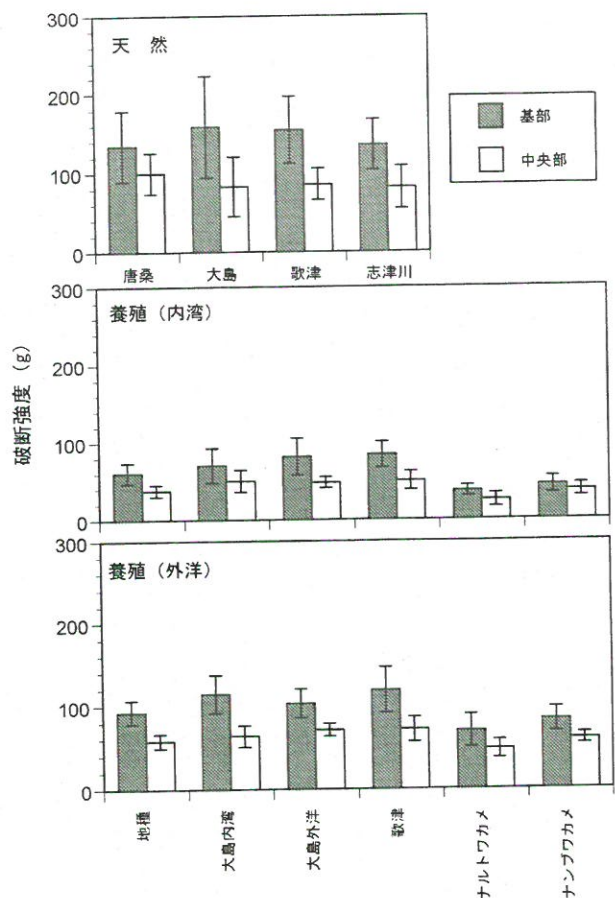


図2 裂葉基部・中央部における破断強度

基部・中央部とも天然ワカメが明らかに高い破断強度を示した。葉体間で比較すると、大島（天然）は基部の破断強度が天然・養殖ワカメを含めた全ての葉体中で最も高かったが、中央部は天然ワカメの中で志津川に次いで低い値であった。唐桑（天然）は基部の破断強度が天然ワカメ中で最も低かったが、中央部は天然ワカメ中で最も高く、裂葉の部位と破断強度の関係は葉体によって異なる傾向が認められた。養殖ワカメの破断強度は養殖（外洋）が養殖（内湾）に比べて基部で約22-44g、中央部で約14-23g高い値を示した。種苗間で比較すると、天然ワカメ由来の種苗から得られたワカメ（大島内湾、大島外洋、歌津）の破断強度は、徳島県・岩手県産由来の種苗から得られたナルトワカメ・ナンプワカメより高い傾向が認められ、その差は養殖（外洋）の大島内湾とナンプワカメの裂葉中央部の値を除いて有意であった（ p

<0.05 ）。

2) 破断強度と葉厚の関係

裂葉基部と中央部における破断強度と葉厚の関係を図3に示した。生育地点別に物性の比較を行うため、養殖ワカメは内湾・外洋の漁場につき5種類の種苗をまとめて表示した。葉厚は、養殖（内湾）で0.15-0.58mm、養殖（外洋）および唐桑・大島・歌津・志津川の各天然ワカメで0.2-1.0mmの範囲で分布し、0.4-0.6mmの範囲では基部と中央部の値が混在した。天然ワカメは養殖ワカメに比べて破断強度のばらつきが大きい⁸⁾が、葉体の破断強度が葉厚の増加にともなって直線的に増大する傾向は共通している。横屋（1981）は、コンブ葉体の硬さと葉厚の間には高い相関で直線関係があることを見出した⁸⁾。そこで、裂葉の破断強度（ s ）と葉厚（ t ）の関係に下記の1次式を回帰させ、得られた回帰係数（ a , b ）

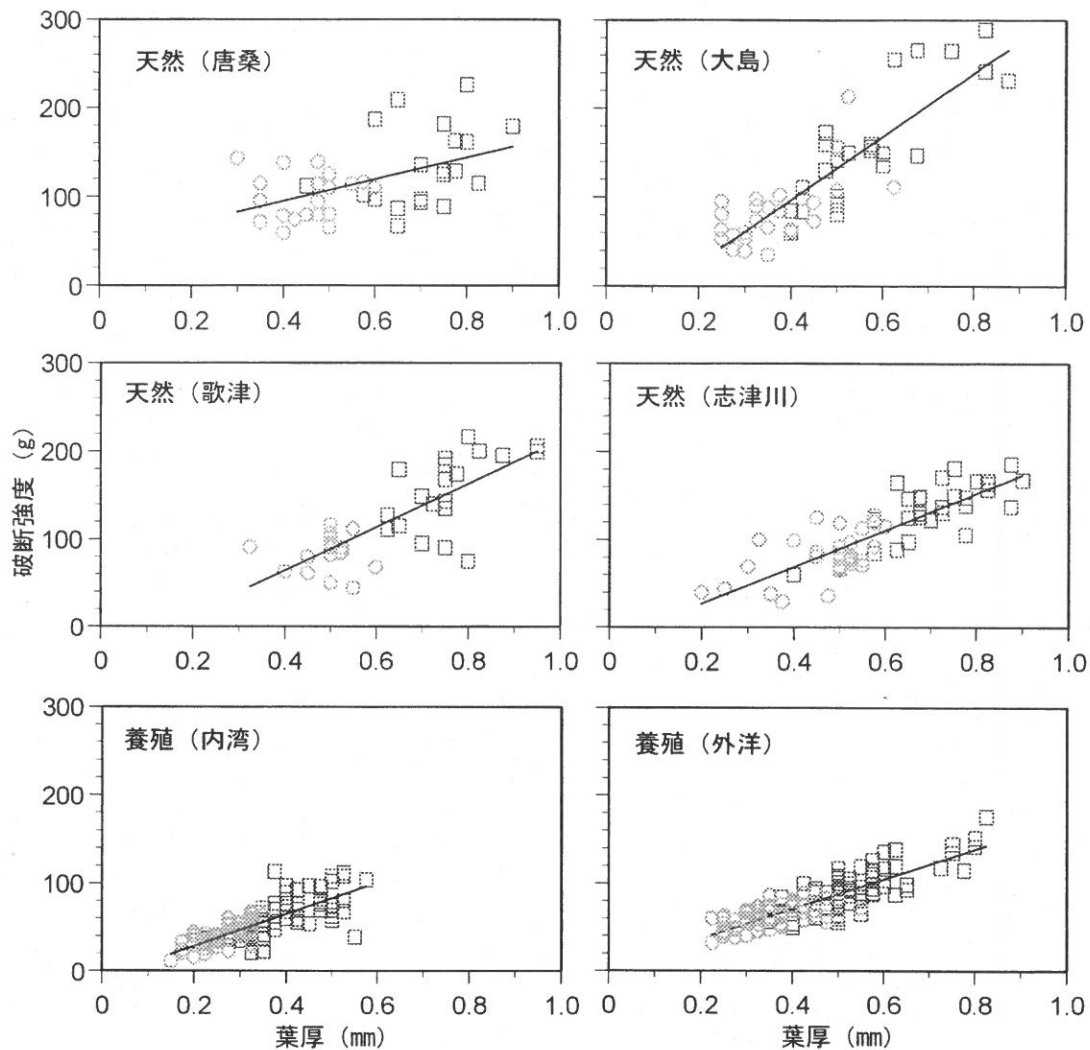


図3 裂葉基部・中央部における葉厚と破断強度の関係

□ 基部 ○ 中央部

表2 葉厚と破断強度の関係を表す回帰係数

	a	b	R ²
天然			
唐桑	122.77	45.92	0.23
大島	356.61	-45.99	0.74
歌津	246.00	-34.21	0.61
志津川	209.11	-14.81	0.69
養殖			
養殖 (内湾)	181.98	-8.14	0.60
養殖 (外洋)	169.48	3.11	0.71

と決定係数 (R²) を表2に示した。

$$s = t \times a + b \quad (1)$$

直線の傾き (a) は大島 (天然) が最大で356.61, 唐桑

(天然) が最小で122.77であり, 裂葉基部から中央部にいたる破断強度の変化が大島(天然)では著しく,唐桑(天然)では最も小さい結果となった。養殖ワカメでは養殖(内湾)の回帰直線が養殖(外洋)よりやや低い側にシフトしたが,傾き(a)は養殖(外洋)と養殖(内湾)で顕著な差はなかったことから,葉厚と破断強度の関係は両者ではほぼ傾向が類似しており,裂葉基部から中央部にいたる強度の変動が天然ワカメより小さいことが判明した。

単位葉厚あたりの破断強度(破断強度/葉厚)は,裂葉基部では大島(天然),中央部では唐桑(天然)がそれぞれ最高であり,養殖(内湾)は基部・中央部ともに最低であった(表3)。裂葉基部と中央部における強度の差は天然ワカメでは約15-45gに達したが,養殖ワカメでは約1-7gと小さく,養殖ワカメは単位葉厚あたりの

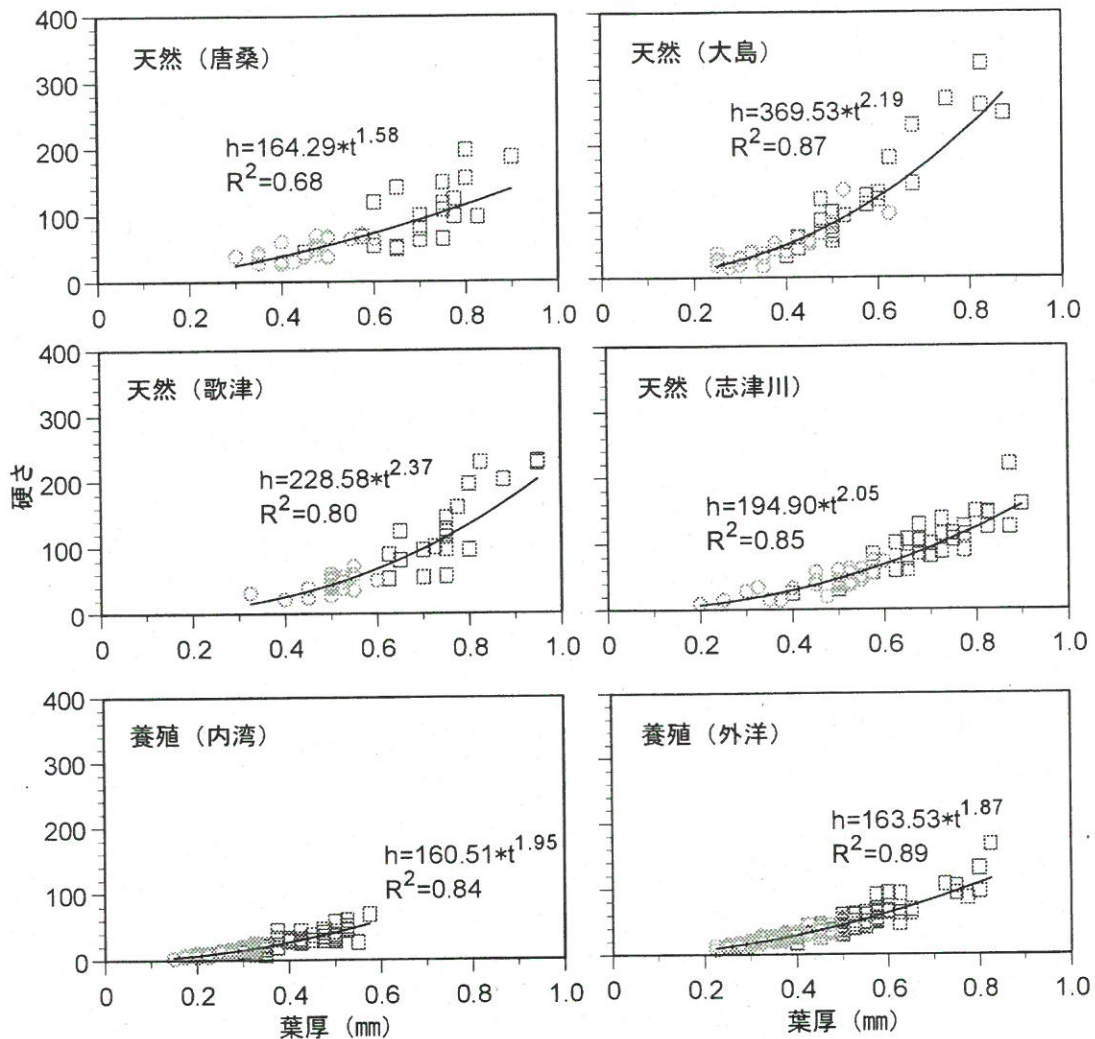


図4 裂葉基部・中央部における葉厚と硬さの関係

□ 基部 ○ 中央部

表3 単位葉厚あたりの破断強度 (g) (): 標準偏差

	基 部	中央部
天然		
唐桑	191.26 (62.42)	228.29 (82.17)
大島	271.93 (69.40)	226.95 (74.24)
歌津	203.53 (47.55)	174.55 (45.41)
志津川	190.17 (32.03)	175.15 (53.13)
養殖		
養殖 (内湾)	158.29 (42.86)	152.12 (36.47)
養殖 (外洋)	177.15 (30.65)	178.26 (35.61)

物性が部位に関わらずほぼ均一であることを示唆した。また、外洋域で採取した唐桑 (天然) および養殖 (外洋) では裂葉基部の強度が中央部より低かったが、これは内湾域で採取した大島・志津川 (天然) および養殖 (内湾) とは逆の傾向であり、葉体の部位と物性の関係は生育環境によって左右される可能性が示唆された。

葉体の硬さ (h) は破断強度 (s), 葉厚 (t), 試料断面積 (c), 破断までに伸びた距離 (d) の値を用いて下記式から求められる⁹⁾。

$$h = (s \times c) / d \quad (2)$$

$$c = t \times 10 \quad (3)$$

葉体の硬さと葉厚の関係を図4に示した。葉体の硬さは葉厚の増加にともなって指数的に増加する傾向が認められ、葉厚が0.8mm前後となった範囲では葉体間で明らかな変動を示した。唐桑・大島・歌津・志津川の天然ワカメは、養殖ワカメに比べて葉厚の増大にともなって硬さが急激に増加する傾向を示したが、硬さが立ち上がる葉厚は養殖ワカメが0.2mm前後と志津川 (天然) を除く天然ワカメの0.3mm前後に比べて小さい傾向が認められた。これまでの結果は、養殖ワカメの裂葉部位による物性の変動が天然ワカメより小さく、養殖ワカメにおける物性の均一性が高いことを示している。

考 察

ワカメ裂葉の破断強度は養殖ワカメよりも天然ワカメにおいて高い値が認められたが、これは湯通し塩蔵加工品の破断強度を測定した岩手県の事例 (天然: 770-940 g, 養殖: 200-600 g) と同様の傾向であった¹⁰⁾。今回

測定した葉体の採取時期は養殖ワカメが2月、天然ワカメが4-6月であったことから、天然ワカメはやや老成していたものと考えられ、葉体の成熟過程が物性の変動に影響した可能性が考えられた。さらに、単位葉厚あたりの破断強度や硬さが葉体間で変動した結果から、葉体の表層細胞や髄層の厚さといった断面構造の違いが葉体の物性変動の一因となっている可能性が示唆された。

部位によって物性が大きく変動する葉体では、加工品として品質評価を受ける段階で、物性の不均一性によって等級や品質が低く評価されることが想定される。今回の測定結果では、養殖ワカメの破断強度・硬さは天然ワカメに比べて部位間の変動が小さく、物性の均一性の面では養殖ワカメが優れていることが確かめられた。葉体の破断強度・硬さとワカメ型・ナンプワカメ型といった形態との間には一定の関係が認められなかったが、ワカメ型に該当した養殖 (内湾) の葉体は、葉厚や破断強度・硬さの値が大島 (天然) に比べて明らかに小さい範囲であったことから、内湾域に生育するワカメは生育時期や種苗等の様々な条件によって物性が顕著に変動することが示唆された。この点は、内湾漁場における養殖ワカメの物性が養殖時期や種苗の系統によって改善できる可能性を示唆するものと考えられる。今回は、生鮮状態の葉体についてレオメーターを用いた物性評価が可能であることを示したが、今後は国内産や外国産の湯通し塩蔵品についても測定を行い、産地間での品質の比較・評価を行っていく必要があると考えられる。

謝 辞

天然ワカメの採取および養殖試験に際してご協力いただいた唐桑町漁協、大島漁協・松岩漁協・階上漁協 (現、気仙沼地区漁協)、歌津町漁協、志津川町漁協に御礼申し上げます。また、レオメーター使用に際してご助力いただいた宮城県水産加工研究所の熊野芳明上席主任研究員 (現、宮城県内水面水産試験場)、浅野勝志主任主査 (現、宮城県産業経済部総務課) に御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 岡村 金太郎 (1936) 日本海藻誌, 964pp. 東京, 内田老確園
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 日下 啓作, 菊田 輝 (2000) 気仙沼湾におけるワカメ養殖種苗の形態差. 宮城県水産試験研究報告書, 2, 1-6
- 7) 小川 廣男: 海藻加工品, 「水産食品のテクスチャー」(丹羽栄二編), 恒星社厚生閣, 東京, 1987, pp. 98-109
- 8) 横屋 敬七 (1981) 養殖マコンブの復水特性とテクスチャーについて. 日本水産学会誌, 47 (12), 1637-1641.
- 9) データ解析ソフト CR200D 計算式 (1994) 株式会社サン科学 4 pp.
- 10) 小野寺 宗仲, 田中 大喜 (1988) ワカメ等の前浜資源利用技術開発に関する研究-ワカメの成分・加工特性に関する研究-. 平成12年度岩手県水産技術センター年報, 99-100