

マコンブにおける無機成分の局在性 (2)

奥 田 弘 枝

(1991年10月11日 受理)

Local Existence of Inorganic Elements in the Tangle (2)

Hiroe OKUDA

Abstract

Using the sample of sun-dried tangle, I analyzed the distribution and changes in inorganic elements according to the geological location of production of the tangle, location of leaves, and tissues before boiling and after boiling with the analytical electron microscope, the atomic extinction method, and the titration method and stated the results in my last report of 1989. Through my experiment, I proved that there was a large quantity of S in the ascus part. This time, I used fresh tangle and conducted an X-ray microanalysis to investigate the formation of the ascus part, its relation with S and the distribution differences in inorganic elements according to the tissue with the analytical electron microscope,

Results were as follows:

1. The location of "fucoidin" in which physiological activity can be found, highly relates with S. Therefore, we can easily acknowledge the degree of distribution by measuring the value of S.
2. Significant differences were found in the distribution of S, according to the location and tissue of the seaweed body.
3. Differences in distribution caused by the difference in tissue structure was also found with other inorganic elements.

I 緒 言

前報 (奥田 1989) では、天然マコンブを天日乾燥させた試料を用い、産地の違いや葉体の部位、および煮熟前と煮熟後の組織の違いによる無機成分の分布と変化を分析電子顕微鏡や原子吸光法および滴定法で分析した結果を報告した。その結果、乾燥マコンブは Cl, K, Na, Ca, Mg および P が大部分を占め、Fe, Zn や Ca の含有量は微量であった。また、産地や葉体の

部位, および煮熟前と煮熟後では無機成分の種類と含有量に違いがみられた。さらに S との関連性が高いと推測される fucoidin (褐藻類硫酸多糖) は, 森 (1983) によると, 変動の少ない元素であると述べているが, 筆者の分析によると, 子嚢斑細胞に特に多くの S が存在し, 組織の違いによって変動があるのではないかと推察されたことから, 本報は主として子嚢斑の形成と S の関連性や組織の違いによる無機成分の分布状態を分析電子顕微鏡を用いて微小部 X 線分析を行ったので報告する。

II 実 験 方 法

1. 材 料

生鮮マコンブ (*Laminaria japonica* Areschoug) は, 函館市志海苔海岸産 (1981年10月採取, 1年生の天然物, 葉長 195 cm, 最大幅 18 cm) を凍結保存 (−80°C) したもので, 根元から 7~8 cm 上部の子嚢斑が良く形成されている部分と, 根元から約 2 cm 上部の子嚢斑の形成されていない部分をそれぞれ 1×1 cm に切り出して用いた。

乾燥マコンブは, 北海道渡島支庁亀田郡戸井町小安産 (1988年9月採取, 天日乾燥, 2年生の天然物, 葉長 620 cm, 最大葉幅 19 cm) の根元から 7~8 cm 上部を 1×1 cm に切り出して用いた。

2. エネルギー分散型 X 線分析電子顕微鏡 (EDX) 用試料の調製

EDX 試料は, (1)で述べたそれぞれの材料 (1×1 cm) を凍結乾燥 (−40°C で凍結, 35°C で乾燥) した。

これらの凍結乾燥試料のさらに中心部から, 一片約 5 mm の四角片を切り出し, ステンレス製のカミソリで切断して, カーボンの真空蒸着を施して, JEM 1200EX-Tracor Northern TN2000 エネルギー分散型 (加速電圧 20 KV, 200秒間, 面分析 $5.2 \times 3.6 \mu\text{m} \approx 18.7 \mu\text{m}^2$) を用いて微小部 X 線分析 (今回は細胞壁のみ測定) を行った。EDX による分析図から, バックグラウンドを消去し, X-線エネルギー強度の数量化を試みた。

走査電子顕微鏡観察は, 同装置を用い, 直接倍率800倍, 加速電圧 20 KV で観察した。EDX による子嚢斑の分析箇所は図中の a, b, c 印で示した。

III 実験結果および考察

1. 子嚢斑の形成されていない生鮮マコンブの無機成分の分布

生鮮マコンブの葉状部の組織および細胞の形態について既に報告したが (奥田 1982, 1985 a①), コンプの葉状部は, 表層 (形成表皮), 皮層および髄層の3層からなるラミナリア構造である (Fig. 1)。

表層は1層に規則正しく並び, 最も多く葉緑体が存在する炭酸同化作用の主要部分である。表層が直接海水に触れる面は1枚のクチクラ層になっており, クチクラの表面は常に粘質物でおおわれている。

皮層は外皮層と内皮層の2部分に分化している。皮層の海水面側から2～3層目, あるいは6～8層目にかけて粘液腔道が存在し, 外皮層の細胞の数倍から10数倍の大きさがある。管の内側は分泌物が蓄積される構造になっており, 管の底部には数個から20数個の皮層細胞よりやや小型で, 表層細胞に近い大きさの粘質物を分泌する粘液細胞が存在している。

子囊斑の形成されていない生鮮マコンブの組織別の分析結果を Table 1 と Figs. 2～5 に示した。Table 1 はそれぞれの組織の細胞壁を数ヶ所分析し, 平均値を求めたもので, Figs. 2～5 は組織ごとの分析結果である。

全般的に Cl, K のピークが高く, S は組織の違いによって, ピークの高さが著しく異なった (Figs. 2～5)。

S の分布状態は, 粘質物を貯える管である粘液腔道に最も多量の S が検出された。前報 (奥田 1989) で述べたように, 海水面に近い最外層の細胞壁にも多く存在していたが, 粘液腔道は最外層の細胞壁の約5.3倍の数値であった。最外層の細胞壁は常に粘質物でおおわれていることから, 表層, 皮層細胞壁の約2～2.4倍の数値を示した。S は粘液腔道>最外層細胞壁>表層細胞>皮層細胞の順に多かった。このように S は粘質物と非常に関連性の高い部位に多く存在することから, 粘質物の fucoidin に由来するのではないかと推察される。

Ca の分布は, 数値的には最外層の細胞壁に比べて, 表層, 皮層細胞の細胞壁の方がやや多い傾向がみられたが (Table 1), 差異は僅少で, 組織の違いにより Ca の含有量に差があるとは言いがたい。前報 (奥田 1989) では, 乾燥マコンブの葉状部を蒸留水中で60分間煮熟 (90°C±2°C) した場合の無機成分の組織別の残存量を報告した。それによると, 乾燥マコンブ

Table 1. X-ray energy intensity of inorganic elements in the fresh tangle.

The parts of cell wall	X-ray energy intensity of inorganic elements						
	S	Ca	Mg	P	Na	Cl	K
The outer layer cell wall	147	48	48	40	31	163	143
The epidermal cell wall	73	65	51	38	59	212	186
The cortical cell wall	61	62	51	31	64	202	161
The mucilage canal cell wall	775	40	18	45	99	211	425

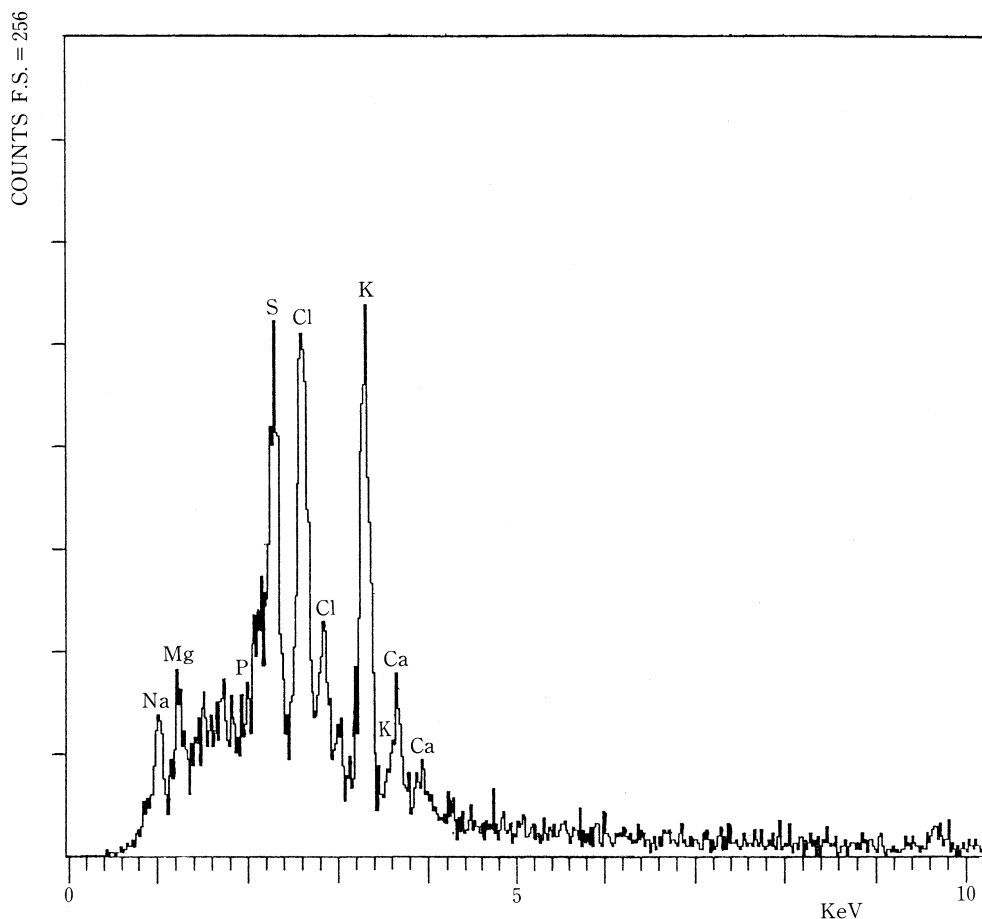


Fig. 2 X-ray microanalysis of the fractured outer layer cell wall in fresh tangle.

中の Ca 量は 396 mg% であったのに対して、残存量は 372 mg% で、僅か 6 % しか溶出しておらず、その内訳は、最外層の細胞壁で約 20% (Weight %), 表層, 皮層細胞の細胞壁で約 28%, 髓層細胞の細胞壁では約 35% であったことから、Ca 量は内層部が高く、外層部が低い傾向がみられた。Ca は水浸漬や煮熟等でも溶出されにくく、細胞壁の構成成分である多糖類と強く結合しており、藻体の骨格を形成する細胞形成物質であることを裏づけた (奥田 1988 ①②)。以上のことから、生鮮マコンブと煮熟後のマコンブの Ca 量には大きな変動はないものと推察されたが、これについては今後、再検討したい。

Mg の分布は、最外層の細胞壁、表層、皮層細胞壁の数値に比べて、粘液腔道は約 1/3 であった。藻体に必要な養分は、海水中から体の全面を用いて摂取していると考えられる。Mg の

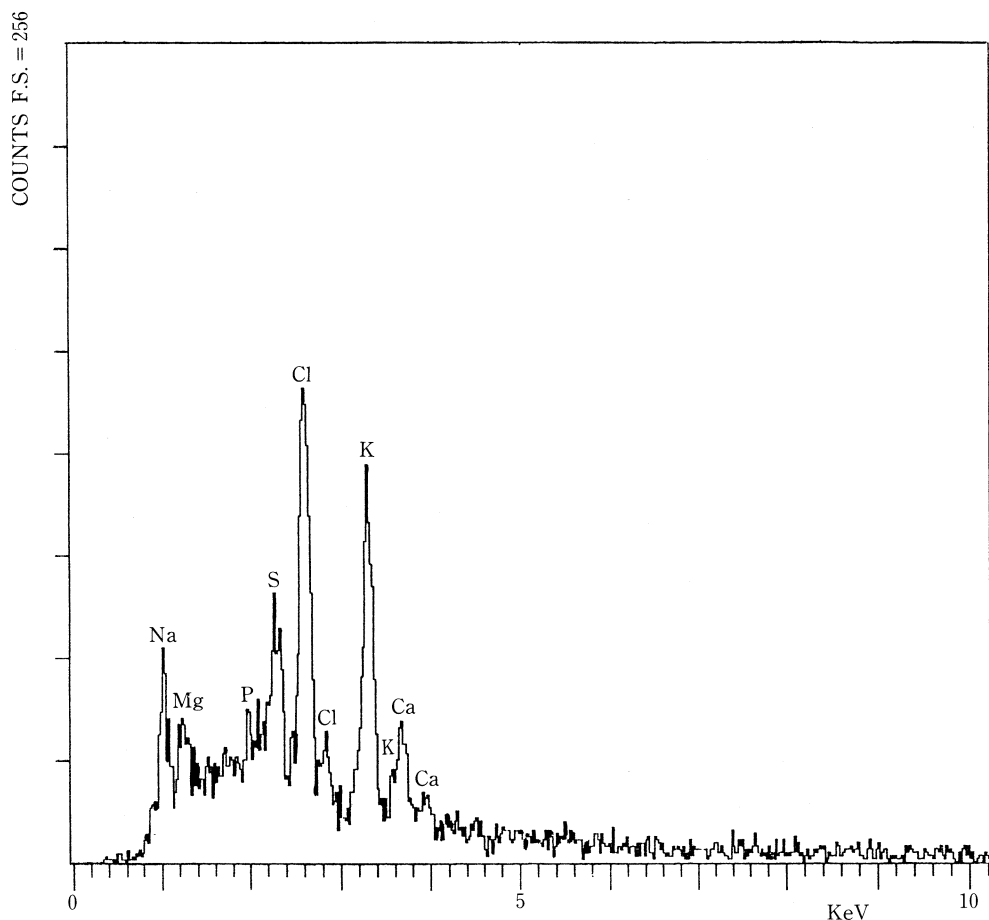


Fig. 3 X-ray microanalysis of the fractured epidermal cell wall in fresh tangle.

海水中の含有量は 1.272 ppm で Cl や Na について多く、海藻濃縮係数は 0.4~0.6 (野田 1983) である。筆者が定量した乾燥マコンブの Mg 量は 360 mg% で、Cl, K, Na に次いで Ca とほぼ同程度の含有量であった。Mg は葉緑素の重要な構成要素であるが、粘液腔道には葉緑素が存在しないことも、表と図からも他の組織に比べて、Mg の含有量が少いことに関連性があるのではないかと推察される。

P の組織の違いによる分布をみると、ほとんど差異が認められず、ほぼ均一に分布しているものと考えられる。P の海水中の含有量は 0.07 ppm で、海藻濃縮係数は 600~8,000 でかなり高い数値であるが、乾燥マコンブ中の含有量は Ca, Mg の約 1/2 で、細胞構成成分としては、含有量の低い栄養素の一つである。細胞質中での P の存在状態は、直径 30~500 μm の粒子

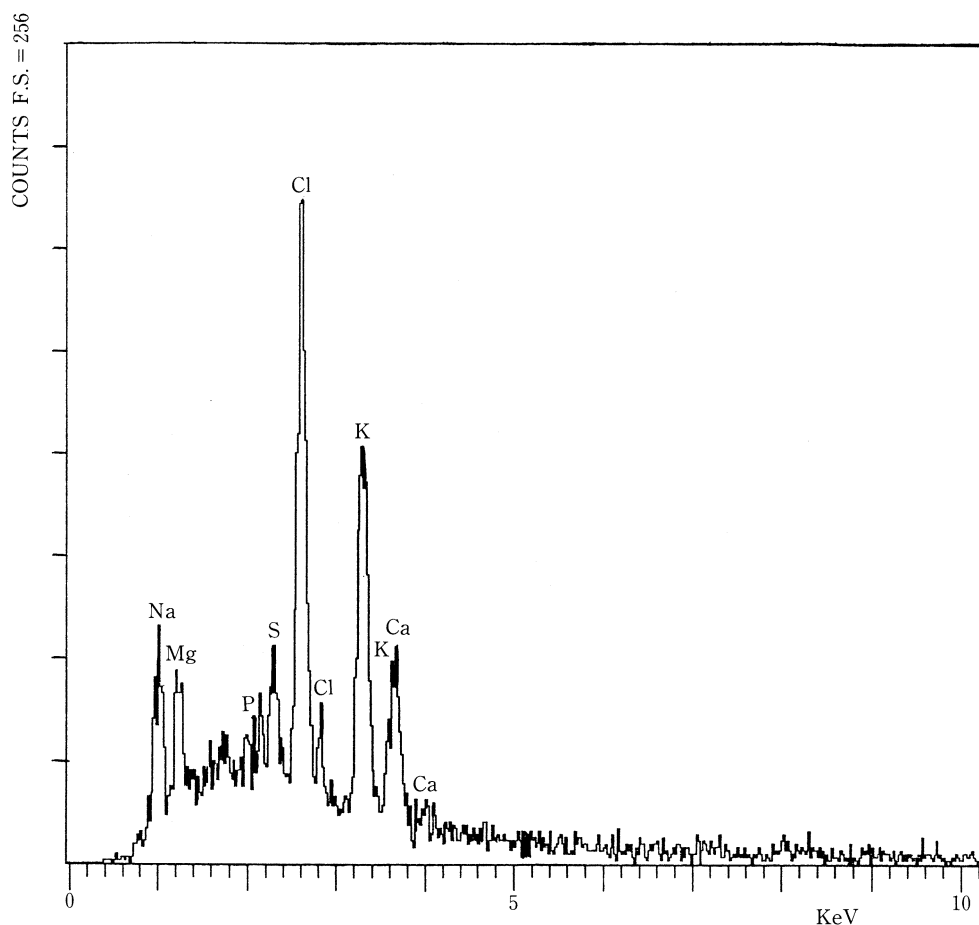


Fig. 4 X-ray microanalysis of the fractured cortical cell wall in fresh tangle.

にポリリン酸の形で貯蔵することが報告されていることから (Darley 1988), 部位によってはもっと高いピークが得られるものと考えられる。

Na の分布は、内部の組織が高く、外部の組織が低い傾向がみられ、最外層細胞壁<表層細胞<皮層細胞<粘液腔道の順に Na の値が低かった。最外層の細胞壁に比べて皮層細胞は約 1/2, 粘液腔道は約 1/3 であった。佐藤ら (1980) は、エレクトロンマイクロプローグアナライザーにより、乾燥マコンブの藻体組織断面について線分析を行っているが、同様に内層部が高く、外層部が低かったと報告している。Na の海水中の含有量は、11,556 ppm で、海藻濃縮係数は 0.1 で低い値を示し、自己の必要に応じて、海水中から必要元素を実に巧みに選択摂取しているものと考えられる。

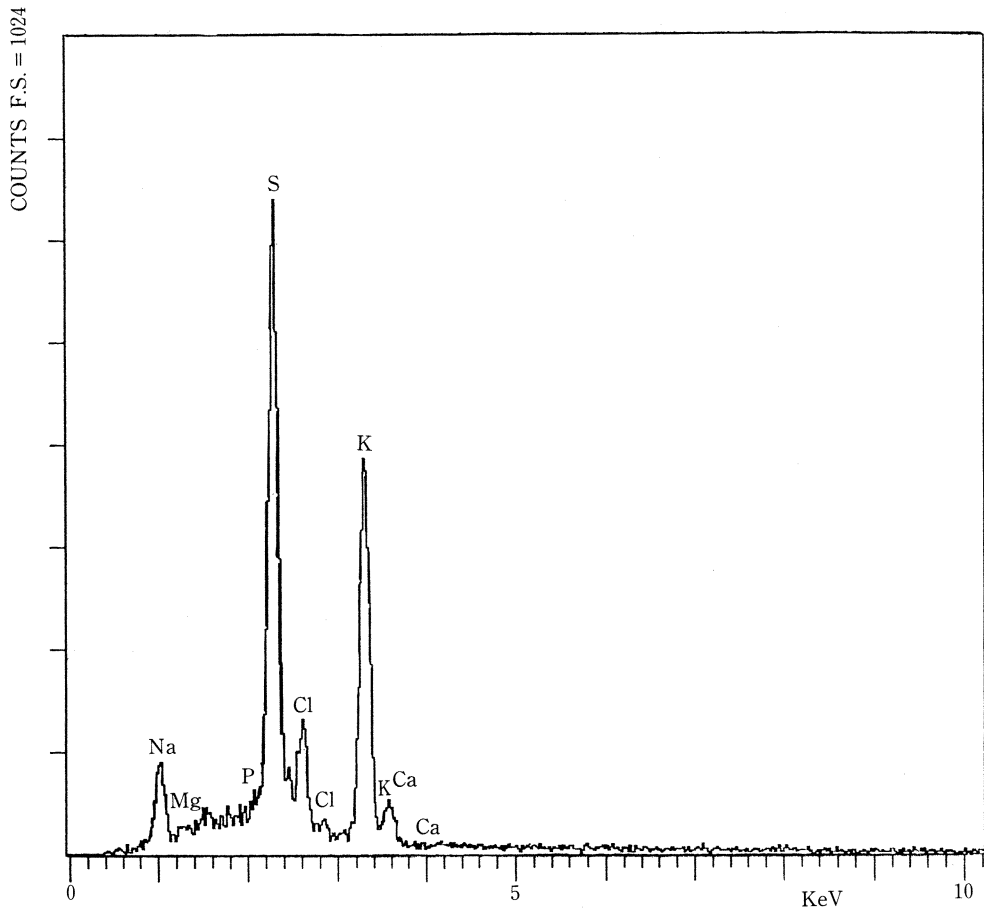


Fig. 5 X-ray microanalysis of the fractured mucilage canal in fresh tangle.

Cl の分布は、最外層の細胞壁が他の組織に比べてやや少い傾向がみられたが、その差は極く僅かであった。他の組織はほぼ均一であった。Cl の海水中の含有量は 18,980 ppm で、海水中の元素では最も多く含まれており、海藻濃縮率は 1 で、乾燥マコンブ中に 16,968 mg% 存在する、最も含有量の高い無機成分で、光合成に関与している。

K の分布は、最外層の細胞壁から皮層細胞の細胞壁にかけてほとんど差異がみられなかったが、粘液腔道の細胞壁にはこれらの組織の約 2.3～3 倍存在した。粘液腔道では、生理代謝上、何らかの重要な役割を担っているものと推察される。K の海水含有量は 380 ppm であり、海藻濃縮係数は 0.15～15 の低い値で、乾燥マコンブ中の含有量は 8.978 mg% であった。一般に藻類は、K を取り込んで蓄積し、Na を排出するので、両イオンの比率は海水中とは大きく異

なっており、海水中の Na:K の比は30:1であるが、マコンブの藻体中では1:3であった。Kは他の無機イオンと共に浸透圧調節に重要な役割を果たすと共に、蛋白質の立体配座の安定化や膜、pH の調節作用等があることが知られている。

2. 子嚢斑の形成されている生鮮マコンブの無機成分の分布

藻体が成熟すると、葉状部の形成表皮のあるところに、単子嚢群が形成される (Fig. 6)。その集団は子嚢斑として裏側に出来始め、あばた状に盛り上がり、やがて表裏両側に下部から中央部、さらに上部にかけて形成される。

遊走子嚢の発生過程の観察 (Ohmori ら1963, 1967) によると、形成表皮細胞が周辺平行分裂を行って、将来、単細胞側子に生長する上位細胞と、内側の下位細胞とに分けられる。上位細胞は伸長して単細胞側系となる。下位細胞は若い側子の間に突起を出し、この突起が隔膜によってしきられて、遊走子母細胞となり、2つの遊走子嚢が作られると述べている。

筆者の観察によると、遊走子嚢は栄養器官である側子によって保護され、側子の頂部はふくらみ、外膜は肥厚して先端部に粘液帽 (mucilage cap) をかぶっていた。この粘液帽はトルイジン青によって、桜の花片のような桃色に染色され、非常に粘質性に富んだ部分であり、互いに密着して外部から見ると1枚の粘液層になっていた。粘質物はまた、粘液腔道、細胞間隙、髓層や細胞壁基質に存在しており、トルイジン青によって、紫色から桃色に染色された。前述のようにこの粘質物中には fucoidin 類が含有されていることが報告されている (森 1983) が、fucoidin は水溶性のフコースの他にエステル型硫酸多糖、ガラクトース、マンノース、キシロースや少量のグルクロン酸を含むのが特徴である (富士川 1975^a^b, 西沢 1979, 森 1983)。fucoidin は細胞間にマトリックスを形成して存在し (奥田 1982, 伊藤 1986)、非常に吸湿性をもつ特性の高分子電解質である。藻体が長時間、乾燥状態に置かれても、脱水状態になるのを防ぐと共に、海流や波による外力から藻体を守るため、アルギン酸などと共に藻体表面に分泌される粘質物の小滴を形成すると考えられる。

fucoidin は有効な生理活性をもつことが明らかにされている。種々の糖組成をもつにもかかわらず、エステル硫酸の存在により、ヘパリン類似のヒト血液に対する血液凝固阻止作用 (Bernardi et al. 1962) や食飼性高脂血症のラットの静脈内投与による脂血清澄作用 (Springer et al. 1957, Schuler et al. 1957) があるとされている。また、マウスの移植ガン (Sarcoma 180 や Ehrlich-Carcinoma) に対する抗腫瘍効果や延命効果が報告されている (Yamamoto et al. 1974, 1977, 1981, 中沢ら 1974, 1976, Ito 1976, Usui et al. 1980, 鈴木ら 1980)。

fucoidin の構造は、その組成が複雑で分子的に不均一なため、はっきりと決定されていないが、メチル化により3-メチル-L-フコース、2,3-ジメチル-L-フコース、L-フコースが約3:

1 : 1 の割合で得られたとされている (Conchie and Percival 1950, O'Neill 1954, Côt'e 1959)。

筆者は前報 (奥田 1989) で、乾燥マコンブの葉状部を蒸留水中に入れ、湯煎で 90°C ($\pm 2^\circ\text{C}$), 60 分間煮熟した場合の無機成分の溶出率と葉中残存量について報告した。最外層の細胞壁で最も含有割合の高いのは Ca と S で約 20~22% 存在していた。S は乾燥マコンブでは P に次ぐ含有量にすぎなかったが、煮熟後は非常に含有割合が高かった。S は組織間の変動が非常に大きく、特異性がみられ、子嚢斑形成と S との間に関連性があるのではないかと推察されたことから、子嚢斑が形成された試料を用いて組織別に詳細な EDX 分析を行った (Table 2, Figs. 7~9)。

子嚢斑の最も海水面に近い部位を先端部、最も表層細胞に近い部位を基部、両部位の間を中間部として 3 分割し、それぞれの部位および組織の細胞壁を 8~10 ケ所分析して、これらの平均値を求めた (Table 2)。Figs. 7~9 は子嚢斑の部位別の分析結果を示したものである。

子嚢斑の部位と組織の違いによる S の分布をみると、子嚢斑と他の組織では数値にかなり大きな開きがあり、子嚢斑部で高く、表層細胞、皮層細胞部が低かった。子嚢斑部でも部位によって数値が異なり、最も海水面に近い先端部が高く、基部は先端部の約 1/3 であり、中間部は先端部と基部の平均値に近い数値であった。子嚢斑が形成されている試料では、子嚢斑先端部 > 子嚢斑中間部 > 子嚢斑基部 > 表層細胞 > 皮層細胞の順に S が多かった。子嚢斑先端部は粘液帽と称し、非常に粘質性に富んだ部位であるが、この部位が最も S の数値が高く、粘質多糖類の fucoidin に由来するものと考えられる。子嚢斑の形成されていない試料の最外層の細胞壁と、子嚢斑先端部を比較すると子嚢斑先端部の S 値が約 2.5 倍高かった。他の組織 (表層細胞、皮層細胞) は子嚢斑形成の有無に関係なく差異は僅少であった。子嚢斑先端部と粘液腔道細胞壁を比べると約 2 倍、粘液腔道細胞壁の S 値が高く粘液腔道細胞壁の基質には多量の粘質多糖が存在することが裏づけられた。子嚢斑部に S が多い理由の一つとして、前述の事柄以外に、核形成との関連性が考えられる。遊走子嚢細胞は多核細胞であり (奥田 1982), S は核蛋白質

Table 2. X-ray energy intensity of inorganic elements in the fresh tangle of sorus part.

The parts of cell wall	X-ray energy intensity of inorganic elements						
	S	Ca	Mg	P	Na	Cl	K
The apex part of sorus	369	58	53	49	43	170	222
The center part of sorus	257	52	46	52	55	203	247
The base part of sorus	118	57	50	48	54	229	225
The epidermal cell wall	83	63	53	36	61	277	194
The cortical cell wall	56	70	48	38	65	246	198

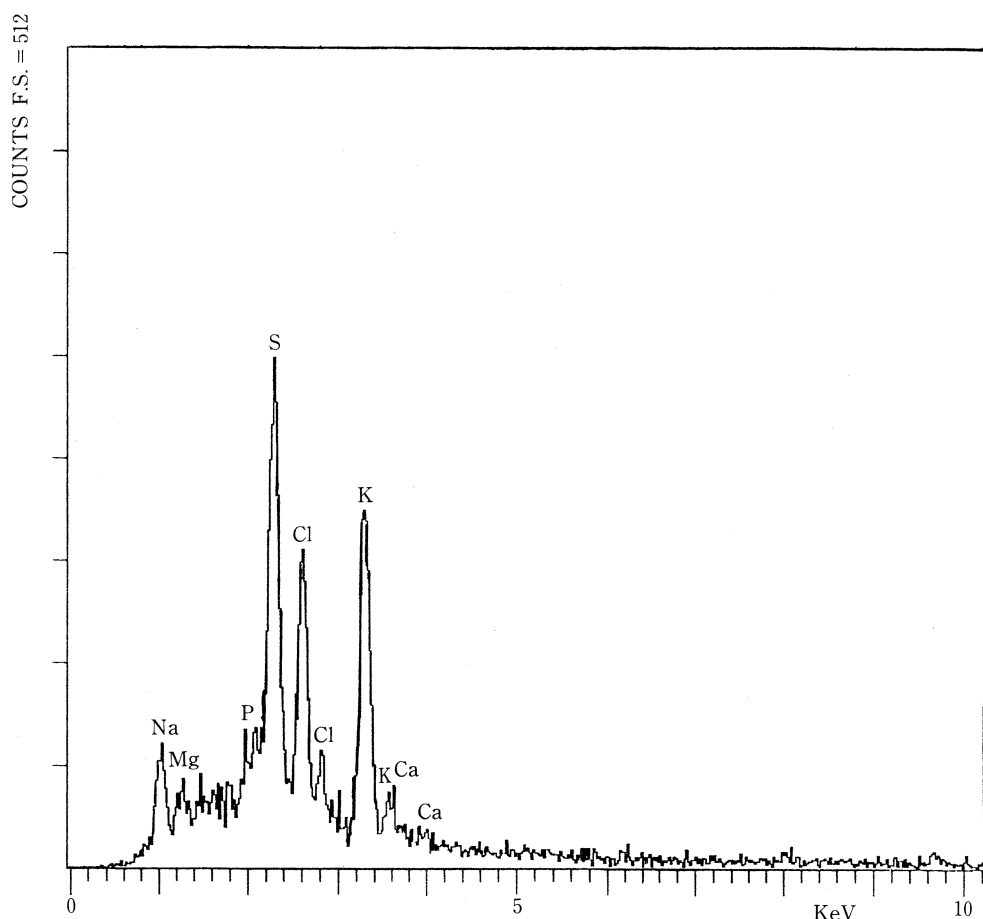


Fig. 7 X-ray microanalysis of the fractured in apex part of sorus of fresh tangle.

には必須のものである (Gerrit et al. 1953, 殖田ら1967)。これらのことがSの数値が高いことに影響しているのではないかと考えられる。従って、fucoidin が豊富に存在することと、核形成との関連性から子嚢斑部にSが多いのではないかと推察される。

Ca の分布をみると、子嚢斑部と他の組織ではほとんど差がなかった。また、子嚢斑の部位による差異も認められなかった。子嚢斑の形成されているものと形成されていないものを比べてみても、同じ組織での数値の違いもみられなかった。Ca は組織内にほぼ均一に分布しているものと考えられる。

Mg の分布も、Ca と同様に子嚢斑部と他の組織との差異はほとんどみられなかった。前述のように Mg は葉緑素の重要な構成要素である。通常、側子の頂部には数個の葉緑素と1核

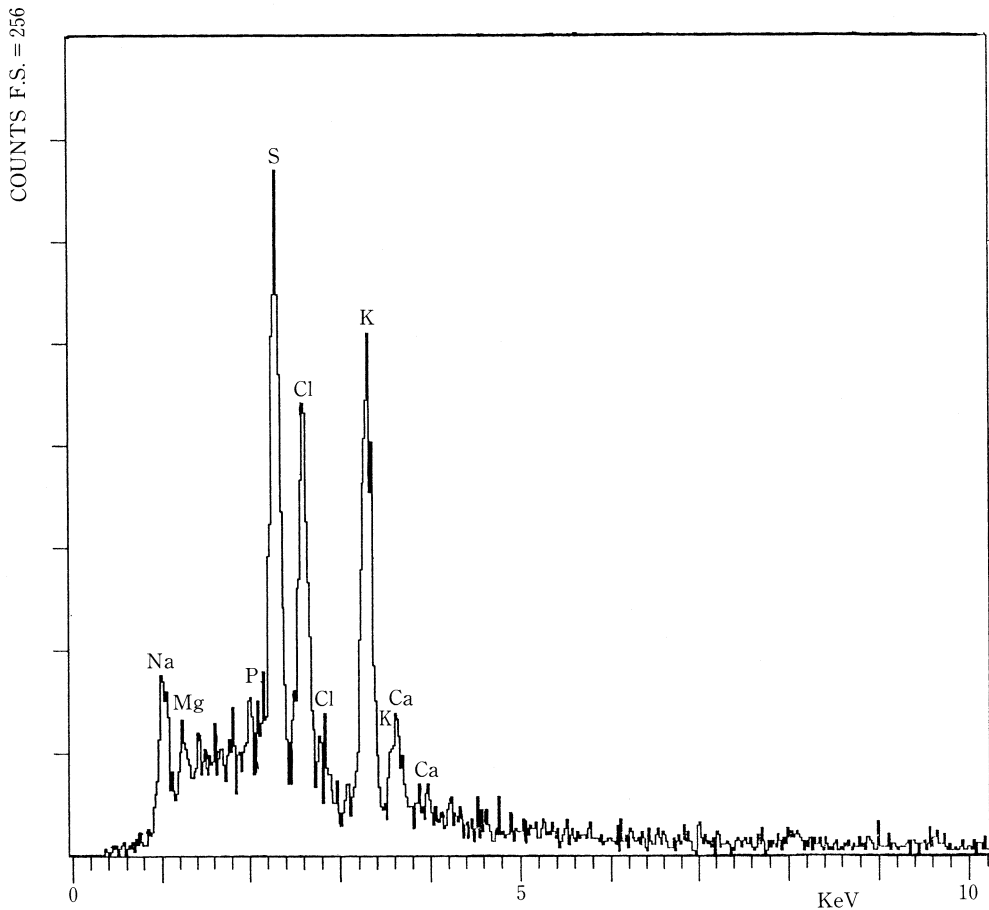


Fig. 8 X-ray microanalysis of the fractured in center part of sorus of fresh tangle.

が存在しており（奥田 1982），側子の1/2～2/3の長さに成長する遊走子嚢にも葉緑体が存在することから，部位によっては，あるいはもっと広範囲の面分析を行った場合には高い Mg 値が得られることも考えられるが，今回の細胞壁を中心とした微小部の面分析では部位や組織の違いによる差は認められなかった。

Pの分布も，Ca や Mg と同様に子嚢斑と他の組織との差，子嚢斑の部位による違いがほとんどみられなかった。また，子嚢斑の形成されているものと，されていないものの，同一組織での差異も認められず，ほぼ均一に分布しているものと考えられる。

Na の分布は，内部の組織がやや高く，外部の組織がやや低い傾向がみられた。子嚢斑の先端部と皮層細胞では，皮層細胞の方が約1.5倍高い数値を示した。子嚢斑の部位による違いは，

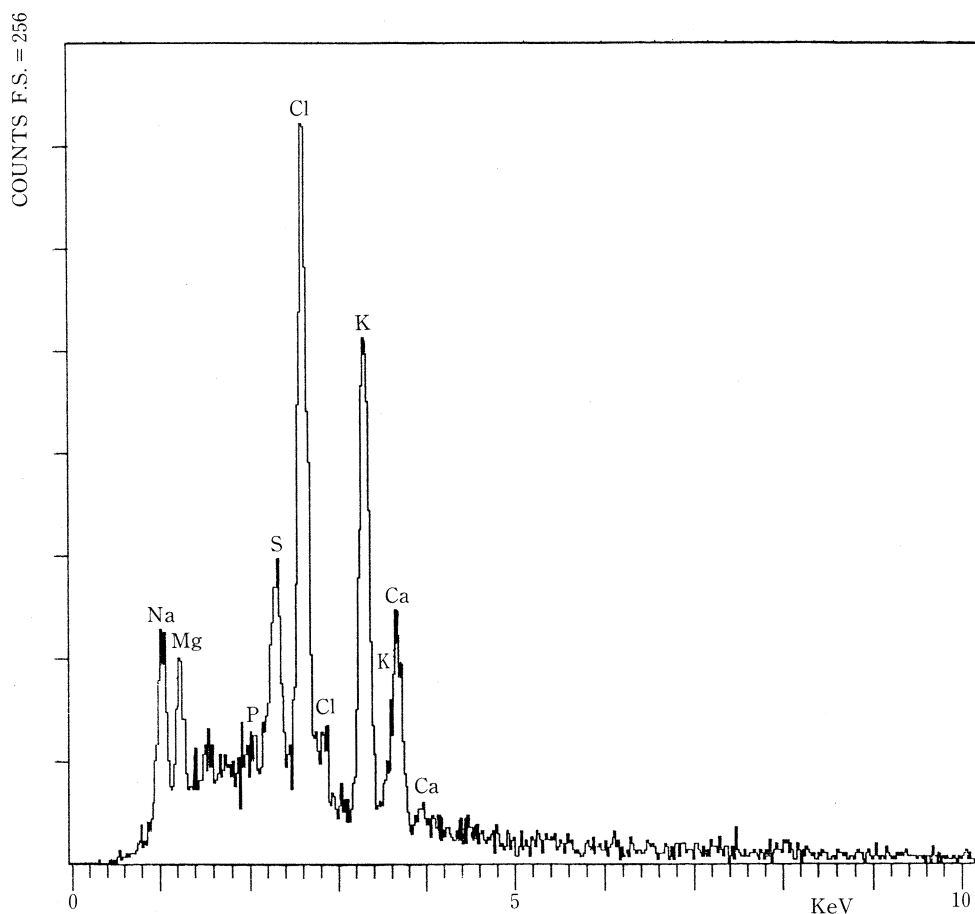


Fig. 9 X-ray microanalysis of the fractured in base part of sorus of fresh tangle.

中間部や基部に比べて、先端部がやや低かったがその差は僅少であった。また、子嚢斑部と他の組織では数値に大きな違いは認められなかった。

筆者はマコンブにおける Na の存在状態を電顕組織化学的に検出するため、オスミウム酸固定液にアンチモン酸カリ (potassiumantimonate) 反応試薬を加えて、固定と Na 沈澱を同時に行う方法を試みた (奥田 1985)。その結果、透過型電子顕微鏡観察によると、微小繊維からなるマコンブの最外層の細胞壁に Na が電子不透明な沈澱粒子として認められた。沈澱粒子の大きさは細胞壁の外側に位置するものより、内側に位置するものの方がその径が小さかった。子嚢斑の断面での観察では、細胞内の葉緑体の表面に電子密度の高い Na の沈澱物が観察された。Na は酵素活性化に影響し、生理機能との関連性の高い元素の一つであることが分かる。

Cl の分布は、子嚢斑の部位による違いが認められ、子嚢斑先端部<子嚢斑中間部<子嚢斑基部の順に Cl の値が低かった。子嚢斑先端部と基部を比較すると、基部の方が約1.4倍高い数値を示し、中間部は先端部と基部の丁度中間の値を示した。表層、皮層細胞は子嚢斑基部に近い数値であった。子嚢斑が形成されていない試料でも、最外層の細胞壁がやや低い傾向がみられたが、同じ組織同志では非常に近似した数値であった。

Kの分布は、子嚢斑部と他の組織ではほとんど差がなく、子嚢斑の部位による差も認められなかった。また、子嚢斑の形成されているものと、形成されていないものの大きな差異も認められなかった。Kは、部位や組織による分布の違いがほとんどないものと考えられる。

3. 乾燥マコンブの組織の違いによる無機成分の分布

乾燥マコンブの無機成分の EDX による分析結果を Table 3（組織別に数ヶ所分析後の平均値）と Fig. 10（最外層細胞壁分析の一例）に示した。

Sの分析をみると、最外層の細胞壁>表層細胞>皮層細胞の順に数値が高かった。生鮮マコンブと同様に最外層の細胞壁は、表層、皮層細胞壁の1.6～2倍の数値であったことから乾燥による変質はほとんどないものと推察される。前報（奥田 1989）では、乾燥マコンブの葉状部を蒸留水中で 90℃ (±2℃), 60分煮熟した場合の無機成分の溶出率と葉中残存量を報告したが、水煮した場合にもやはり、最外層のSの残存量が他の組織に比べて高い数値を示した。

Ca は、組織の違いによる差異はほとんど認められなかった。生鮮マコンブと比較した場合も数値的な違いはほとんどみられなかった。前述のように Ca は水浸漬や煮熟によっても溶出されにくく、多糖類と強い結合状態にあるため、変化しにくいものと考えられる。

Mg は Ca と同様、最外層の細胞壁から皮層細胞にかけて組織の違いによる大きな差はほとんどみられなかったが、煮熟（90℃ で60分）によって50%近くが溶出する。

Pは、組織の違いによる差異は僅かで、組織内にほぼ均一に分布しているものと考えられる。生鮮試料に比べて乾燥試料の方がやや数値が高い傾向がみられたが、両者の違いは僅かであった。

Table 3. X-ray energy intensity of inorganic elements in the dried tangle.

The parts of cell wall	X-ray energy intensity of inorganic elements						
	S	Ca	Mg	P	Na	Cl	K
The outer layer cell wall	140	51	42	58	56	277	279
The epidermal cell wall	87	58	42	50	55	205	274
The cortical cell wall	55	40	35	64	50	198	202

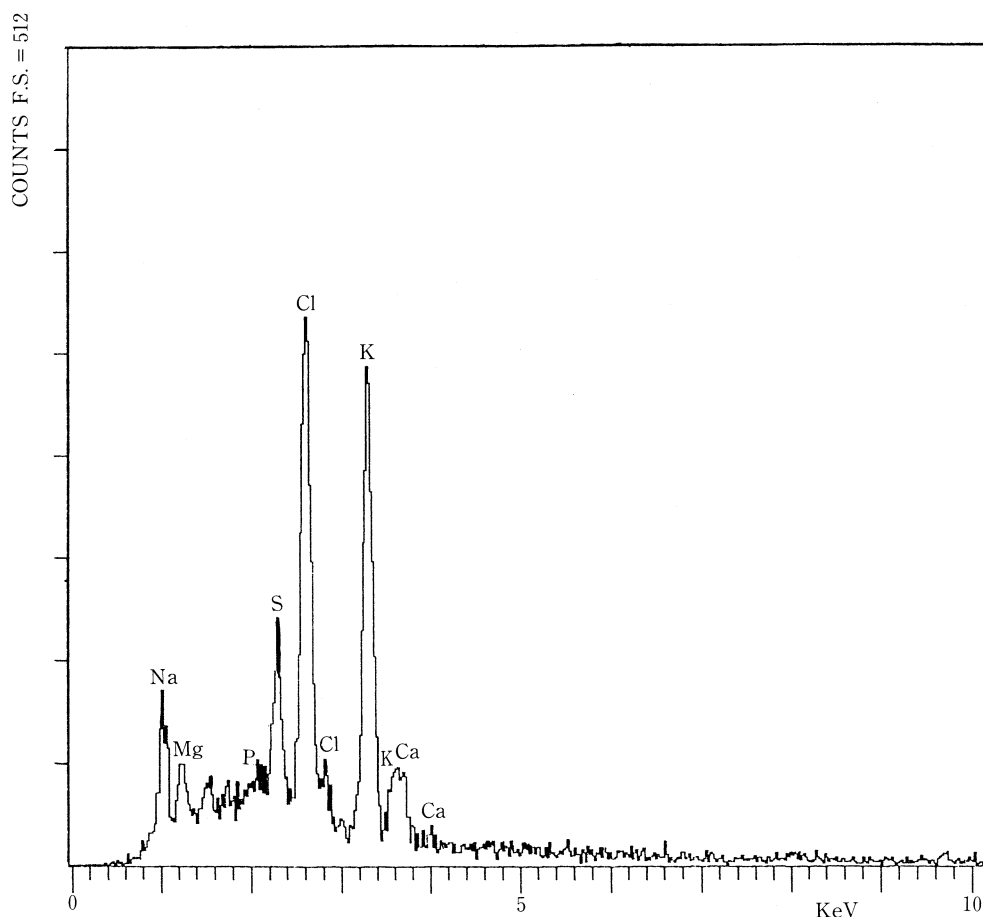


Fig. 10 X-ray microanalysis of the fractured outer layer cell wall in dried tangle.

Na は、生鮮試料では内部の組織が高く、外部の組織が低い数値を示したが、乾燥試料では組織の違いによる顕著な差はみられなかった。これについては今後さらに再検討を要する。Na は溶出し易い無機成分で煮熟（90°C, 60分）によって約80%近くが溶出する。

Cl, K については、外層部が高く、内層部が低く、分布に偏りがあるようにみえる。しかし、Cl の含有量が 16.968 mg%, K の含有量が 8.978 mg% で、Table 3 のように Cl, K の数値が高くなると Kurihara ら（1989）によると、一般的に生物試料の EDX 分析で、Lambert Beer's law に従うのは約 0.2 M 以下であると述べていることから、含有されている無機成分のモル数からも、EDX 分析のピークの高さは必ずしも定量性を反映していないと考えられる。従って、Cl, K についてはエネルギー分散型X線分光器等による微小部X線分析の方がより適

当と推察される。Cl, K は煮熟 (90°C, 60分) によって約80~90%が溶出する最も溶出し易い無機成分である。

藻類の成長, 増殖のためには炭素, 水素, 酸素の他に13~15種類の元素が必要とされている。海水中には約45種類の元素が存在し, 主な塩類イオン等は Cl, Na, Mg, Ca, K, SO₄, HCO₃, および CO₃ でこれらはかなり高濃度に存在している。藻類に必要な養分は海水中から体の全面を用いて摂取するが, 栄養素の取り込みは, 各々の栄養塩イオンごとに特異的なエネルギーを必要とする細胞膜上の透過酵素系によって行われていると考えられている。

今回の分析結果から, 藻体の部位や組織の違いによって, 無機成分の種類や含有量が異なり, 藻体の発育, 生殖生理上から必要に応じて, 海水中の元素等を選択摂取し, 蓄積しているものと考えられる。

IV 要 約

天然マコンブ (*Laminaria japonica* Areschoug) の生鮮試料と乾燥試料を用い, 子嚢斑の形成されているものと, 形成されていないものの部位や組織の違いによる無機成分の分布状態(細胞壁)を EDX によって分析し, 次の結果を得た。

1. 様々な生理活性が期待される fucoidin (褐藻類多糖) の存在する場所は, S との関連性が非常に高く, S 値を測定することによって, 容易にその分布度を知る事が出来る。
2. S は, 藻体の部位や組織の違いによって, 分布に大きな偏りが認められた。
3. S は, 子嚢斑の形成されていないマコンブは粘液腔道>最外層細胞壁>表層細胞>皮層細胞の順に数値が高かった。

子嚢斑の形成されているマコンブでは, 子嚢斑先端部>子嚢斑中間部>子嚢斑基部>表層細胞>皮層細胞の順に数値が高かった。

4. Na の分布は, 生鮮マコンブでは内部の組織がやや高く, 外部の組織がやや低い傾向がみられた。
5. Cl の分布は, 子嚢斑先端部<子嚢斑中間部<子嚢斑基部の順に値が低かった。

終りに, 実験に御協力を頂きました広島大学原爆放射能医学研究所・佐藤幸男教授に深く感謝申し上げます。

引 用 文 献

奥田弘枝, 広島女学院大学論集, 1989, 39 : 193.

- 森 宏枝. 海藻の生化学と利用. 1983. 33. 日本水産学会編. 恒星社厚生閣. 東京.
- 奥田弘枝. 昭和57年度・日本藻類学会研究発表要旨集. 1982.
- 奥田弘枝. 広島女学院大学論集. 1983. 33 : 251.
- 奥田弘枝. 広島女学院大学論集. 1984. 34 : 215.
- 奥田弘枝・中川禎人. 日本調理科学. 1987. 20(4) : 75.
- 中川禎人・奥田弘枝. 昭和63年度・日本調理科学会研究発表要旨集. 1988[Ⓐ].
- 奥田弘枝. 広島女学院大学論集. 1988[Ⓓ]. 38 : 211.
- 野田宏行. 海藻の生化学と利用. 1983. 33. 日本水産学会編. 恒星社厚生閣. 東京.
- Darley, W. M. 藻類の生理生態学. 1987. 49. 手塚泰彦・渡辺泰徳・渡辺真利代共訳. 培風館. 東京.
- 佐藤孜郎・丹原 敬. 日水誌. 1980. 46(6) : 749.
- Ohmori, T. Biological Journal of Okayama University. 1967. 13(1-2):53.
- 西林長朗・猪野俊平. 植物学雑誌. 1963. 76(895) : 14.
- 富士川龍郎・阿部尚彦・和田正太. 農化. 1975[Ⓐ]. 49 : 667.
- 富士川龍郎・中島克子. 農化. 1975[Ⓑ]. 49 : 455.
- 西沢一俊. 藻類研究法. 1976. 616. 西沢一俊・千原光雄編. 共立出版株式会社. 東京.
- 伊藤里美. 家政学研究. 1986. 33(1) : 6.
- Bernardi, G. and Springer, G. F. J. Biol. Chem. 1962. 237:75.
- Springer, G. F. Wurzel, H. A. Mcneal, G. M. Ansell, N. J. and Doughty, M. F. Proc. Soc. Exptl. Biol. Med. 1957. 94:401.
- Schuler, W. and Springer, G. F. Naturwissenschaften. 1957. 44:265.
- Yamamoto, I. Nagumo, T. Yagi, K. Tominaga, H. and Aoki, M. J. Exp. Med. 1974. 44:53.
- Yamamoto, I. Nagumo, T. Fujihara, M. Takahashi, M. Ando, Y. Okada, M. and Kawai, K. ibid. 1977. 47:133.
- Yamamoto, I. Nagumo, T. Takahashi, M. Fujihara, M. Suzuki, Y. and Iizima, I. ibid. 1981. 51:187.
- 中沢昭三・黒田浩之・安部史紀・西野武志・大槻雅子・梅崎 勇. Chemotherapy. 1974. 22:1435.
- Ito, H. and Sugiura, M. Chem. Pharm. Bull. 1976. 24:1114.
- Usui, T. Asari, K. and Mizuno, T. Agric. Biol. Chem. 1980. 44:1965.
- 鈴木勇司・山本一郎・梅沢 巖. ibid. 1980. 28:165.
- Conchie, J. and Percival, E. G. V. J. Chem. Soc. 1950. 827.
- O'Neill, A. N. J. Am. Chem. Soc. 1954. 76:5074.
- Côté, R. H. J. Chem. Soc. 1959. 2248.
- Gerrit, T. and Bohdan, B. Analytical Chemistry. 1953. 25(1) : 160.
- 殖田三郎・岩本康三・三浦 昭. 水産植物学. 1967. 81. 恒星社厚生閣. 東京.
- Kurihara, T. Takehara, T. Hirai, K. J. Electron Micros. 1989. 38(6):477.

Explanations of the Figures

Fig. 1 Scanning electron micrographe of the outer layer cell wall (O), epidermal (E), cortical layer cell (CL) and mucilage canal cell (M).

Fig. 6 Scanning electron micrographe of the ascus parts (AP), epidermal layer cells (E), cortical layer cell (CL) and mucilage canal cell (M). a: apex part c: center part b: base part

