



Title	海藻に関する化学的研究：(第1報)「アナアヲサ」の蛋白質に関する研究
Author(s)	高木, 光造; TAKAGI, Mitsuzo
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 1(1), 35-43
Issue Date	1950-12
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/22674
Type	departmental bulletin paper
File Information	1(1)_P35-43.pdf



海藻に関する化学的研究

(第1報) 「アナアヲサ」の蛋白質に関する研究

高 木 光 造 (水産食品化学教室)

CHEMICAL STUDIES ON THE SEAWEEDS.

1. STUDIES ON THE PROTEIN OF THE SEA LETTUCE.

Mitsuzo TAKAGI

(Faculty of Fisheries. Hokkaido University.)

Studies of the protein in the Sea lettuce (*Ulva pertusa Kjellman*) have formerly been made on the amount of crude protein, seasonable change of nitrogen and the amount of cystin. Therefore the author has studied the properties of the protein of the Sea lettuce in detail, and obtained the following results:

1) The amount of crude protein in the Sea lettuce is more than in other seaweeds, and it is 31.55% of the dried matter of the seaweed.

2) The solubility of the protein in the Sea lettuce was estimated by solutions of sodium chloride and sodium hydroxide in various concentrations. And the results showed that 0.5~1.0 N solutions are suitable for the isolation of the protein from the Sea lettuce.

3) Four kinds of proteins were isolated from the Sea lettuce: the water soluble protein I (W. S. P. I) is precipitated in the half saturated ammonium sulphate solution; the water soluble protein II (W. S. P. II) in the $\frac{2}{3}$ saturated ammonium sulphate solution added with 2N acetic acid; Sodium chloride soluble protein (S. S. P.) in the $\frac{2}{3}$ saturated ammonium sulphate solution; and the alkali soluble protein (A. S. P.) in the half saturated ammonium sulphate solution with 2N acetic acid added.

4) The forms of nitrogen of the Sea lettuce powder and of the isolated proteins are determined by the method of Van Slyke. The results showed that the nutritive value of the protein of the Sea lettuce is inferior to that of an edible algae (*Porphyra tenera*).

5) The isoelectric point of the proteins isolated from the Sea lettuce was determined as the following: pH 4.174 (W. S. P. I), 4.325 (W. S. P. II), 3.909 (S. S. P.), 3.920 (A. S. P.) respectively and these values varied distinctly from animal proteins. This difference is due to their constitution: that is to say, the amount of monoamino acid of the Sea lettuce is more than that of the animal proteins, and the diamino acid of the former is less than that of the latter.

6) Solution of the protein isolated from the Sea lettuce was photographed in a spectrograph, and the extinction curve was traced. The curve showed that the wave length of spectrograph at the maximum and the minimum absorption point was 290 mu and 270

mu respectively in all the protein isolated, but the value of $\Delta E_{1cm}^{1\%}$ increased in the following order; the S. S. P., W. S. P. I and A. S. P.

7) The amount of Tyrosine and Tryptophan in the protein isolated from the Sea lettuce was calculated according to Holiday's formula. Tyrosine was 4.92-18.80% and Tryptophan was 0.20-0.89%.

We know that the amount of the iodine in seaweeds is much. It is interesting that the amount of iodine has probably an intimate relation with the amount of Tyrosine in the protein isolated from the Sea lettuce. But this problem will be considered later.

1 緒 言

「アナアヲサ」(Sea lettuce, *Ulva pertusa* Kjellman) は本邦沿岸各地に産する最も普通の海藻で「アヲサ」と稱し、東京灣沿岸では「カワナ」「バンドウアヲ」とも稱する。干漕線附近に最も多いが又干満線間にも干漕線下10數尺のところにも生え岩石、介殻、棒杭其の他あらゆるものに着生する。薄い膜質であるが質は粗糙で大きな皺を有し、縁邊には波皺がある。輪廓は不規則で葉面に大小不同の孔を有つ藍綠色の植物で大き3,4寸から稀に2尺位にも育つものがある。

採取後洗滌乾燥又は之れを粉末として食用に供し、或いは粉碎混和して養鶏飼料として用いられており、諸外國に於てもハワイ、アイルランド並びにアラスカ地方に於ては廣く食用に供せられており、其の利用せられてゐるところも少くない

然るに「アナアヲサ」の蛋白質に關する従來迄の研究は蛋白質含有量¹⁾並びに窒素含有量の季節的變化²⁾及びシスチンの含有量³⁾にとどまるのみである。よつて筆者は「アナアヲサ」に關し各種の試験を行いその結果を報告して参考に供するものである。

2 實驗成績と考察

[1] 「アナアヲサ」の一般成分

函館市外七重濱にて採取せる新鮮物の水分を定量したる後水道水にて洗滌し、塩分、砂礫等を除去して日光にて風乾し、更に100°の水浴乾燥器中にて乾燥したる後粉碎して粉末となし、常法に依り一般分析を行つた。然る後新鮮物に換算して第1表の如き結果を得た。

Table 1. General composition of 「Sea lettuce」

% of fresh matter						% of dry matter				
Water	Ash	Crude Fat	Crude Protein	Crude Fiber	Soluble non N-compound	Ash	Crude Fat	Crude Protein	Crude Fiber	Soluble non N-compound
72.26	3.93	0.08	8.75	1.76	13.22	14.20	0.29	31.55	6.36	47.60

上表中粗蛋白質量は全窒素の定量値に係數を乗じ、又可溶性無窒素物は以上の分析値の差を以て表わした。之れより「アナアヲサ」は他の藻類に比し窒素を比較的多く含み、粗蛋白質として31.55%を含有することを認め得た。

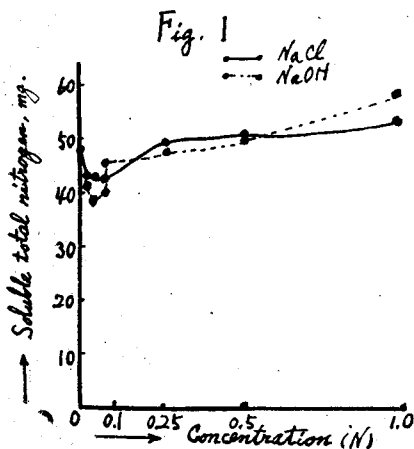
〔2〕「アナアヲサ」の各種溶媒に対する溶解度

海藻中に存在する蛋白質は一種のものでなく、異なつた幾種かの蛋白質より成立つてゐる事は既に田所、安部及び吉村三氏¹⁾により證明されているが「アナアヲサ」より蛋白質を分別調製するに先立ち各種濃度の溶媒に対する溶解度を求めてみた。即ち新鮮なる海藻 10g をとりよく磨碎したる後之に 100c.c の各種濃度の溶媒を加え振盪攪拌したる後一夜放置し、遠心分離して上澄液 20c.c をとり、その中の窒素を定量して溶出せる窒素量を求めた。第 2 表及び第 1 圖はその結果を示したものである。

Table 2. Solubility of Sea lettuce on the several solvents.
Total-N in fresh matter 10g; 140.0mg.

Concentration (N)		0	0.01	0.025	0.05	0.1	0.25	0.5	1.0
NaCl	Soluble total-N mg.	48.04	42.89	42.89	42.89	42.89	49.30	52.71	54.48
	Soluble total-N / Total-N %	34.31	30.63	30.63	30.63	30.63	35.21	37.65	38.91
NaOH	Soluble total-N mg.	48.04	41.77	37.05	39.08	43.79	47.16	52.56	59.09
	Soluble total-N / Total-N %	34.31	29.83	26.46	27.91	31.27	33.68	37.54	42.20

以上の結果により「アナアヲサ」中には可溶性の窒素が相当量含有せられてゐることが知られる。而して NaCl の場合には、その稀釋溶液に於て溶解度は減少したが、0.1N までは恒量を保ち、それより濃度の増大につれて次第に溶解度を増加し、又 NaOH の場合に於いてその稀釋溶液にあつては溶解度を減少し、



0.025N の時に最小量を示したが、それより濃度が增大するにつれて溶解度が増加したことを認めたのである。よつて「アナアヲサ」より蛋白質を分別調製する場合には溶媒の至適濃度は 0.5~1.0N であると思はれる。

〔3〕「アナアヲサ」より蛋白質の分別調製 (第 2 圖参照)

A. 水溶性蛋白質の分別調製

新鮮物 500g に蒸溜水 1L を添加し、2 時間攪拌して氷室に 24 時間放置したる後 1cm のパルプ層にて吸引濾過し、淡綠色を呈せる微混濁液 1.1L を得た。その全窒素は 0.599g であつて、新鮮物 500g 中の全窒素 7.0g に對して 8.55% であつた。これに飽和硫安溶液を等量加えて硫安^{1/2} 飽和となし、生成せる沈降物を 1 日間放置して上澄液をサイフォンにて分ち、次いで遠心分離して得られた沈降物を 10 日間透析したる後アルコール、エーテルにて處理し眞空デシケーター中で乾燥し水溶性蛋白質 I 0.67g を得た。上澄液 1.1L に更に飽和硫安溶液を加えて硫安^{2/3} 飽和となし 2N 醋酸 50c.c. を加えて pH4.0 とし生じたる沈降物を 1 日間放置後上澄液をサイフォンにて分ち、次いで遠心分離して得られた沈降物を前記同様透析、脱水、乾燥して水溶性蛋白質 II 0.25g を得た。

B. 塩類可溶性蛋白質の分別調製

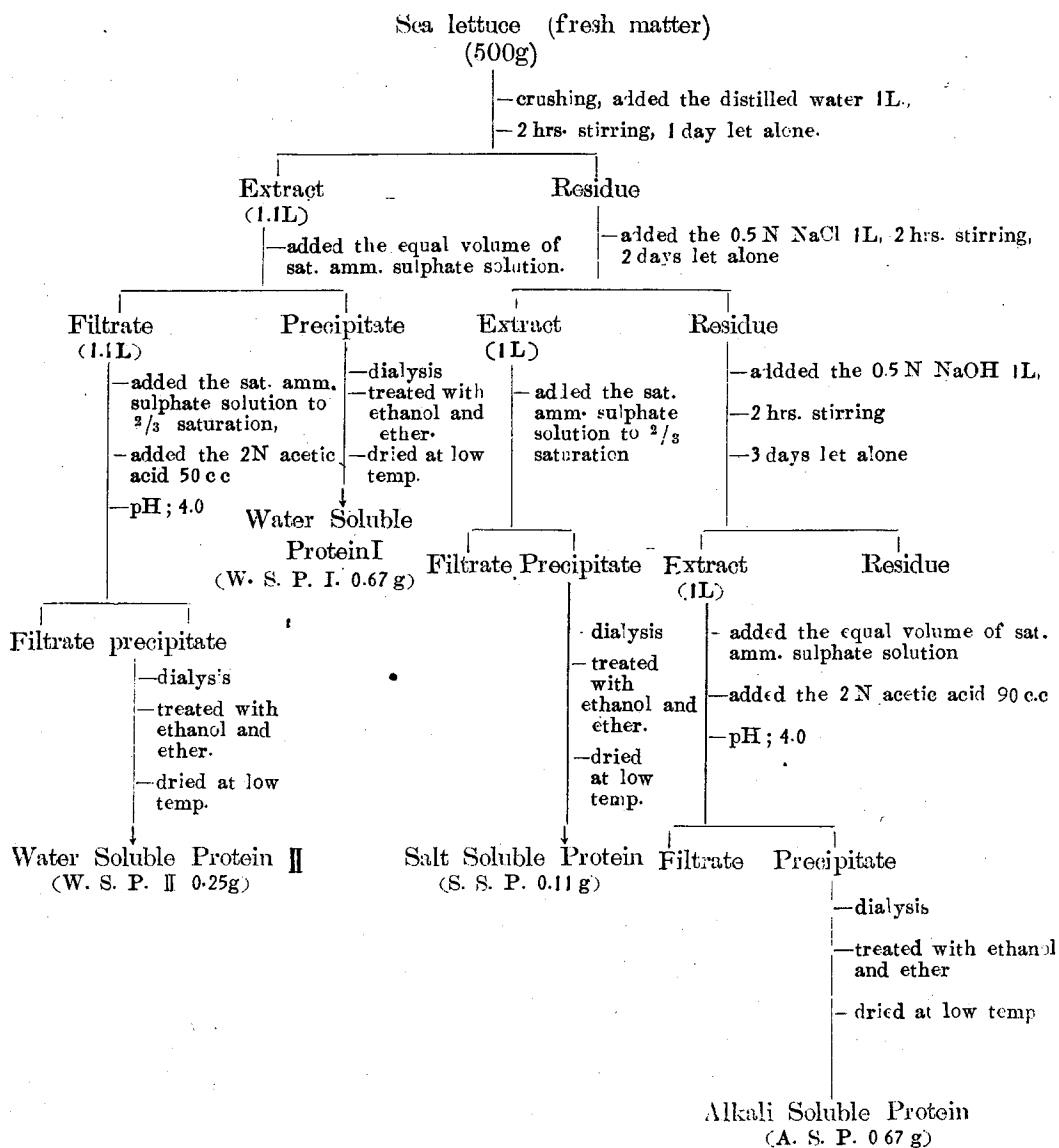
蒸溜水不溶残渣に 0.5N NaCl 1L を添加し、2 時間攪拌したる後氷室にて 2 日間放置し、その後 1cm のパルプ層にて吸引濾過し、微混濁液 1L を得た。その全窒素は 0.616g にして全窒素に對して 8.80% であつた。これに飽和硫安溶液を加えて硫安^{2/3} 飽和として生成せる沈降物を 1 日間放置して上澄液をサイフォンにて分ち遠心分離して得られた沈降物を前記同様處理して塩類可溶性蛋白質 0.11g

を得た。

C. アルカリ可溶性蛋白の分別調製

上記塩類溶液不溶残渣に 0.5N NaOH 1L を添加し、2 時間攪拌したる後、氷室に 3 日間放置し、その後前記同様濾過し混濁液 1L を得た。その全窒素は 0.801g にして全窒素に對し 11.44% であつた。これに飽和硫酸溶液を等量加えて硫酸 $1/2$ 飽和とし 2N 醋酸 90c.c. を加えて pH4.0 とし生じたる沈降物を前記同様處理してアルカリ可溶性蛋白 0.67g を得、第 2 圖に以上を圖示した。

Fig. 2. Isolation of the proteins from the Sea lettuce.



これらの分別調製蛋白質の収量並びに性状を比較すれば第3表の通りである。

Table 3. Yield and nature of the proteins isolated from the Sea lettuce.

Sample	Yield g	Colour	Water %	Nitrogen (drymatter) %	Biuret reaction	Xantho-protein reaction	Millon reaction	Adamki-ewitz reaction	Sakaguti reaction
W. S. P. I	0.67	Olive Buff	16.47	16.089	++	+	+	+	++
W. S. P. II	0.25	Olive Buff	16.11	16.057	++	+	+	+	++
S. S. P.	0.11	Dark Citrine	11.51	15.982	++	+	+	+	++
A. S. P.	0.67	Light Browish	5.01	12.113	++	+	+	+	++

〔4〕「アナアヲサ」蛋白質の窒素の形態。

上記の方法にて分別調製せる蛋白質中収量の多かつた水溶性蛋白質Iと、アルカリ可溶性蛋白質、及び「アナアヲサ」乾燥粉末に就き常法により加水分解したる後 Van Slyke 氏法により各種形態の窒素を定量した。第4表はその實驗結果を示したものである。

Table 4. Nitrogen forms of the Sea lettuce

N-forms	% of dry matter	% of protein isolated (dry matter)		% of nitrogen dissolved in boiled HCl		
	Sea lettuce Powder	W. S. P. I.	A. S. P.	Sea lettuce powder	W. S. P. I.	A. S. P.
Total-N	5.048	16.089	12.133	—	—	—
N.undissolved in boiled HCl	0.178	0.127	0.245	—	—	—
N. dissolved in boiled HCl	4.870	15.962	11.888	—	—	—
Amide-N	0.380	2.780	1.205	7.802	17.416	10.136
Humin-N	0.150	0.201	0.285	3.080	1.258	2.397
Total-N in form of bases	0.923	3.021	1.978	18.952	18.938	16.638
Amino-N in form of bases	0.484	1.699	1.078	9.938	10.644	9.067
Arginine-N	0.553	1.638	1.084	11.355	10.261	9.118
Histidin-N	0.037	0.141	0.129	0.759	0.883	1.085
Lysin-N	0.212	0.820	0.632	4.353	5.137	5.316
Cystin-N	0.121	0.422	0.133	2.484	2.643	1.118
Total-N in filtrate from bases	2.666	9.682	8.312	54.743	60.656	69.919
Amino-N in filtrate from bases	2.536	9.331	7.983	52.073	58.457	67.151
Total	4.119	15.684	11.780	84.579	98.268	99.090

第4表より「アナアヲサ」粉末(乾物)の全窒素中約96%が加水分解によつて可溶性の形となり、その可溶性窒素の7.8%がアンモニア態窒素、3.0%がヒューミン態窒素、18.9%が塩基態全窒素、54.7%がモノアミノ態窒素にして塩基性窒素の半量以上のものがアルギニン態窒素にして、リジン態窒素、シスチン態窒素これに次ぎ、ヒスチデン態窒素は最も少かつた。水溶性蛋白質Iにありては塩基

Table 5. The isoelectric point of the proteins isolated from the Sea lettuce.

Composition of the Buffer solution						W. S. P. I.		W. S. P. II		S. S. P.		A. S. P.	
0.05N NaOH c.c	0.1 N NaOH c.c	0.2 N acetic acid c.c	Water	96 % ethanol	pH determined	Total-N in 2c.c; 1.344mg	pH of filtrate	Total-N in 2c.c; 1.346mg	pH of filtrate	Total-N in 2c.c; 1.414mg	pH of filtrate	Total-N in 2c.c; 1.150mg	pH of filtrate
						Precipitated protein-N. mg.		precipitated protein-N. mg.		precipitated protein-N. mg.		precipitated protein-N. mg.	
2	0	4.0	1	2	3.435	0.463	3.777	0.311	3.860	0.871	3.762	0.873	3.771
2	0.2	3.8	1	2	3.650	0.672	3.883	0.463	3.976	0.974	3.868	1.007	3.872
2	0.4	3.6	1	2	3.860	0.873	3.980	0.738	4.100	1.009	3.909	1.075	3.920
2	0.6	3.4	1	2	4.135	0.940	4.174	1.119	4.235	0.946	3.989	0.940	4.032
2	0.8	3.2	1	2	4.300	0.906	4.200	1.209	4.325	0.806	4.115	0.806	4.168
2	1.0	3.0	1	2	4.595	0.672	4.453	0.939	4.474	0.608	4.320	0.608	4.350
2	1.2	2.8	1	2	4.700	0.537	4.511	0.738	4.532	0.537	4.400	0.537	4.422
2	1.4	2.6	1	2	4.875	0.389	4.640	0.537	4.661	0.403	4.530	0.389	4.552
2	1.6	2.4	1	2	5.025	0.268	4.738	0.389	4.760	0.336	4.623	0.268	4.650
2	1.8	2.2	1	2	5.145	0.134	4.821	0.233	4.845	0.233	4.705	0.134	4.731
2	2.0	2.0	1	2	5.335	0	4.930	0	4.951	0.134	4.815	0	4.843

熊窩素が多く、モノアミン熊窩素は比較的少かつたが、アルカリ可溶性蛋白質にありては前者に比し、塩基熊窩素が少くモノアミン熊窩素は比較的多少かつた。何れの蛋白質に於ても塩基熊窩素の半量以上のものがアルギニン熊窩素にしてリジン熊窩素これに次ぎヒスチジン熊窩素は最も少かつた。これを以て「アナアサ」蛋白質の栄養価を論ずるに「アサクサリ」蛋白質には及ばないが、かなりな栄養価を有するものと思われる。然し乍らもとより海藻の蛋白質の栄養価は消化の難易によるものであるから海藻の消化率試験を行つた後に始めてその眞價を明らかにし得る事と思ふ。

〔5〕「アサアサ」蛋白質の等電點

筆者は以上の如き蛋白質の調製法に従つて得た蛋白質に付き蛋白質の等電點を求めた。即ち0.125gの蛋白質を秤取し再溜水を加えてよく攪和後12時間室温に静置し、ほぼ均等に膨化せしめて易溶状態となし、然る後適量量の再溜水と共に25c.c.容のフラスコに移し、更に0.1N NaOH 12.5c.c.を滴加、再溜水を加えて全容を25c.c.となし、蛋白質を溶解せしめて供試蛋白質溶液とした。かくする時はNaOHの濃度は0.05Nである所の蛋白質(0.5%)を得られる、この蛋白質を2c.c.筈採りに一定のpHを有する稀薄なる緩衝液と再溜水を加えて7c.c.となし、更に96%エタノール2c.c.を加えて一夜静置したるとき蛋白質を最大量に析出沈澱せしめる溶液のpHを以て蛋白質の等電點とみなしたのである。第5表並びに第3圖は其の結果を示したものである。

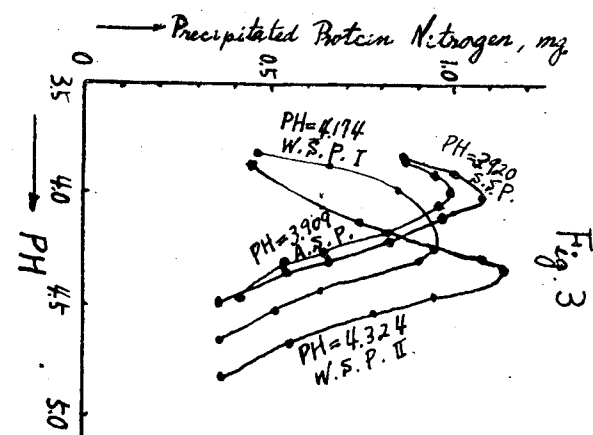


Fig. 3

以てより水溶性蛋白質 I 及び II、塩類可溶性蛋白質、アサカリ可溶性蛋白質の等電點は夫々 pH=4.174, 4.324, 3.909, 4.324 なることを知り得た。而して一般に海藻の蛋白質の等電點が他の蛋白質のそれに比し酸性側にあるのは塩基熊窩素

の含量が少く、モノアミノ態窒素の含量が多いためと考えられる。而して水溶性蛋白質、アルカリ可溶性蛋白質の等電点が夫々異なることは前記窒素の形態より見ても容易に領かれるところであろう。

〔5〕「アナアサ」蛋白質の吸収スペクトル。

「アナアサ」より前記の方法にて調製せる蛋白質につき次の方法にて吸収スペクトル寫眞を撮影し、蛋白質中にチロシン及びトリプトファンの如き環状アミノ酸の有無を検定してみた。即ち秤量瓶に蛋白 18mg をとり再溜水を少量添加して蛋白を充分膨化せしめ、正確に 2 時間後 0.2N NaOH 50cc とほぼ等量の再溜水に溶解して 100cc に充し NaOH 添加後正確に 2 時間して 2cm の容器を用いて吸収スペクトル寫眞を撮影して $\log I/I_0$ を求めた。然る後各試料の水分を定量し、無水物に供試蛋白量を換算し、蛋白 1% 溶液を液層 1cm の容器にて撮影した時の吸光係数 $E_{1cm}^{1\%}$ を算出した。

第 6 表はスペクトル寫眞撮影に用いた蛋白の種類、供試蛋白量、水分、窒素、溶解状態等を示したものである。

Table 6.

Sample	Protein of the Sea lettuce			dissolved state	amount of nitrogen in 100 c.c of protein solutions supplied for isolated from the Sea lettuce mg.	amount of protein supplied for experiment %
	Water %	Total-N (dry matter) %	amount of protein supplied for experiment %			
W. S. P. I	16.47	16.089	0.018	dissolved completely, colourless and transparent, take a photograph by 2cm tube	2.415	0.0150
S. S. P.	11.51	15.982	0.018	the same as the above	2.544	0.0159
A. S. P.	5.01	12.113	0.018	dissolved completely, light-yellow colour and transparent, take a photograph by 2 cm tube.	2.060	0.0170

Fig. 4

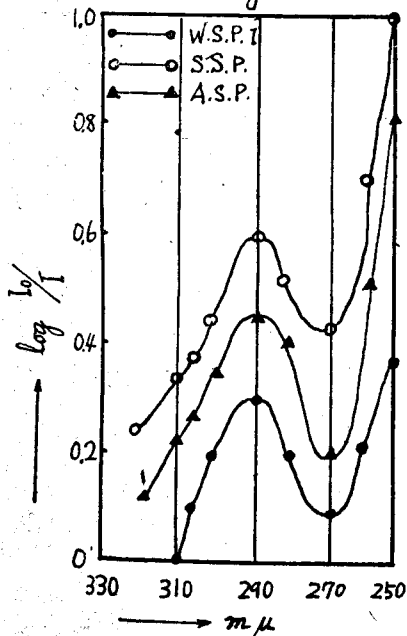
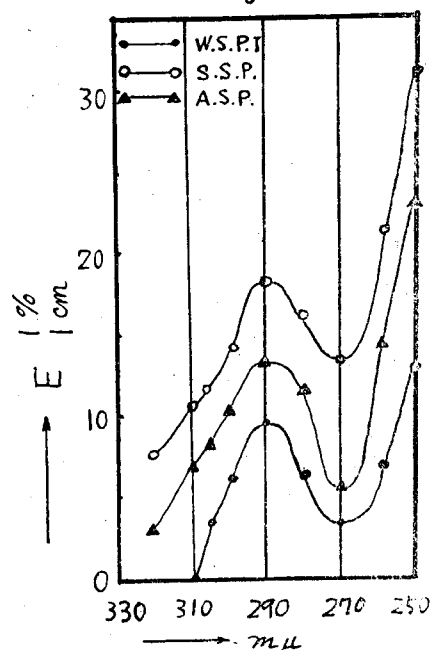


Fig. 5



以上 3 種の蛋白溶液について $\log I/I_0$ 曲線を描いたものが第 4 圖である。之より $E_{1cm}^{1\%}$ 吸光係数曲線に換算したものが第 5 圖である。

第7表は之等の曲線に就いて最大吸収並びに最小吸収を示す點の波長及びその點に於ける $E_{1cm}^{1\%}$ 並びに $\Delta E_{1cm}^{1\%}$ を示したものである。

Table 7.

Sample	Point of maximum absorption		Point of minimum absorption		$\Delta E_{1cm}^{1\%}$
	入 (mu)	$E_{1cm}^{1\%}$	入 (mu)	$E_{1cm}^{1\%}$	
W. S. P. I	290	9.9999	270	3.3333	6.6666
S. S. P.	290	18.8676	270	13.8362	5.0314
A. S. P.	290	13.2349	270	5.8822	7.3527

以上より最大吸収並びに最小吸収を示す點の波長は何れも290mu及び270muにあつたが、吸収の最大點並びに最小點に於ける $E_{1cm}^{1\%}$ の値は夫々 9.99~18.86 及び 3.33~13.83 の如くに相違している。而して $E_{1cm}^{1\%} \max - E_{1cm}^{1\%} \min = \Delta E_{1cm}^{1\%}$ の値は塩類可溶性蛋白、水溶性蛋白 I、アルカリ可溶

性蛋白の順に大となることを認めたのである。

更に又 Holiday⁵⁾ が 1936 年に提出した次式に従い供試蛋白中のチロシン及びトリプトファン含量を算出すれば第8表の如くである。

$$M_1 = 1.0 E_{305} - 0.092 E_{280}$$

$$M_2 = 0.21 E_{230} - 0.288 E_{05}$$

Table 8.

Sample	amount of protein supplied for experiment (dry matter) %	length of liquid layer cm.	Extinction coefficient converted in 1 cm of liquid layer		Concentration of Tyrosine and Tryptophan		amount in 100 c.c of protein supplied for experiment mg.		% of dry matter	
			305 mu	280 mu	M_1	M_2	Tyrosine	Tryptophan	Tyrosine	Tryptophan
W.S.P.I	0.0150	2	0.05	0.10	0.04080×10^{-3}	0.0066×10^{-3}	0.73848	0.13464	4.92	0.89
S. S. P.	0.0159	2	0.19	0.27	0.16516×10^{-3}	0.00198×10^{-3}	2.98939	0.040392	18.80	0.25
A. S. P.	0.0170	2	0.14	0.20	0.12160×10^{-3}	0.00168×10^{-3}	2.20096	0.034272	12.94	0.20

以上より「アナアサ」より分別調製された蛋白中のチロシン並びにトリプトファン含量は夫々 4.9~18.8% 及び 0.2~0.8% にあることがわかる。尙海藻蛋白中のチロシン含量が大なることは海藻中に比較的少量に含まれる沃素の存在と關聯して極めて興味ある事實であるが、この點に關しては今後更に究明してみたいと考えている。

4 要 約

(1) 「アナアサ」の成分を定量した結果によると「アナアサ」は他の藻類に比し窒素を比較的多く含み粗蛋白量(無水物)にして 31.55% 含有することを認めた。

(2) 「アナアサ」の溶媒 (NaCl, NaOH) に対する溶解抽出現象を實驗せる結果によると、全窒素の $1/2$ が水に可溶性窒素にして NaCl, NaOH には共に稀釋溶液に於ては溶解度は減少するが、0.1N より濃度が増大するにつれて却つて溶解度は次第に増加した。故に「アナアサ」より蛋白質を分別調製するには溶媒 (NaCl, NaOH) の濃度は 0.5~1.0N が適當であることを知つた。

(3) 「アナアサ」より蛋白質を分別調製し熱塩酸中にて水解したる後各種形態の窒素を定量した。その結果によると塩基態窒素が熱塩酸可溶態窒素の 16~19%、モノアミノ態窒素が 60~70% な

ることを知り、又塩基態窒素の半量以上のものがアルギニン態窒素なることを確めた。

(4) 「アナアヲサ」粉末を水解したる後同じく各種形態の窒素を定量し全窒素の約96%が水解により可溶性の形となり、その可溶性窒素の7.8%がアンモニア態窒素、3.0%がヒューミン態窒素、18.9%が鹽基態窒素、54.7%がモノアミノ態窒素なることを認めた。而してこの場合にも又鹽基態窒素の半量以上のものがアルギニン態窒素なることを確めた。

(5) 「アナアヲサ」分別調製蛋白の等電點を測定した結果によると水溶性蛋白Ⅰ及びⅡ、鹽類可溶性蛋白、アルカリ可溶性蛋白の等電點は $\text{pH}=4.174, 4.325, 3.909, 3.920$ にて等電行爲をなすことを明らかにした。

(6) 「アナアヲサ」分別調製蛋白の吸収スペクトルを測定した結果によると何れも最大吸収並びに最小吸収を示す點の波長は一致していたが、 $\Delta E_{\text{ion}}^{\text{1\%}}$ の値は鹽類可溶性蛋白、水溶性蛋白Ⅰ、アルカリ可溶性蛋白の順に大となることを認めた。

(7) Holiday の提出した式に従い「アナアヲサ」蛋白中のチロシン及びトリプトファン含量を算出した。その結果によると水溶性蛋白Ⅰ、鹽類可溶性蛋白、アルカリ可溶性蛋白中のチロシンの含量は夫々 49.2, 18.80, 12.94% となり、トリプトファン含量は夫々 0.89, 0.25, 0.20% となることを認めた。

本研究は文部省科學研究費によりて遂行し得たのである。記して文部省に對して謝意を表す。又吸収スペクトル寫眞撮影に當りて種々便宜を與えられた北海道水産試験場技官駒木成氏に謝意を表す。又終りに臨み本報告の御校閲を賜つた本學部教授農學博士、醫學博士村田喜一先生に謹みて謝意を表す次第である。

5 文 献

- (1) 山 村 (1934): 日水誌, 3, (5)
- (2) 富士川 (1932): 朝鮮水試報告
- (3) 田 所、宇賀神 (1933): 北大海藻研究所報告 1.
- (4) 田 所、安 倍、吉 村 (1934): 北大海藻研究所報告 3.
- (5) Holiday (1936): Biochem. J., 30, 1795.

(水産科學研究所業績第43號)