

生育環境がアサグサノリ生理におよぼす 影響に関する研究

敦 賀 花 人

目 次

緒 言	2
実験方法と結果	3
1. 生育環境の調査	3
2. ノリ成分の分析	5
3. ノリ成分含有量の変化の解析	6
考 察	16
1. 生育環境	16
1. 1. 水 温	16
1. 2. 塩 素 量	17
1. 3. 栄 養 塩	17
1. 4. 水 流	17
2. ノリ成分含有量の変化	18
2. 1. 生育場所による変化	18
2. 2. 生育時期による変化	19
2. 3. 年による変化	19
2. 4. 生育場所, 時期, 年の交互作用による変化	19
2. 5. 各成分含有量の相互関係	20
結 語	23
総 括	24
参 考 文 献	25

緒 言

アサクサノリ（以下単にノリと称する）はわが国独特の食品としてわれわれ日本人の日常生活に欠くことのできない水産食品の一つである。その産額は昭和30年以降120~140億円もの巨額にのぼり、カキ、真珠などを含む養殖業の総生産額の70%近くを占めていて¹⁾、生産量では昭和13~22年平均の約70%増²⁾に当たる。これは現在不振な一般沿岸漁業の一打開策として資材改良、人工採苗など養殖技術の開発を背景にノリ養殖が急速に全国各地で行なわれるようになったためである。ノリは需要の所得弾性値が高く、将来も需要の増加が見込まれる商品なのでこの傾向を積極的に助長することが沿岸漁業の構造改善対策のひとつとしてあげられ、このために新しい養殖場の開発が重要視されている¹⁾。この新しい養殖場の開発は農地あるいは沿岸工業地帯造成のための干拓、埋め立てにともなう既存の豊度の高い養殖場の喪失および水質汚濁による生産の減少に対処するためにも緊急のこととされている。

ノリは品質についての吟味がやかましい商品であって、新しい養殖場を開発するに当たってもそこで生産されるノリの品質については充分考慮しなければならない。従来の経験から多くの養殖場は栄養塩の供給が豊かな川口付近の浅海に開発されてきたが、瀬戸内海で新規開発が期待される養殖場の多くは鳥しょ部の栄養塩類の乏しい海面にあり、ノリ品質の低下が問題になる。これまでも環境要因とノリ生産との関係については多くの研究が行なわれてきた。川上³⁾は豊前海各地のノリの生産状況を海底の底質、水流、海水中のリン酸塩、硝酸塩濃度などと対比して観察している。松本⁴⁾は栄養分が多ければ流速はおそくてもよいが、少ない場合には速い必要があり、また水温についても同様で、高い場合には流速が速い必要があり、ノリに対する栄養塩の補給を第一義とする海水の流動が養殖場の構成要因として重要なことを述べている。武居⁵⁾等は豊前海のノリについて、窒素とリン、窒素と水溶性色素の含有量の間には関係があり、海水中のリンと窒素の相対量がノリの品質に影響すると述べている。深井等^{6,7)}は外洋性のノリ養殖場における海水中の栄養塩類の時期的、地域的变化を観察するとともに、そこで生育したノリと内湾性養殖場のノリとの灰分中の無機元素の含有量を比較した。そして栄養塩含量とノリの生育は平均的には密接に関連しているけれども、これを養殖場内に見るならば河川による硝酸塩と未知阻害因子との供給のバランスに支配されていることが推察されると報告している。岩崎等⁸⁾はノリ生長に適する環境条件を、そこに生育するノリの生物的活性度の指標として光合成率を用いることによって比較し、環境の塩素量、干出、水温、海水中の窒素、リン酸含量、炭酸ガス分圧などの影響を検討しており、松川浦についての観察では親潮が流入するとノリの窒素含有量が多くなる傾向を認めて、この養殖場の生産は接岸する栄養塩豊富な親潮に依存すると述べている。佐野⁹⁾は不良養殖場に尿素、硫酸アンモニウム、硝酸アンモニウム、過リン酸石灰を施肥するとノリの色調が向上することを認め、山川¹⁰⁾は採苗地、養殖場、採取時期の明らかなノリを分析して色調と味がそれぞれ含有色素類および全窒素量と関係があることを観察している。また和田¹¹⁾、清水等¹²⁾は海水中のリン酸含有量がノリの生育に関係することを、高山¹³⁾は伊勢湾ノリ養殖場においてはノリの生長と品質とにおよぼす海水比重の影響がそれぞれ異なり、それぞれの影響の競合によって生育と品質が決定されることを推察している。松江¹⁴⁾は品川湾において養殖場の優劣と海水の成分との間に関連性が認められることを報告しており、富士川¹⁵⁾は朝鮮各地のノリ養殖場の海水中の窒素含有量とノリの生育状態とが地域的にも時期的にも一致しないことから「ノリの正常な生育を期するためには海水の交替が迅速に行なわれる限り、普通外海における海水の示す窒素含有量が適当かつ充分である」と結論している。またさらに古くは斉藤¹⁶⁾、松井¹⁷⁾はそれぞれ愛媛県下および東京湾で海水中の窒素量とノリの一般成分との関係を観察している。

このようにこれまでの研究はノリの生長あるいは品質とある二三の特定の成分あるいは要因との関係をとりあげて考察を行なうに止まるものが多く、これらの研究結果をノリ養殖技術の上にかかすまでにはまだまだ解明を要する幾多の問題が残されている。諸種の要因がノリ生育におよぼす影響の有機的連関についてより詳細な知識の集積が必要と思われる。

ノリが生育する環境によって品質に優劣を生ずるのはノリの生理代謝が環境条件の影響を受けて変化し、

その結果成分含有量が変化するためであると考えるが、本研究は沖合で養殖したノリの成分含有量と川口の養殖場で生育したノリのそれとを比較して沖合と川口という環境の相違がノリの諸種の成分含有量にどのような相違となってあらわれるかを明らかにしようと試みたものである。

実験方法と結果

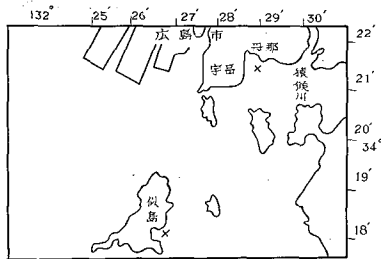
1. 生育環境の調査

川口と沖合の性格を持つ場所として広島市丹那地先と似島とを選び、昭和32~34年度の3冬続けてそこでノリ養殖を行なった。

丹那地先は猿猴川と広島市丹那の下水排出口からの淡水の影響を強く受け、水深は約4mで底質は有機質に富む軟泥である。試験用ひびは丹那船だまりに通ずる水路に設置したが、その東側と沖側は当業者のノリおよび垂下式カキ養殖場になっている。この付近は広島市周辺の養殖場のうちでも品質の良いノリがとれる場所である。似島は淡水の影響はほとんどないと考えられ、設置場所の水深は約3m、底質は砂であってこれまでノリ養殖の試みられたことのない場所である。

両設置場所の海況は、1月の大潮時に行なった潮間連続観測の結果(第1, 2図参照)に示すように著しく

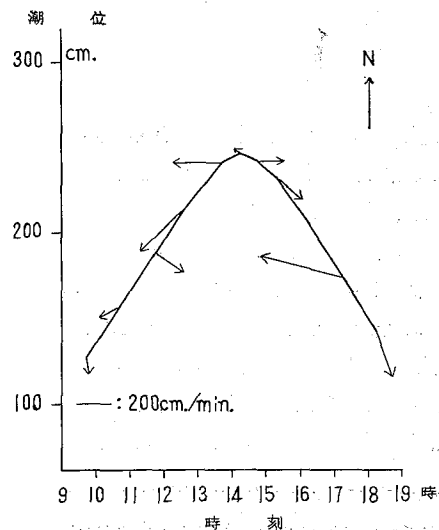
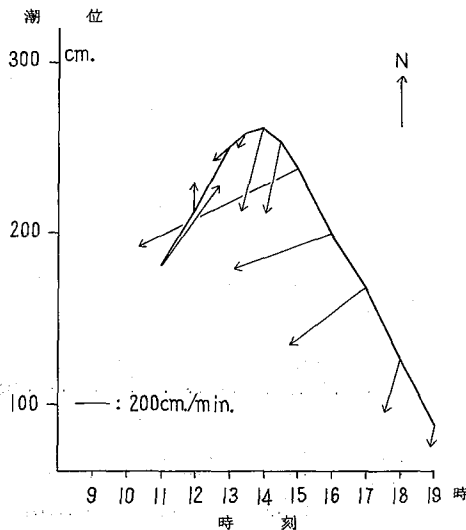
相違しており、丹那地先は似島に比べて水温、塩素量が低く、リン酸塩および硝酸塩含有量は高いが川水の影響を受けるので潮の干満によるそれらの値の変化の巾が広い。このような両設置場所の海況の相違はノリ採取のたびに行なった観測結果にもうかがわれた(第1表参照)。リン酸塩の定量はROBINSON等の方法¹⁸⁾を用い、硝酸塩の定量は第1年目にはRILEYの方法¹⁹⁾、第2, 3年目には海洋観測指針²⁰⁾に従った。流速は水面下30cmに調節した海流板²⁰⁾が5m流れるに要する時間を測定して算出した。



広島湾周辺の見取図

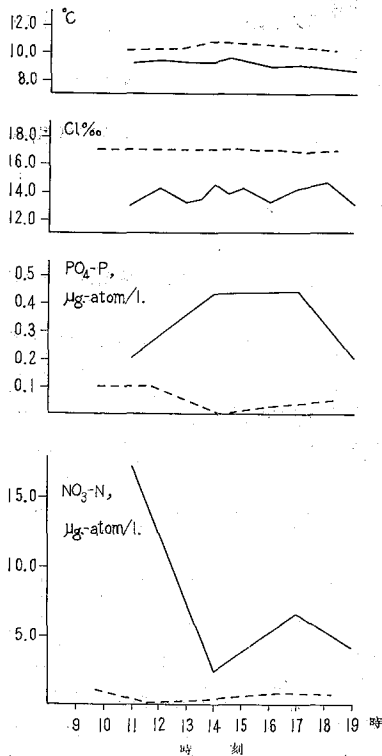
丹那地先

似島



第1.1図 潮時による潮位、水流の変化

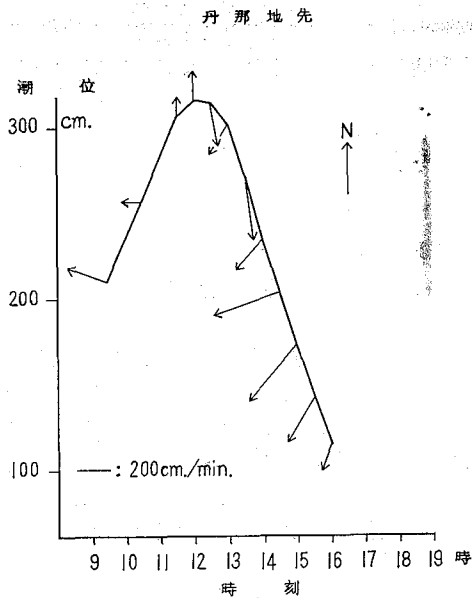
丹那地先：1958年1月27日、似島：1958年1月28日観測



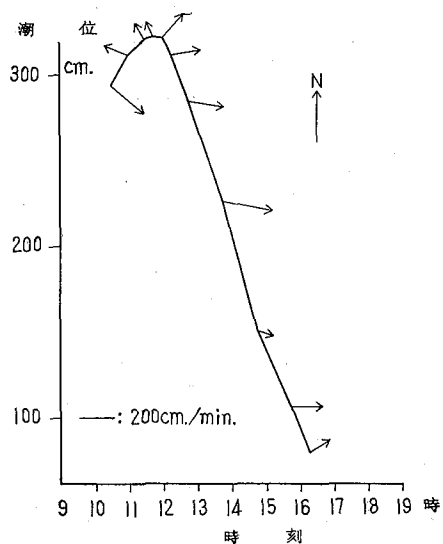
第1.2図 潮時による水質の変化

— : 丹那地先, 1958年1月27日観測
 - - - : 似島, 1958年1月28日観測

なお広島湾のノリには外見的に葉体の細長いものと巾の広いものがあるが、試験に用いた品種は葉体の巾の広いものである。毎年10月中旬、広島市草津地先の種場で割竹ひび(2×1間)に採苗したマルバ型のノリを干潮時約4時間ずつ干出するように水平浮動式に両場所に設置した。養殖中のひびの管理は付近の業者に委託したので、両設置場所のノリの収量を正確に記載することができないが、ノリ採取のたびに観察したところでは、丹那地先での生長の状態は標準あるいはそれを多少上まわる程度、似島ではその½程度と推定される。

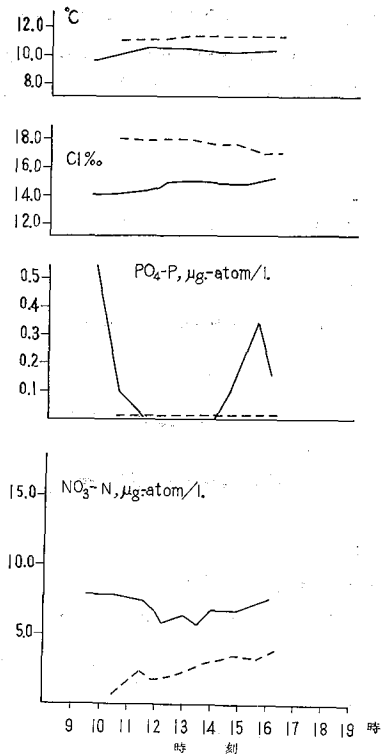


似島



第2.1図 潮時による潮位、水流の変化

丹那地先 : 1959年1月28日観測,
 似島 : 1959年1月27日観測



第2.2図 潮時による水質の変化

— : 丹那地先, 1959年1月28日観測
 - - - : 似鳥, 1959年1月27日観測

加, 氷室中に4日間放置(4日後の色素溶出量が最も大きいことをあらかじめ確かめた)した後, 色素浸出液の560m μ における吸光度(log I₀/I)を測定した。この数値を試料の無水物重量で除した商の1,000倍値をもって試料相互の比較のための相対的な数値としてとてあらわした。

葉緑素: 紅藻類に存在する葉緑素は主としてクロロフィルaとされている²⁵⁾のでその測定を行なった。試料約70mgを精秤, 無水炭酸ナトリウム100mgおよび85%アセトン20mlを加えて搗碎し, 遠沈上澄液の66⁵m μ における吸光度を測定²⁶⁾, 前項と同様に試料無水物重量で除した商の1,000倍値をもって相対的な数値としてあらわした。

灰分: 電気炉中500°C前後で恒量になるまで灰化した。イオウを除く無機元素はこの灰分の除ケイ酸ろ液²⁵⁾について分析した。

ナトリウム, カリウム: 酸素-水素炎を用い, 日立製EPU2型分光光度計によりそれぞれ589, 770m μ の輝線の光度を測定する炎光光度法によった。

カルシウム: 灰分の除ケイ酸ろ液よりシウ酸カルシウムとして分離した後, 過マンガン酸カリウム溶液で滴定して定量した²⁶⁾。

マグネシウム: 上記のシウ酸カルシウムをろ別したろ液からリン酸マグネシウムアンモニウムとして分離した後, そのリンをモリブデン青により比色定量してマグネシウム量を算出した²⁶⁾。

マンガン: 除ケイ酸ろ液について硫酸, リン酸の存在下に過ヨウ素酸カリウムで酸化し, 過マンガン酸イオンの発色を波長530m μ を用いて比色定量した²⁶⁾。

2. ノリ成分の分析

摘採したノリは直ちに水道水, 蒸留水で数回洗滌し, 送風乾燥後, ポールミルで細粉として分析に供した。各成分の分析方法は下記のとおりである。

全窒素: ミクロケルダール法によった。

蛋白態窒素: 試料の熱水抽出液をトリクロール醋酸で除蛋白し, そのろ液中の窒素量を測定, これを全窒素量から差し引いたものを蛋白態窒素とした。

多糖類: ノリに含まれる炭水化物には遊離, 低分子量のものは少なく²¹⁾主として硫酸エステル糖および紅藻澱粉として存在する²²⁾ので, 本実験では2%塩酸による沸騰水浴上逆流冷却下3時間の加水分解によって生じた還元糖をペルトラン法²³⁾で定量し, それをガラクトースとして算出したものをもって一応, 多糖類とみなした。この加水分解の条件は還元糖の収量が最高であることを予備実験によって確かめたものである。

水溶性色素: ノリの水溶性色素にはフイコエリスリンとフイコシアニンが存在するが, 含有量の多いフイコエリスリン^{10,24)}をもって水溶性色素の含有量を代表させた。試料約50mgを精秤, 1%食塩水で搗碎し20mlに定容してトルエンを数滴添

鉄：除ケイ酸ろ液にハイドロキノンを加えて第1鉄塩に還元し、pH3.5におけるオルト・フェナンスロリンによる発色を波長510m μ で比色定量した²⁶⁾。

リン：アミノナフトール・スルホン酸と亜硫酸ナトリウムを還元剤に用い、モリブデン青法により比色定量した²⁸⁾。

ケイ素：灰分より除ケイ酸操作で分離したケイ酸を炭酸カリウム、炭酸ナトリウムの等量混合融剤で溶解後、モリブデン黄比色法²⁹⁾で定量した。

イオウ：PIRIE試薬³⁰⁾で湿式分解して硫酸バリウム重量法で定量した。

以上の分析値は相対値をもって表わした水溶性色素と葉緑素を除き、試料無水物に対する%をもって表わした。分析結果は第1表に示す。

なお、ノリの養殖期間はその年の気象、海況によって伸縮するので、採取した日時にはとらわれずその年の養殖期間を3分して初、中、終期として場所、年別とあわせて時期別にも平均した結果を第2表に示した。

3. ノリ成分含有量の変化の解析

上記の各成分含有量の分析値について生育場所による変化、生育時期による変化、年による変化およびこれらの要因の交互作用効果の有無を分散分析法³¹⁾によって検討した。

丹那と似島という二つの環境要因、昭和32~34年の年要因および初、中、終期と分けた時期要因はいずれも母数模型の因子であるが、各時期内で2~4回採取した試料の分析値を各時期内のくりかえし、すなわち変量模型と考えると各成分の分析値を構成する要因効果の構造模型から、各要因の不偏分散の期待値は次のように表わされる。

要 因	不偏分散の期待値
生育場所 (P)	$\sigma^2_{PSY} + syr \sigma^2_P$
生育時期 (S)	// + pyr σ^2_S
年 (Y)	// + psr σ^2_Y
生育場所と生育時期の交互作用 (P × S)	// + yr σ^2_{PS}
生育場所と年の // (P × Y)	// + sr σ^2_{PY}
生育時期と年の // (S × Y)	// + pr σ^2_{SY}
生育場所と生育時期と年の // (P × S × Y)	// + r σ^2_{PSY}
時期内の差 R (PSY)	//

σ^2_{PSY} は時期内の差の母分散を表わし、p, s, y, rはそれぞれ要因 P, S, Y, R の水準の数を表わす。

したがって各要因の効果の有無はそれぞれの不偏分散をすべて時期内の差の不偏分散に対して検定し、危険率5%と1%で判断した結果を第3表に示す。

また、丹那地先と似島のそれぞれのノリの分析値について個別に生育時期、年およびこれらの交互作用の要因効果の有無を検討したが、この場合の各要因の不偏分散の期待値は下記のとおりとなり、前と同じように時期内の差に対して検定した結果を第3表中にあわせて示す。

要 因	不偏分散の期待値
生育時期 (S)	$\sigma^2_{SY} + yr \sigma^2_S$
年 (Y)	// + sr σ^2_Y
生育時期と年の交互作用 (S × Y)	// + r σ^2_{SY}
時期内の差 R (SY)	//

σ^2_{SY} は時期内の差の母分散を表わし、s, y, r はそれぞれ要因 S, Y, R の水準の数を表わす。

表1 ノリ成分の分析結果* およびノリ採取時の養殖場所の水質

採取月日	成 分											水 質								
	全窒素(N)	蛋白質	多糖類	水溶性色素	葉緑素	灰分	Na	K	Ca	Mg*	Mn.	Fe	P	S	Si	N/P	水.温	塩素量	NO ₃ -N	PO ₄ -P
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(°C)	(%)	(μg-atom N/ℓ)	(μg-atom P/ℓ)
1957 Dec. 27	7.14	5.26	20.26	17.21	11.38	12.74	0.45	4.46	0.13	0.28	0.0028	0.023	0.66	2.15	0.029	10.82	13.6	16.98	3.57	0.35
1958 Jan. 14	7.14	5.44	26.24	18.48	8.00	9.62	0.32	3.05	0.17	0.29	0.26	0.20	0.64	2.06	0.69	11.16	11.6	14.23	14.96	0.13
1958 Feb. 4	7.00	5.11	30.14	14.62	14.13	7.92	0.30	2.38	0.22	0.28	0.29	0.27	0.68	1.64	0.61	10.29	8.5	8.78	13.86	0.71
1958 Mar. 18	6.44	4.81	29.32	9.68	14.03	8.50	0.45	2.45	0.17	0.32	0.26	0.21	0.53	1.50	0.64	12.15	9.5	15.45	0	0.29
1958 Mar. 24	5.65	4.01	36.90	10.54	12.89	7.49	0.49	1.95	0.26	0.35	0.25	0.19	0.51	1.97	0.58	11.08	9.6	14.22	2.64	0.44
1958 Dec. 17	6.41	5.52	42.84	—	14.76	7.98	0.45	2.50	0.27	0.39	0.26	0.14	0.65	2.03	0.20	9.86	14.0	16.51	—	0.62
1959 Jan. 8	6.60	5.56	38.97	—	21.75	7.44	0.27	2.46	0.17	0.37	0.32	0.18	0.71	2.11	0.42	10.24	14.5	17.83	—	0.18
1959 Jan. 14	6.61	5.63	40.53	—	16.09	9.82	0.37	2.76	0.31	0.44	0.63	0.24	0.67	2.26	0.58	9.85	9.5	16.05	3.60	0.19
1959 Jan. 21	6.66	5.66	43.85	—	13.29	7.63	0.45	2.57	0.28	0.36	0.22	0.21	0.72	2.24	0.49	9.18	11.9	11.91	0.67	0.16
1959 Feb. 28	6.46	5.47	43.84	—	13.95	7.73	0.35	2.42	0.23	0.39	0.21	0.16	0.70	2.04	0.54	9.51	9.5	15.44	1.88	0.34
1959 Feb. 4	6.83	5.70	39.96	—	16.54	8.60	0.54	2.71	0.22	0.42	0.21	0.15	0.63	2.04	0.64	10.25	10.5	14.96	6.40	0
1959 Feb. 11	6.30	5.21	43.73	—	13.92	9.59	0.56	2.94	0.20	0.47	0.33	0.18	0.72	2.19	0.52	9.49	8.4	10.62	8.97	0.36
1959 Feb. 18	6.38	5.43	56.15	—	15.27	7.75	0.56	2.31	0.26	0.43	0.38	0.19	0.72	2.03	0.47	8.75	8.9	14.02	6.50	3.68
1960 Dec. 22	7.78	3.74	23.50	14.79	24.37	9.07	0.13	2.55	0.20	0.43	0.33	0.31	1.13	2.14	0.53	6.88	11.5	15.50	8.86	0.68
1960 Jan. 5	7.94	4.25	24.35	18.56	22.02	10.31	0.12	3.72	0.16	0.59	0.29	0.25	0.97	2.19	0.21	8.19	13.6	17.23	3.36	0.36
1960 Jan. 12	8.22	4.85	24.46	16.24	24.77	8.59	0.26	2.48	0.15	0.44	0.34	0.34	1.03	2.11	0.33	7.98	11.2	16.06	4.50	0.81
1960 Jan. 19	7.41	4.74	28.91	10.25	21.56	8.11	0.29	2.25	0.19	0.48	0.33	0.37	0.88	2.02	0.36	8.42	10.7	15.93	3.71	0.22
1960 Feb. 26	6.89	3.78	32.64	14.36	16.55	7.85	0.18	2.95	0.16	0.45	0.31	0.34	0.86	1.97	0.40	8.01	10.5	16.86	5.43	0.74
1960 Feb. 1	6.16	3.76	31.57	10.45	14.48	9.79	0.32	2.94	0.13	0.39	0.31	0.49	0.69	2.09	0.66	8.93	10.5	16.91	6.71	0.71
1960 Feb. 8	6.35	3.19	36.27	14.19	13.77	7.34	0.23	2.18	0.17	0.43	0.27	0.35	0.73	1.85	0.51	8.70	11.3	15.58	6.71	1.97
1960 Feb. 15	5.97	3.74	35.21	9.95	10.16	7.11	0.23	2.12	0.18	0.44	0.30	0.30	0.76	1.97	0.51	7.86	10.1	17.43	6.10	—
1960 Feb. 22	5.27	2.84	38.38	8.47	10.79	7.48	0.15	1.91	0.21	0.45	0.34	0.34	0.66	2.01	0.67	7.96	8.5	15.68	3.29	0.52
1960 Feb. 29	5.68	3.21	32.78	8.87	14.81	7.03	0.23	1.73	0.20	0.45	0.30	0.43	0.65	1.93	1.02	8.74	10.5	17.20	2.84	0.45
1957 Dec. 27	3.52	2.80	39.98	6.80	4.77	17.13	0.90	6.50	0.23	0.38	0.0010	0.015	0.44	1.96	0.069	8.06	13.5	17.46	0.43	0.19
1958 Jan. 14	2.38	1.85	48.76	4.84	5.57	17.57	0.65	6.62	0.30	0.37	0.12	0.19	0.50	2.07	0.84	6.61	12.0	16.94	11.11	0.10
1958 Feb. 4	5.19	3.39	37.03	7.08	10.76	13.23	0.35	4.52	0.24	0.33	0.26	0.19	0.36	1.93	0.91	10.38	9.4	14.27	5.14	0.32
1958 Mar. 18	3.11	2.44	47.31	5.30	6.55	10.26	0.73	2.85	0.27	0.39	0.27	0.13	0.39	2.04	0.72	7.97	10.0	17.46	0	0.23
1958 Mar. 24	2.08	1.66	49.37	2.38	3.55	10.44	0.90	2.43	0.28	0.41	0.20	0.13	0.33	2.07	0.76	6.30	10.7	17.89	1.71	0.31
1959 Dec. 17	2.96	2.36	53.21	3.47	6.39	9.16	0.78	1.90	0.30	0.42	0.25	0.19	0.32	2.04	0.75	9.25	12.3	17.92	2.28	0.06
1959 Dec. 25	3.85	3.33	57.49	—	9.79	9.57	0.37	3.20	0.24	0.41	0.21	0.13	0.46	1.89	0.44	8.37	15.7	18.04	—	0.06
1959 Jan. 8	4.02	3.51	52.41	—	8.49	11.43	0.39	4.02	0.28	0.40	0.25	0.15	0.46	2.05	0.47	8.74	14.5	17.99	—	0.10
1959 Jan. 14	3.73	3.22	54.19	—	8.09	13.72	0.54	5.06	0.24	0.45	0.26	0.12	0.49	1.96	0.53	7.61	12.5	17.76	0	0.16
1959 Feb. 21	3.55	3.04	57.32	—	6.71	13.55	0.57	4.56	0.45	0.49	0.24	0.09	0.48	2.01	0.68	7.40	11.9	12.09	1.90	0
1959 Feb. 28	3.28	2.81	60.14	—	10.05	11.40	0.37	3.92	0.42	0.52	0.42	0.14	0.48	2.43	0.44	7.31	10.4	16.98	0	0.55
1960 Feb. 4	6.26	5.19	40.27	—	7.16	13.00	0.82	4.06	0.42	0.59	0.58	0.14	0.43	1.74	0.88	7.63	11.4	17.92	2.12	0
1960 Feb. 11	4.60	3.94	50.08	—	16.29	9.97	0.36	3.03	0.31	0.43	0.74	0.19	0.72	2.47	0.73	8.69	9.6	15.19	5.20	0.03
1960 Feb. 18	6.00	4.97	46.80	—	13.95	11.01	0.46	3.35	0.32	0.47	1.40	0.27	0.57	2.01	0.76	8.07	10.2	17.39	0.70	1.71
1960 Dec. 22	5.35	3.76	31.90	9.78	16.18	10.00	0.13	3.52	0.28	0.43	0.16	0.18	0.66	2.19	0.82	8.11	14.4	17.87	4.90	0.32
1960 Jan. 5	4.47	2.21	36.20	7.34	10.87	11.98	0.20	4.64	0.20	0.47	0.16	0.22	0.62	2.16	0.57	7.21	13.8	17.91	2.50	0.16
1960 Jan. 12	3.86	2.46	40.50	5.94	8.92	11.38	0.26	3.90	0.21	0.53	0.20	0.21	0.57	2.11	0.78	6.77	12.6	17.77	0.14	0.32
1960 Jan. 19	3.17	1.95	33.18	4.29	7.05	9.57	0.25	2.57	0.25	0.54	0.18	0.16	0.49	2.22	0.68	6.47	11.9	17.90	1.71	0
1960 Feb. 26	2.84	1.98	46.88	4.20	5.47	9.64	0.29	3.06	0.21	0.53	0.42	0.20	0.46	2.11	0.93	6.17	10.7	17.81	0.86	0.22
1960 Feb. 1	2.34	1.51	50.66	1.99	5.12	9.82	0.49	2.82	0.21	0.52	0.35	0.24	0.44	2.12	0.97	5.32	11.1	18.02	0	0.19
1960 Feb. 8	2.72	1.80	48.49	3.19	4.71	7.98	0.21	2.12	0.25	0.55	0.41	0.14	0.45	2.09	0.92	6.04	11.3	17.77	—	0.19
1960 Feb. 15	3.50	2.51	41.19	3.20	5.20	8.15	0.18	2.53	0.21	0.48	0.20	0.18	0.55	2.01	0.42	6.36	10.7	17.91	0	—
1960 Feb. 22	2.75	1.85	46.92	2.98	4.52	7.97	0.25	2.36	0.22	0.50	0.19	0.14	0.47	2.07	0.44	5.85	10.9	17.92	1.30	0.22
1960 Feb. 29	2.50	1.58	48.29	2.21	4.70	8.27	0.27	2.11	0.30	0.54	0.21	0.23	0.43	2.10	1.05	5.81	11.1	17.95	0	0.45

* 水溶性色素および葉緑素を除き無水物に対する%であらわす。
水溶性色素および葉緑素は特定波長における吸光度の相対的測定値であらわす。

表2 ノリ成分の平均値の比較

		丹 那 地 先						似 島							
		平 均 値					標 準 偏 差	変 動 係 数	平 均 値					標 準 偏 差	変 動 係 数
		時 期 平 均			年 平 均	全 平 均			時 期 平 均			年 平 均	全 平 均		
		初 期	中 期	終 期			初 期	中 期	終 期						
全 窒 素	1957	7.14	6.72	5.78	6.55	6.66	0.72	10.88	2.95	4.15	2.52	3.21	3.66	1.12	30.60
	1958	6.76	6.58	6.50	6.61				3.87	3.45	5.62	4.31			
	1959	7.98	6.70	5.64	6.77				4.56	2.77	2.92	3.35			
	時期平均	7.31	6.66	6.00					3.90	3.30	3.83				
蛋 白 態 窒 素	1957	5.35	4.96	4.24	4.85	4.70	0.93	19.86	2.33	2.92	2.01	2.42	2.77	0.98	35.41
	1958	5.74	5.55	5.45	5.58				3.35	2.96	4.70	3.67			
	1959	4.28	3.87	3.26	3.81				2.81	1.81	1.98	2.16			
	時期平均	5.10	4.67	4.33					2.89	2.44	2.67				
多 糖 類	1957	23.25	29.73	37.11	30.03	34.28	6.95	20.28	44.37	42.17	51.29	45.94	47.28	8.19	17.32
	1958	40.27	42.74	39.95	40.99				54.70	60.28	45.72	53.56			
	1959	24.10	32.35	35.46	30.81				36.20	44.80	45.47	42.42			
	時期平均	29.95	35.23	37.55					45.18	49.38	47.02				
水 溶 性 糖 類	1957	17.85	12.15	10.46	13.48	12.69	3.84	30.28	5.82	6.19	2.93	4.98	4.69	2.21	47.01
	1958	—	—	—	—				—	—	—	—			
	1959	16.54	12.32	7.76	12.22				7.69	3.42	2.80	4.51			
	時期平均	17.06	12.26	8.84					6.94	4.34	2.85				
葉 緑 素	1957	9.69	14.08	13.98	12.58	15.65	4.26	27.25	5.17	7.71	4.97	5.95	7.98	3.50	43.87
	1958	17.53	14.59	15.39	15.84				8.79	7.97	13.59	10.12			
	1959	23.72	16.59	11.92	17.33				11.99	5.59	4.81	7.27			
	時期平均	17.89	15.37	13.74					9.09	6.85	8.14				
灰 分	1957	11.18	8.21	7.60	9.00	8.39	1.34	15.95	17.35	11.75	9.80	12.97	11.17	2.56	22.89
	1958	8.41	8.05	7.87	8.11				11.57	12.65	11.36	11.86			
	1959	9.32	8.27	7.21	8.27				11.12	9.25	8.13	9.48			
	時期平均	9.45	8.19	7.56					12.85	10.94	9.76				
K	1957	3.76	2.42	1.99	2.72	2.51	0.60	24.06	6.06	3.69	2.17	4.14	3.57	1.24	34.73
	1958	2.57	2.57	2.30	2.48				4.09	4.18	3.23	3.84			
	1959	2.92	2.43	1.92	2.42				4.02	2.74	2.33	3.00			
	時期平均	3.00	2.47	2.08					4.68	3.43	2.63				
Na	1957	0.39	0.38	0.48	0.41	0.35	0.14	40.23	0.78	0.54	0.84	0.72	0.45	0.23	51.69
	1958	0.36	0.45	0.56	0.46				0.43	0.59	0.44	0.49			
	1959	0.17	0.26	0.23	0.21				0.20	0.31	0.23	0.25			
	時期平均	0.30	0.35	0.41					0.43	0.45	0.46				
Ca	1957	0.15	0.20	0.26	0.20	0.21	0.05	23.24	0.27	0.26	0.29	0.27	0.28	0.07	24.29
	1958	0.25	0.28	0.24	0.24				0.25	0.43	0.29	0.33			
	1959	0.17	0.16	0.20	0.18				0.23	0.23	0.28	0.23			
	時期平均	0.20	0.20	0.23					0.25	0.30	0.27				
Mg	1957	0.29	0.30	0.35	0.31	0.40	0.06	15.00	0.38	0.36	0.42	0.38	0.47	0.07	14.13
	1958	0.40	0.39	0.46	0.42				0.42	0.53	0.46	0.47			
	1959	0.42	0.44	0.44	0.44				0.48	0.54	0.51	0.51			
	時期平均	0.38	0.39	0.43					0.43	0.50	0.47				
Mn	1957	0.0027	0.0028	0.0026	0.0027	0.0031	0.0006	26.98	0.0014	0.0027	0.0023	0.0019	0.0040	0.0056	140.12
	1958	40	21	38	34				24	41	142	69			
	1959	32	31	30	31				17	34	20	25			
	時期平均	0.0034	0.0027	0.0032					0.0019	0.0035	0.0066				
Fe	1957	0.022	0.024	0.023	0.023	0.027	0.009	33.57	0.014	0.018	0.016	0.016	0.017	0.005	26.72
	1958	19	17	23	20				13	11	21	15			
	1959	30	39	36	35				30	19	18	19			
	時期平均	0.024	0.028	0.028					0.016	0.016	0.019				
P	1957	0.65	0.61	0.49	0.58	0.72	0.15	20.97	0.40	0.45	0.33	0.39	0.49	0.10	20.00
	1958	0.68	0.68	0.72	0.69				0.47	0.46	0.64	0.52			
	1959	1.04	0.79	0.69	0.84				0.62	0.46	0.48	0.51			
	時期平均	0.81	0.71	0.65					0.51	0.46	0.50				
S	1957	2.11	1.77	1.98	1.95	2.03	0.14	6.81	2.02	1.99	2.06	2.02	2.09	0.34	16.03
	1958	2.13	2.06	2.04	2.08				1.97	2.06	2.32	2.12			
	1959	2.15	1.98	1.97	2.03				2.15	2.14	2.06	2.12			
	時期平均	2.13	1.96	2.00					2.05	2.10	2.16				
Si	1957	0.049	0.063	0.042	0.051	0.051	0.018	36.07	0.077	0.082	0.076	0.078	0.073	0.019	25.48
	1958	40	56	55	50				48	67	81	65			
	1959	36	48	73	52				72	88	64	76			
	時期平均	0.041	0.054	0.059					0.064	0.079	0.073				
N/P	1957	10.99	11.22	11.82	11.34	9.43	1.96	20.78	7.31	9.18	7.78	8.09	7.44	1.68	22.58
	1958	9.98	9.65	9.77	9.57				8.24	7.45	8.81	8.17			
	1959	7.68	8.52	8.19	8.17				7.36	6.00	6.01	6.41			
	時期平均	9.37	9.49	9.43					7.68	7.19	7.50				

表3 ノリ成分の生育場所・時期・年およびそれらの交互作用による変化の分散分析結果

	場	場所	時	時期	年	場所×時期	場所×年	時期×年	場所×時期×年											
全窒素	+	(400.93)	+	{T N}	{T N}	+	(4.00)	(0.85) (7.00)	+	(7.25)	+	(6.12)	+	(13.43)	{T N}	+	(6.54) (8.88)	+	(2.79)	
蛋白態窒素	+	(214.43)	+	{T N}	{T N}	+	(59.11)	(41.72) (22.62)	+	(5.28)	+	(2.84)	+	(5.50)	{T N}	+	(0.78) (5.88)	+	(2.13)	
多糖類	+	(124.72)	+	{T N}	{T N}	+	(35.46)	(46.73) (11.13)	+	(2.24)	+	(1.06)	+	(8.78)	{T N}	+	(6.34) (4.67)	+	(1.24)	
水溶性* 色素	+	(181.53)	+	{T N}	{T N}	+	(1.99)	(1.47) (0.52)	+	(3.79)	+	(0.40)	+	(0.68)	{T N}	+	(0.58) (4.34)	+	(2.58)	
葉緑素	+	(131.90)	+	{T N}	{T N}	+	(9.60)	(6.86) (7.14)	+	(2.30)	+	(4.37)	+	(12.51)	{T N}	+	(7.32) (6.19)	+	(1.86)	
灰	+	(70.22)	+	{T N}	{T N}	+	(12.52)	(1.33) (16.16)	+	(1.03)	+	(7.55)	+	(6.95)	{T N}	+	(1.51) (6.05)	+	(1.41)	
Na	+	(10.41)	+	{T N}	{T N}	+	(40.84)	(30.79) (22.36)	+	(0.53)	+	(7.56)	+	(2.66)	{T N}	+	(1.25) (2.22)	+	(1.35)	
K	+	(54.94)	+	{T N}	{T N}	+	(8.19)	(0.81) (9.63)	+	(5.18)	+	(3.75)	+	(8.75)	{T N}	+	(1.95) (7.63)	+	(1.78)	
Ca	+	(50.50)	+	{T N}	{T N}	+	(25.42)	(8.62) (18.18)	+	(3.83)	+	(5.42)	+	(5.83)	{T N}	+	(1.77) (9.18)	+	(4.46)	
Mg	+	(60.00)	+	{T N}	{T N}	+	(66.20)	(39.63) (27.09)	+	(5.65)	+	(0.65)	+	(1.17)	{T N}	+	(1.25) (2.55)	+	(2.88)	
Mn	+	(2.92)	+	{T N}	{T N}	+	(10.07)	(1.34) (9.17)	+	(6.78)	+	(7.07)	+	(6.45)	{T N}	+	(1.89) (6.00)	+	(4.91)	
Fe	+	(53.17)	+	{T N}	{T N}	+	(22.04)	(19.62) (3.21)	+	(1.30)	+	(7.62)	+	(1.94)	{T N}	+	(0.66) (2.81)	+	(0.64)	
P	+	(217.63)	+	{T N}	{T N}	+	(42.10)	(31.22) (16.48)	+	(7.62)	+	(9.91)	+	(17.65)	{T N}	+	(7.98) (11.52)	+	(0.84)	
S	+	(2.96)	+	{T N}	{T N}	+	(2.22)	(2.14) (0.74)	+	(3.20)	+	(0.25)	+	(1.72)	{T N}	+	(0.71) (1.56)	+	(0.74)	
Si	+	(18.51)	+	{T N}	{T N}	+	(0.77)	(0.03) (1.18)	+	(0.43)	+	(0.46)	+	(0.78)	{T N}	+	(1.43) (1.42)	+	(2.06)	
N/P	+	(88.69)	+	{T N}	{T N}	+	(44.09)	(52.63) (11.79)	+	(0.72)	+	(5.94)	+	(1.57)	{T N}	+	(2.16) (3.12)	+	(4.07)	
F ₀ 0.01	F ₃₂ ¹	4.15	F ₃₂ ²	3.30	F ₁₆ ²	3.63	F ₃₂ ²	3.30	F ₁₆ ²	3.63	F ₃₂ ²	3.30	F ₁₆ ²	3.63	F ₃₂ ⁴	2.67	F ₁₆ ⁴	3.01	F ₃₂ ⁴	2.67
0.05	F ₂₀ ¹	7.50	F ₂₀ ²	5.34	F ₁₀ ²	6.23	F ₂₀ ²	5.34	F ₁₀ ²	6.23	F ₂₀ ²	5.34	F ₁₀ ²	6.23	F ₂₀ ⁴	3.97	F ₁₀ ⁴	4.77	F ₂₀ ⁴	3.97
*F ₀ 0.01	F ₃₂ ¹	4.35	F ₂₀ ²	3.49	F ₁₀ ²	4.10	F ₃₂ ¹	4.35	F ₂₀ ¹	4.96	F ₃₂ ¹	4.35	F ₂₀ ¹	4.96	F ₃₂ ²	3.49	F ₂₀ ²	4.10	F ₃₂ ²	3.49
0.05	F ₂₀ ¹	8.10	F ₂₀ ²	5.85	F ₁₀ ²	7.56	F ₂₀ ²	5.85	F ₁₀ ²	10.04	F ₂₀ ²	5.85	F ₁₀ ²	10.04	F ₂₀ ⁴	5.85	F ₁₀ ⁴	7.56	F ₂₀ ⁴	5.85

+, +はそれぞれ1%, 5%以内の危険率で有意の差が認められたこと, -は5%以内の危険率では有意差が認められなかったことを示す。

T, Nはそれぞれ丹那, 似島をあらわし, ()内の数値は分散比を示す。

表5 ノリ成分含有量の相関関係

	蛋白質	多糖類	水溶性色素	葉緑素	灰分	Na	K	Ca	Mg	Mn	Fe	P	S	Si
全窒素	{T N}	+(3.45) +(113.07)	+(19.34) +(47.14)	+(18.82) +(76.04)	+(5.86) +(0.47)	-(1.91) -(2.13)	+(8.45) -(0.54)	-(4.00) -(0.00)	-(0.11) -(1.86)	-(2.83) +(8.81)	-(0.17) -(2.62)	+(27.16) +(56.20)	-(2.68) -(4.67)	+(6.16) -(0.04)
蛋白質	{T N}	-(1.66) -(0.03)	+(5.03) +(36.59)	-(0.11) +(40.47)	-(0.97) -(1.05)	+(13.73) -(0.06)	-(2.46) -(0.61)	-(2.31) -(1.22)	-(1.82) -(2.23)	-(0.27) -(1.45)	+(22.56) -(0.24)	-(0.56) +(18.87)	-(1.52) -(3.30)	-(1.55) -(0.31)
多糖類	{T N}	+(1.59) -(1.73)	+(14.61) +(18.96)	-(1.59) -(1.73)	+(9.52) +(0.09)	+(6.57) +(4.78)	+(6.24) -(0.03)	+(18.15) +(12.45)	-(2.05) -(1.03)	-(0.00) -(0.31)	+(4.62) +(6.78)	+(6.25) +(7.25)	-(0.13) -(1.22)	-(0.29) +(8.77)
水溶性色素	{T N}	-(1.19) +(33.08)	{T N}	-(1.19) +(33.08)	+(9.77) -(3.87)	-(0.26) -(0.37)	+(12.47) -(7.00)	-(2.09) -(0.08)	-(2.23) -(3.53)	-(0.02) -(2.73)	-(1.76) -(0.00)	-(2.76) +(9.36)	-(1.54) -(0.03)	-(2.85) -(0.98)
葉緑素				{T N}	-(0.00) -(0.01)	-(2.20) -(3.45)	-(0.00) -(0.29)	-(0.04) -(0.47)	-(3.47) -(0.73)	-(10.50) -(1.23)	-(0.55) -(0.72)	+(24.18) +(42.54)	-(1.64) -(4.19)	-(3.50) -(0.89)
灰分					{T N}	-(0.00) +(8.39)	+(175.34) +(176.41)	-(4.09) -(1.07)	-(4.19) +(4.78)	-(0.02) -(3.34)	-(0.29) -(1.38)	-(0.50) -(0.14)	+(9.21) -(0.55)	-(1.77) -(0.01)
Na						{T N}	-(0.00) -(2.10)	-(6.76) -(2.97)	-(0.49) -(2.68)	-(0.62) -(0.20)	+(8.79) -(1.96)	+(11.62) +(13.13)	-(0.02) -(3.00)	-(0.00) -(0.39)
K							{T N}	-(4.79) -(0.31)	+(5.37) -(4.07)	-(0.15) -(3.94)	-(1.45) -(2.35)	-(0.71) -(0.03)	+(8.46) -(0.84)	-(4.02) -(0.27)
Ca								{T N}	-(0.27) -(0.73)	-(1.35) -(0.88)	+(5.11) +(8.63)	-(3.29) -(0.00)	-(0.02) -(0.00)	-(0.03) -(0.00)
Mg									{T N}	-(15.05) -(2.52)	-(3.83) -(0.28)	+(5.18) -(0.42)	-(0.58) -(0.25)	-(0.31) -(0.73)
Mn										{T N}	+(8.65) -(0.87)	+(22.91) -(0.53)	-(1.49) -(0.02)	-(0.07) +(4.28)
Fe											{T N}	-(2.30) -(3.76)	-(0.65) -(2.65)	-(2.31) +(8.64)
P												{T N}	-(2.00) -(7.90)	-(1.97) -(0.15)
S													{T N}	-(2.04) -(0.02)

この結果は多くの成分に場所、時期、年およびこれらの交互作用による変化が認められたが、特に丹那ノリと似島ノリのこれらの要因による変化の相違が著しかった。

表4 ノリ養殖期間中の広島市の気温、雨量および日射量*

	気温, °C				降水量, mm				水平面日射量, cal/cm ²			
	1957	1958	1959		1957	1958	1959		1957	1958	1959	
10月	上旬平均	17.5	17.3	20.0	上旬	31.3	28.5	82.8	10月	10,531	9,329	10,080
	中旬平均	16.3	19.1	16.3	中旬	7.7	71.7	21.4				
	下旬平均	15.5	13.8	17.1	下旬	14.3	25.2	5.4				
	月平均	16.4	16.6	17.8	計	53.3	125.4	109.6				
11月	上旬平均	12.7	13.7	16.5	上旬	48.3	13.2	51.6	11月	8,380	7,844	7,416
	中旬平均	12.6	12.6	12.0	中旬	1.7	34.9	0.7				
	下旬平均	11.2	9.1	10.5	下旬	13.4	12.4	4.8				
	月平均	12.2	11.8	13.0	計	63.4	60.5	57.1				
12月	上旬平均	7.6	8.7	9.4	上旬	8.2	6.5	36.2	12月	6,696	7,119	6,055
	中旬平均	7.8	8.7	8.0	中旬	31.7	3.4	35.4				
	下旬平均	5.6	7.5	5.7	下旬	9.2	40.5	22.4				
	月平均	6.9	8.3	7.6	計	49.1	50.4	94.0				
1月	上旬平均	4.7	2.0	6.3	上旬	7.9	1.6	12.5	1月	6,625	7,035	6,415
	中旬平均	5.0	1.9	4.4	中旬	36.9	1.5	31.7				
	下旬平均	3.5	6.6	1.8	下旬	23.6	64.4	0.2				
	月平均	4.4	4.0	4.1	計	68.4	67.5	44.4				
2月	上旬平均	3.9	6.9	7.3	上旬	69.4	48.5	3.6	2月	7,887	6,414	8,941
	中旬平均	4.4	8.7	5.3	中旬	1.5	74.2	3.5				
	下旬平均	7.8	7.4	7.8	下旬	4.3	9.9	3.7				
	月平均	5.5	7.7	6.7	計	75.2	132.6	10.8				
3月	上旬平均	5.3	10.5	10.4	上旬	21.7	61.2	20.8	3月	10,559	11,102	10,755
	中旬平均	9.9	6.9	7.9	中旬	50.2	9.9	30.8				
	下旬平均	8.5	10.9	10.3	下旬	53.0	37.4	58.8				
	月平均	7.9	9.5	9.5	計	124.9	108.5	110.4				

* 広島地方気象台観測結果

次に、成分含有量の変化の相互関係は二つの成分の含有量の変化の間に一次相関関係があるかないかを分散分析法で検討した。標本の値、すなわち任意の二つの成分の分析値がそれぞれ $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)$ であるとき

$$\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 = S_x, \quad \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 = S_y,$$

$$\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = C_{xy} \quad \text{とおくと}$$

標本の相関係数は

$$r = C_{xy} / \sqrt{S_x S_y} \quad \text{となる。}$$

この r について

$$F_S = r^2 (N - 2) / (1 - r^2) \quad \text{を算出し、}$$

その値が F 分布の値、 $F_{N-2} \left(\frac{0.01}{0.05} \right)$ より大きいときに危険率それぞれ 1%、5% 以下でこの二つの成分間に一次相関関係があると判定した。このようにして成分含有量の変化の相関関係を丹那ノリと似島ノリのそれぞれの成分について検討した。その結果はすべての成分が何等かの相関を示したが、特に丹那ノリ

の諸成分に数多くの相関関係が認められた。また丹那ノリと似島ノリの諸成分が示す相関の相違にも著しいものがあった。

表6 生育場所による成分量の相関関係

	丹那ノリと似島ノリに共通して相関の認められた成分	丹那ノリにのみ相関が認められた成分	似島ノリにのみ相関が認められた成分
全窒素	水溶性色素, 葉緑素, P	多糖類*, 灰分, K, Si*	蛋白態窒素, Mn, S
蛋白態窒素	水溶性色素	Na, Fe*	全窒素, 葉緑素, P
多糖類	水溶性色素*, Na, Ca, Fe*, P*	全窒素*, 灰分*, K*	Si*
水溶性色素	全窒素, 蛋白態窒素, 多糖類*, K	灰分	葉緑素, P
葉緑素	全窒素, P	Mn	蛋白態窒素, 水溶性色素
灰分	K	全窒素, 多糖類*, 水溶性色素, S	Na, Mg
Na	多糖類, P*	蛋白態窒素, Ca, Fe*	灰分
K	水溶性色素, 灰分	全窒素, 多糖類*, Ca*, Mg*, S	—
Ca	多糖類, Fe*	Na, K*	—
Mg	—	K*, Mn, P	灰分
Mn	—	葉緑素, Mg, Fe, P	全窒素, Si
Fe	多糖類*, Ca*	蛋白態窒素*, Na*, Mn	Si
P	全窒素, 葉緑素, Na*, 多糖類*	Mg, Mn	蛋白態窒素, 水溶性色素, S
S	—	灰分, K	全窒素, P
Si	—	全窒素*	多糖類*, Mn, Fe

*逆相関関係を示す。

考 察

1. 生育環境

4) 松本⁴⁾は瀬戸内海は比較的高温、かつ栄養塩の不足した沖合海水が沿岸を洗っているためにノリ生育にとっては不利な条件にあるが、川口に拓かれた養殖場では川水の影響を受けてこのような欠点がいずれも克服されていると述べている。似島の海況の観測結果は1951年以降、瀬戸内海水産連絡調査³²⁾による内海の各灘の海況に似ており、したがって丹那地先と似島とのノリ生育環境としての性質の相違は、まさに松本のいう沖合海水のタイプと川口海水のタイプとの相違に当たるものといえよう。

ノリ成分の生育場所、時期および年による変化を論ずる際には、当然それと対比して生育環境の諸要因の場所、時期および年による変化を考慮に入れるべきことはいうまでもない。ノリの成分はその葉体の生育期間の環境条件を積算的に反映したものと考えられるが絶えず流動する海水についての観測値は観測した瞬間の値に過ぎない。ことに沿岸浅海では淡水の影響があって潮汐による日内変化が激しいが本研究では各場所について年1回の潮間観測と、1乃至2週間おきの潮時を無視したノリ採取時の観測とを行なったに過ぎず、このような観測値のみを基にしては環境諸要因の時期および年変化を正確に論ずることはできないので本報告では両設置場所の相違を検討するにとどめる。

1. 1. 水 温

養殖期間中の水温は丹那地先では8°~18°C、似島では9°~19°Cの間を上下し、特に丹那地先では潮の干満による変化が大きいたことが特徴的であった。生育盛期の水温はそれぞれ8°~10°C、9°~11°C⁷⁾であって、神奈川泉長井⁷⁾における15°~16°Cに比べればいずれも低い松川浦⁸⁾の2°~4°C、金沢湾¹²⁾、品川

¹⁴⁾ 湾などの 6°C 前後、朝鮮各地の 0°~10°C ¹⁵⁾ に比べるとかなり高く、比較的高温といえよう。水温の高低は栄養の要求量⁸⁾ 同化作用、干出時の生理および葉緑素形成¹⁵⁾ などに影響することが報告されているが、丹那、似島両場所間におけるこの程度の水温の差の影響はそれほど大きいものとは考えられない。

1. 2. 塩 素 量

塩素量変化の傾向も水温と同じように丹那地先では潮時による変化が著しいが、養殖期間中の変化は丹那地先で 9~17%、似島で 15~18%と概括的には丹那地先では一般に低鹹で変化の巾が大きく、似島は高鹹でしかも変化の巾は比較的小さい。ノリ生育の一環境要因として指摘された塩素量¹³⁾ の意義はそれの持つ環境の性格の指標的意義とともにノリ生育に対して塩素量そのものが与える影響¹⁵⁾ という点をも併せて考えなければならぬ。生長と葉緑素含有量におよぼす塩素量の影響⁴⁾、水流が生長におよぼす影響の塩素量による差異⁴⁾ および寄生性、非寄生性の病気に対する抵抗性の塩素量による変化^{33,34)} などについての研究により、ノリは塩素量に対して広範囲の適応性を持つ反面、その影響も受けることが知られており、この場合にも両設置場所の塩素量の相違の影響は無視できないと考えられる。

1. 3. 栄 養 塩

リン酸塩、硝酸塩の観測値の変化は著しく、特に丹那地先では満潮時におけるこれらの値の低下が判然と認められた。しかし、概括的には丹那地先のこれらの栄養塩水準はかなり高い方に属する。これに対して似島海水のリン酸塩、硝酸塩含量は低く、水温、塩素量の値とともに内海の各灘についての観測結果³²⁾ に近いといえる。したがってこの栄養塩の供給状態の違いは生育環境要因中最も大きい相違点として指摘できよう。

MUNK と RILEY³⁵⁾ は葉体の栄養塩吸収量と海水中の栄養塩濃度および流速について次の関係式を提案している。

$$v = (2q/s)^2 \cdot l/\phi^2 \cdot d/k'$$

v : 葉体から十分に離れた位置における水流の葉体に対する相対速度, cm/sec

q/s : 葉体の単位面積当たりの栄養塩吸収量, g/cm²/sec

φ : 葉体から十分に離れた位置における栄養塩濃度が葉体表面における濃度に対して超過する量, g/cm³

d : 葉体の巾, cm

k' : 溶媒の拡散の常数, 水は 4.5×10⁻⁶cm²/sec

いま、試みに巾 4 cm のノリ葉体について、丹那地先と似島の海水中のリン酸塩濃度の平均値（それぞれ 0.61 および 0.23 μg-atom P/l）と、次項に述べる如き両場所における水流の流速の平均値（それぞれ 5.6 および 3.1 cm/sec）とを用いて上式中の q/s、すなわちノリ葉体単位面積当たりの栄養塩吸収量を算出すると丹那地先では 2.4×10⁻¹¹ g/cm²/sec、似島では 0.7×10⁻¹¹ g/cm²/sec となる。すなわち流速という因子も含めた場合のリン供与量は、似島は丹那地先の 1/4 に近い。またこの値はノリ葉体の無水物重量を 1 mg/cm²⁴⁾ とした場合、リン含有量が 0.72% と 0.49%（丹那ノリと似島ノリのそれぞれの平均値）のノリの日生長率をそれぞれ 35% および 17% に維持する値である。これと全く同様にして硝酸塩について試算すると、丹那地先と似島の窒素の吸収量はそれぞれ 1.1×10⁻¹⁰、2.5×10⁻¹¹ g/cm²/sec となり、硝酸塩の葉体吸収量も似島では丹那地先の 1/4 に当たる。また全窒素含有量が 6.66 および 3.66%（丹那ノリと似島ノリの平均値）のノリの日生長率をそれぞれ 15% および 6% に維持することになる。これらの結果は丹那地先と似島における栄養塩濃度、流速の単なる平均値を用いた試算にすぎないが、生長良好な場合の日生長率は約 20% であるという須藤の観察結果³⁶⁾ からみても、両設置場所の栄養塩の供給状態の相違を示すひとつの目安になるであろう。

1. 4. 水 流

両設置場所で大潮時に 2 回ずつ行なった干潮から干潮までの潮間観測による水流の測定値を一応平均して

比較すると丹那地先の 5.6cm/sec に対し似島では 3.1cm/sec であった。

松本⁴⁾ は室内培養により、ノリ生長には低比重海水中では 20cm/sec、貧および富栄養海水中ではそれぞれ、30、10cm/sec、また普通海水で水温 8~10°C では 20cm/sec 前後の流速が適当であることを明らかにしている。富士川¹⁵⁾ も普通海水中、22cm/sec の流速で培養したノリが葉体の面積、重量、全窒素含有量のいずれについてもそれ以下の流速で培養したノリに比べて高い値を示したと報告している。川上⁸⁾ は豊前海各地のノリ養殖場について観測した結果、生産力の高い場所では最大 33cm/sec という速い流速が長時間持続するのに比べて生産力の低い養殖場の流速は 8 cm/sec 前後であったことを述べている。

両設置場所の流速は上述の値のいずれにもおよばないが、いま試みに丹那地先と似島海水のリン酸濃度の平均値 0.61, 0.23 $\mu\text{g}\cdot\text{atom P}/\ell$ を用い、リン含有量それぞれ 0.72%と 0.49% (丹那ノリと似島ノリのそれぞれの平均値³⁵⁾) のノリがそれぞれの場所において日生長率 20%を維持するための流速を前述の MUNK と RILEY の式³⁵⁾ によって算出してみると、丹那地先では 2.2cm/sec、似島では 7.5cm/sec の流速が必要となる。また硝酸塩について同様に試算した結果では丹那地先で 9.9cm/sec、似島では 30cm/sec の流速が必要ということになる。すなわち似島においては特に流速の不足が著しく、似島海水の貧栄養性がおそい流速によってさらに拍車をかけられていることが推察される。

2. ノリ成分含有量の変化

2. 1. 生育場所による変化

丹那地先と似島のノリは一見して品質の優劣が判然としていた。すなわち丹那のノリは漆黒色で光沢に富み、葉体の肉厚く、また柔らかであるのに対して似島のノリは黄色味を帯びた鈍い茶色で葉体は硬くて弾力性に富んでいた。この著しい品質の相違は似島ノリの生長が丹那ノリの $\frac{1}{2}$ 程度であったことからみて丹那ノリの旺盛な生長と似島ノリの停滞的な生長との相違に対応するともいえそうである。要するに丹那と似島の両場所の環境的特徴がそれぞれの場所に生育するノリの生理を通じて、このようなノリ性状の相違となってあらわれたものと考えられる。

分散分析の結果、含有量の場所による差はマンガンとイオウを除くすべての成分について認められた。全窒素、蛋白態窒素、水溶性色素、葉緑素、鉄およびリンは丹那ノリに含有量が多く、多糖類、灰分、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ケイ素は似島ノリに多かった。しかもこれらの成分含量の場所による差の有意性はいずれも危険率 1%以下という高度のものであった。マンガんに場所による差が認められなかったのは似島 2 年目の終期に原因不明の異常に高い値が出現したためと考える。イオウはノリ葉体内では主として窒素化合物および多糖類の構成元素として存在するが、ここでは全イオウとしてのみ定量しており、これには前述の通り場所による差は認められなかった。陸上農作物では窒素の供給が不足すると作物体の窒素含有量が低下して炭水化物含有量が増加することが認められており³⁷⁾、このような現象——上にも記した如く含窒素化合物が丹那ノリに多く、多糖類が似島ノリに多い事実はこのことを示すように思われるのであるが——がノリにおいてもあるとすれば、結果的には窒素化合物と多糖類との両形態のイオウを区別して測定すべきであったかも知れない。全窒素、リンはいずれも丹那ノリに多かったが、窒素対リンの比も丹那ノリおよび似島ノリでそれぞれ平均値 9.43 および 7.44 の如く丹那ノリの方が高いことが判然と認められた。窒素対リンの比はその植物が生育した水界中に存在するところの利用可能な窒素とリンとの比に近似する³⁸⁾ といわれ、これが真であるとすると上記のことは似島ではリンに比べて窒素の供給不足の方が著しいことを示すものの如く思われる。このことは生育環境、水流の項において推察した結果とも一致している。

第 2 表には各成分含有量の変動係数をあわせて示したが、変動係数とは標準偏差と平均値との比であってこれによって各成分含有量のばらつきの大きさが比較できる。全窒素、蛋白態窒素、水溶性色素、葉緑素、灰分、カリウム、マンガン、イオウの変動係数は似島の方が丹那に比べて著しく大きく、似島では上記の諸成分の含有量の変化が激しいことが判る。この原因として似島では栄養塩の供給が乏しいので海況の変化、たとえば栄養塩の僅かな増加などを鋭敏に反映して成分含有量に変化し易いのではないかと考える。このよ

うにノリの生理上重要な、しかも品質の優劣に関係する成分が似島ノリで変動が激しいということは逆に人為的な品質管理の可能性を期待させるものである。

2. 2. 生育時期による差

ノリの品質および二三の成分含有量が生育時期によって異なることは従来からも認められてきたことではあるが、著者の解析によっても多くの成分含有量が時期的に変化することが認められた。丹那ノリと似島ノリとをあわせて分散分析した結果では、ナトリウム、鉄、イオウを除く全成分の含有量に時期差が認められたが、丹那ノリと似島ノリをおのおの個別に検討すると時期的変化の仕方について両者の間にはかなりの相違があった。

すなわち丹那ノリでは全窒素、蛋白態窒素、水溶性色素、葉緑素、灰分、カリウム、リン、イオウが生育の初期から終期にかけて漸減し、多糖類、ナトリウム、マグネシウムが漸増した。似島ノリでは水溶性色素、灰分、カリウムが漸減し、カルシウム、マグネシウム、マンガンが不規則に変化した。水溶性色素とカリウムが丹那地先と似島でともに初期より終期にかけて漸減したことはこの両成分がノリ生理上重要なことから考えて留意すべき現象であろう。全窒素、蛋白態窒素、多糖類、葉緑素、ナトリウム、リン、イオウは丹那ノリでは時期差があるが、似島ノリでは時期差が認められなかった。カルシウム、マンガンは逆に、丹那ノリでは時期差が認められず、似島ノリでは認められた。鉄とケイ素および窒素対リンの比は丹那と似島ノリのいずれについても時期差は認められなかった。

さきに変動係数から観察されたように成分含有量の個々の値の変化は似島ノリの方が丹那ノリよりも激しいが、初、中、終期と時期別に分けて比較すると丹那ノリの方が時期変化を示す成分が多く、しかもその変化の仕方はすべて漸減あるいは漸増という規則的なものであった。丹那地先では全生育期間を通じて安定した栄養塩の供給があると考えられるにもかかわらず、そこのノリの時期変化が、全窒素、蛋白態窒素、水溶性色素、葉緑素、カリウム、リン、イオウなど、一般に植物の生長に与かると考えられる成分の漸減を示したことは、ノリの葉体は随時、摘採されて更新するけれども一冬の全生育期間を通じてみれば漸次老化することを示すものではあるまいか。

2. 3. 年による変化

ノリの豊凶はその年の海況、気温、降雨量などに影響され、著者の経験でも収量、品質の良い場所が同じ川口域の中で年によって移動する例が多い。丹那ノリと似島のノリをあわせて分散分析した結果では水溶性色素、イオウ、ケイ素を除いた全成分および窒素対リンの比に年による差が認められたが、丹那ノリと似島ノリについてそれぞれ個別に分散分析した結果では両者の間でかなり違った様相を呈した。蛋白態窒素、多糖類、葉緑素、ナトリウム、カルシウム、マグネシウム、リンは両設置場所を通じて年による差が認められたが、全窒素、灰分、カリウム、マンガンは丹那ノリでは年差が認められず似島ノリにのみ認められた。また鉄は丹那ノリにのみ年差が認められ、似島ノリでは認められなかった。水溶性色素、イオウ、ケイ素は丹那と似島ノリについて個別に分散分析した結果でも年差は認められなかった。似島ノリにおけるマンガンの年差は第2年目終期の異常な高値のためであり、丹那ノリにおける鉄の年差は第3年目の高い値（この年から始まった丹那海岸の埋め立て工事による付近の海底浚渫が影響しているのではないかと想像される）によるものと考えられるが、概して丹那ノリの方が似島ノリに比べて年差を示す成分が少なかった。丹那地先では栄養塩の供給が豊富で安定しているため海況、気象の年による差の影響が似島に比べてノリの成分含有量の変動としては現われ難いのではないかと考える。なお参考までに広島地方気象台の観測による3年間の冬の気温、降雨量、日照量を第4表に示すが、これらの年変化がどのようにノリの成分含有量の年変化に影響したかは解析し難い。

2. 4. 生育場所、時期および年の交互作用による変化

鳥井ら³¹⁾は“分散分析法で用いられる交互作用は薬物試験で用いられる相乗作用、相殺作用のような一方

向的な力を意味するものではなくて測定誤差でも主要因の効果でもない変動の要因を意味するまったく人為的なもの”と定義している。たしかに分散分析法ではその計算方法からも判るように、たとえば場所と時期の交互作用が、ある場所のある時期という一つの組み合わせにだけあらわれた場合でもその交互作用効果は場所と時期との各水準に均等に配分された形で検出され、それ以上の解析はできない。しかし本実験ではたとえば場所と時期との交互作用とは成分含有量の時期による差が丹那ノリと似島という場所との組み合わせ如何によって変わるかどうかを示すものとして理解できる。

前章、第3節「ノリ成分含有量の変化の解析」で表示したように、丹那ノリと似島ノリの分析値をあわせて分散分析した場合には、場所、時期、年のうちの二つがそれぞれ組み合わせられた交互作用と3要因が同時に組み合わせられた交互作用とがノリ成分含有量の変動に与かり、丹那ノリと似島ノリを個別に分散分析した場合には時期と年の交互作用がノリ成分含有量の変動にあずかる。

丹那ノリと似島ノリの分析値をあわせて分散分析した結果では生育場所と時期の交互作用効果は全窒素、蛋白態窒素、水溶性色素、カリウム、カルシウム、マグネシウム、マンガンおよびリンに認められ、生育場所と年の交互作用効果は全窒素、葉緑素、灰分、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マンガン、鉄、リンに認められた。また時期と年の交互作用効果は全窒素、蛋白態窒素、多糖類、葉緑素、灰分、カリウム、カルシウム、マンガン、リンに認められた。一方、この交互作用は丹那ノリと似島ノリをおのおの個別に分散分析した結果では場所によってあらわれ方が相違した。すなわち全窒素、多糖類、葉緑素、リンには両場所のノリにこの交互作用効果が認められたが、蛋白態窒素、水溶性色素、灰分、カリウム、カルシウム、マンガンおよび窒素対リンの比については似島ノリのみ認められた。そして逆にこの交互作用効果が丹那ノリのみ認められて似島ノリには認められないという成分は存在しなかった。既述のように生育時期による差の認められた成分は丹那ノリに多く、年による差の認められた成分は似島ノリに多かったがこの両要因の交互作用は丹那ノリよりも似島ノリの成分に多くあらわれた。

生育場所、時期、年の3要因の交互作用効果が認められた成分は全窒素、カルシウム、マグネシウム、マンガンおよび窒素対リンの比であった。

これらの交互作用のあらわれ方は概観したところでは何等特徴的な傾向は認められず、また個々の現象の原因の解釈も困難であるが、全窒素、カリウム、カルシウム、マンガン、リンにはほとんどすべての交互作用効果が認められ、一方イオウとケイ素にはあらわれていないことが注目される。

2. 5. 各成分含有量の変化の相互関係

ノリ葉体内にあってそれぞれの生理的役割を果している各成分はその代謝過程を通じて他の成分の消長に關係する。したがってノリの生育環境が一成分の代謝に影響すれば、その成分と代謝的に關係のある、あるいは拮抗する他の成分にも影響があらわれる。両場所のノリに共通して何かある二つの成分の間に相関關係が認められるとすればそれはここに明らかにされた程度の生育環境の相違によっては左右され難い代謝過程に基づくものであり、一方丹那ノリあるいは似島ノリの一方にのみ認められて他方には認められないような何らかの成分間の相関關係が見出されたとすればそれは両生育場所の環境的特徴が代謝の上に強く影響を及ぼしたと考えられる。このような考え方に立って各成分含有量の相関關係について以下に順次検討したい。

全 窒 素

水溶性色素、葉緑素、リンの3成分が丹那ノリと似島ノリに共通して全窒素と高度に相関した。この現象は窒素栄養がノリの色調、ひいては品質に關係するという従来からの観察を裏づけるものである。そのほか、全窒素に対して丹那ノリでは多糖類、ケイ素が逆相関、灰分とカリウムが相関し、似島ノリでは蛋白態窒素が高度に、その他、マンガン、イオウが相関した。

カリウムは灰分中の陽イオン元素の主成分であるからカリウムと灰分とは六体似通った相関を示すものと考えられるが、似島ノリではカリウムが窒素と相関しなかったことが注目される。

蛋白態窒素は全窒素に対して丹那ノリでは相関せず、似島ノリでのみ非常に高度な相関を示した。このこ

とについては丹那ノリでは窒素化合物中、蛋白態以外の窒素化合物の占める割合が比較的大きく、似島ノリではこの割合が比較的小さいことが関連していると思われる。丹那地先と似島の環境条件の最も大きな違いは前にも述べた通り、似島ではリン酸塩、硝酸塩の供給量が丹那に比べて乏しいことと、窒素対リンの比から推察されたように窒素の相対的不足にあると考えられ、この二つの相違が上述のような丹那ノリと似島ノリの窒素代謝の相違の原因ではないかと推察する。

丹那ノリにおいてのみ窒素とカリウムとが相関したことについては、丹那ノリは生長が旺盛であり、陸上植物について生長点、形成層にカリウムが多いといわれる³⁹⁾ように生長に関係の深いこの元素が窒素と相関したものである。また窒素と多糖類とが逆相関したことについては先にも述べたように窒素代謝の旺盛さがこれと相反的な関係にあると考えられる炭水化物の生成を抑えたものであろう。

また丹那ノリにおける窒素とケイ素との逆相関は陸上植物における場合と似た関係³⁷⁾に立つもののように思われる。

蛋白態窒素

水溶性色素のみが丹那ノリと似島ノリを通じて蛋白態窒素と相関した。この相関はとくに似島ノリで高度に有意であった。

丹那ノリではナトリウム、鉄が蛋白態窒素とそれぞれ相関および逆相関した。鉄は原形質に富む若い細胞に多く含まれるといわれている³⁷⁾が、それが旺盛な栄養生長を行なっている丹那ノリの蛋白質含有量と逆相関することの解釈は困難である。

一方、似島ノリでは蛋白態窒素と全窒素、葉緑素およびリンが相関した。これは丹那ノリには認められなかったことであり、両場所間の環境条件とくに栄養供給の相違に基づくと考えられる。

多糖類

丹那ノリと似島ノリを通じてはナトリウム、カルシウムと相関、水溶性色素、鉄、リンと逆相関した。なお丹那ノリでは全窒素、灰分、カリウムと逆相関し、似島ノリではケイ素と高度に逆相関した。ナトリウムは藻類では不可欠元素とされており海藻の場合は硫酸エステル糖を構成成分とする多糖類を含む故に、この硫酸との塩の形で存在するものと考えれば多糖類との相関も頷ける。カルシウムについても恐らく同様のことが考えられる。

水溶性色素はノリの光合成にあずかるといわれ^{22,25)}、一方リンはエネルギー転移に関係し、鉄とともに生長の盛んな部分および若い細胞に多いといわれる³⁹⁾が、この3成分が丹那ノリと似島ノリでともに多糖類と逆相関したことは、ノリにおいては多糖類の含有量は細胞の若さ、あるいは栄養生長の活発さとは逆の関係にあることを示すものかも知れない。陸上植物でも窒素栄養のある限度までの欠乏によっては植物体の窒素含量は低下はするが、生長の停止までには至らず、炭水化物含量が増加する³⁷⁾といわれている。植物の3大栄養素である窒素とカリウムが丹那ノリでのみ多糖類と逆相関したことも多糖類の蓄積は旺盛な栄養生長と相反的な関係にあるという上述の推察を裏づけるものではないかと考える。

水溶性色素

丹那ノリと似島ノリに共通しては全窒素、蛋白態窒素、カリウムが相関し、多糖類が逆相関した。なお、丹那ノリでは灰分と相関し、似島ノリでは葉緑素、リンと相関した。植物の三大栄養素に数えられる窒素とカリウムがともに水溶性色素と相関したことはこれらの色素蛋白とノリ生育との間に重要な関連性のあることをうかがわせるものである。このような観点から考えればリンとの相関が丹那ノリについても当然ありそのようなものであるが、これの認められなかったことの説明は難しい。あるいはリンが過剰に存在する場合には必要量以上を吸収するという藻類の性質^{41,42)}が影響しているのかも知れない。

葉緑素

丹那ノリと似島ノリに共通して全窒素およびリンが葉緑素に対して高度に相関した。葉緑素形成と窒素

およびリンとの極めて密接な関係がうかがわれる。丹那ノリではマンガンと相関し、似島ノリでは蛋白態窒素、水溶性色素と相関した。マンガンが葉緑素と相関するのは葉緑素形成に³⁷⁾関係する。マンガンの性質からくるように思われるが、似島ノリにこの相関が認められないのは2年目終期の原因不明の異常高値の出現のためではないかと思われる。緑色植物では葉緑素含量と葉の蛋白含量との間に直接的相関があることが多くの例でみられている³⁷⁾が、このような相関は似島ノリでのみ認められた。また似島ノリにおける葉緑素と水溶性色素との相関は、この両色素がともに全窒素、リンと相関していることからみて、両色素の形成が代謝的に直接結びついているためと考えるよりは似島ノリでは両色素の形成がともに窒素とリンの乏しい供給に支配されているために結果的に両色素が相関したものとみるべきではないかと考える。

灰 分

丹那ノリと似島ノリを通じてカリウムと相関したが、カリウムは灰分中の陽イオン元素の主成分であるから当然のことであろう。丹那ノリでは灰分が全窒素、水溶性色素、イオウと相関、多糖類と逆相関したが、カリウムもこれと同様の関係を示した。似島ノリの灰分はナトリウム、マグネシウムと相関した。灰分含有量は似島ノリに多く、またカリウム、ナトリウム、マグネシウムも同様に似島ノリに多いがこれらが灰分中に占める割合は丹那ノリと似島ノリとの間に著しい差はない。したがって丹那ノリと似島ノリの上述のような相違は、灰分という成分の内容のあいまいさもあってその解釈は困難である。

ナ ト リ ウ ム

丹那ノリと似島ノリを通じて多糖類と相関、リンと逆相関した。既述のように多糖類もリンと逆相関している。丹那ノリでは蛋白態窒素、カルシウムと相関、鉄と逆相関し、似島ノリでは灰分と相関した。海水中にはナトリウムは充分多量に存在するからこれの供給が制限因子となって他の成分の消長を支配することは考えられない。

カ リ ウ ム

丹那ノリと似島ノリを通じて水溶性色素、灰分と相関した。カリウムの重要性はいうまでもなく、ことに炭水化物の生成、それを通じて脂肪、³⁷⁾窒素化合物の生成に関係が深い³⁹⁾といわれており、また光合成とも密接に関係することが認められている³⁷⁾が、ここでは葉緑素と相関せず、水溶性色素とのみ相関した。丹那ノリでは全窒素、イオウと相関し、多糖類、カルシウム、マグネシウムと逆相関した。生体内のアミノ酸の合成、アミノ基転移はカルボン酸の供給があつて始めて行なわれる⁴³⁾ものであるから窒素代謝は炭水化物代謝と対立的関係にある³⁷⁾とみることができる。すなわち丹那ノリでは同化作用で生成される低分子量の炭水化物が多糖類の生成、蓄積の方向よりも、豊富な窒素の供給を受けてアミノ酸、蛋白質の生成の方向に利用されているように思われる。なお農作物ではマグネシウム欠乏がカリウムの増施によって激化する^{37, 44)}というようにカリウムとマグネシウムとの拮抗関係が知られており、上記の丹那ノリにおけるカリウムとマグネシウムとの逆相関はこれによって説明しうるかも知れない。似島ノリでは水溶性色素と灰分以外にはカリウムと相関する成分は認められなかった。

カ ル シ ウ ム

丹那ノリと似島ノリを通じて多糖類と相関し、鉄と逆相関した。カルシウムが炭水化物形成に関係することはすでに多糖類の項で述べた。鉄との逆相関は鉄とカルシウムが直接逆相関的な代謝関係にあるのか、あるいはさきに推察したような理由で鉄が多糖類と逆相関関係にあるために、現象的にカルシウムと鉄が逆相関を示したのかいずれとも判断しがたい。

丹那ノリではナトリウムと相関し、カリウムと逆相関した。この関係は多糖類がカルシウムと相関、カリウムと逆相関することと関連したものと推察される。似島ノリでは丹那ノリと共通する多糖類、鉄との関係のほかにはカルシウムと相関する成分は認められなかった。

マグネシウム

丹那ノリと似島ノリに共通する相関関係は認められず、丹那ノリではカリウムと逆相関し、マンガン、リンと相関した。両場所のこのような差異については説明し難い。

マンガン

丹那ノリと似島ノリに共通する相関は認められず、丹那ノリでは葉緑素、マグネシウム、鉄、リンと相関した。いずれも葉緑素形成に直接間接に関係すると考えられている元素である。似島ノリでは第2年目終期の異常高値の出現のためか、上記の相関は認められず全窒素、ケイ素と相関した。マンガンは葉緑素形成のほか、硝酸の吸収とその同化に触媒的に関係するといわれる³⁷⁾がそれがこの現象に関係するかどうかは別として、マンガンに関して丹那ノリと似島ノリとはまったく異なった相関を示している。

鉄

丹那ノリと似島ノリを通じて多糖類、カルシウムと逆相関した。葉緑素形成に関係するとともに、原形質に富む若い細胞に多いといわれるように生長に関係すると考えられる鉄³⁹⁾が、活発な栄養生長とは対立する関係にあると推察した多糖類およびその形成に関係するカルシウムと逆相関することは理解できそうである。なお丹那ノリでは蛋白態窒素、ナトリウムと逆相関、マンガンと相関し、似島ノリではケイ素と相関したがこれらの現象についての説明は困難である。

リン

丹那ノリおよび似島ノリを通じて全窒素、葉緑素と相関し、多糖類、ナトリウムと逆相関した。この他丹那ノリではマグネシウム、マンガンと相関し、似島ノリでは蛋白態窒素、水溶性色素、イオウと相関した。リンは原形質構成物質としての³⁷⁾静的な存在意義ばかりでなく、動的作用物質としてのリン酸化合物の生理的役割からも重要な元素であるが、先に似島では丹那地先に比べてリン酸塩の供給がかなり劣るとともに、ノリの窒素対リンの比から窒素がリンよりもさらに供給不足であることを推察した。両場所のノリのリンがもつ相関関係が上述のように相違するのは単にリンの供給如何の問題ばかりでなく、窒素塩の貧富の関連するところが大きいと考えられ、一々の解析は難かしい。

イオウ

イオウについては丹那ノリと似島ノリに共通する相関関係は認められず、丹那ノリでは灰分、カリウムと高度に相関し、似島ノリでは全窒素、リンと相関した。イオウの含有量としては両設置場所の間に差が認められなかったが、他成分との相関関係からみるとこのような著しい相違がある。本実験では全イオウとして定量しているが、各種形態別にイオウを測定したならば何らかの消息がつかめたかも知れない。

ケイ素

丹那ノリと似島ノリに共通する相関関係は認められず、丹那ノリでは全窒素と逆相関し、似島ノリでは多糖類と高度に逆相関、マンガン、鉄と相関した。

結 語

本研究で選定した丹那地先と似島は川口に位置する優良なノリ養殖場と、将来ノリ養殖場の開発が期待される瀬戸内海島しょ部との一典型と考えられるものであって、両場所のノリ生育に影響する最も大きい海況要因の相違点は本研究で調査した範囲ではリン酸塩、硝酸塩の供給状態にあると推察された。

両場所のノリについて15種の成分の含有量を比較したが、従来いわれてきたように全窒素、色素類、リン

含有量が川口性のノリとして選んだ丹那ノリに多いばかりでなく、鉄が丹那ノリに多く、多糖類、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ケイ素は似島ノリに多かった。また両場所のノリの窒素対リンの比からは似島では窒素およびリンの供給の絶対量が少ないばかりでなく窒素の供給がリンよりも不足しがちであることが推察された。

ノリはまた生育時期によって品質が異なるといわれているが、栄養塩の供給が安定かつ豊富な丹那地先では養殖初期から終期にかけて全窒素、蛋白態窒素、水溶性色素、葉緑素、灰分、カリウム、リン、イオウが漸減し、多糖類、ナトリウム、カルシウム、マグネシウム、ケイ素が漸増するのに対して一方栄養塩の乏しい似島では水溶性色素とカリウムが漸減傾向を示す他は不規則な変動をすることを明らかにした。

ノリの諸成分含有量相互間には多種多様な相関関係のあることが認められたが、品質に直接関係の深い成分である水溶性色素および葉緑素に相関する成分として全窒素、リンおよびカリウムがあげられた。

この実験では多くの要因が錯雑している環境についてわずかに数項目の観測を何回か行なった程度に過ぎず、またノリ成分の分析も成分の種類を選び方および精度などの点で決して満足すべきものとは考えていない。したがって環境について、あるいは環境とノリ成分との関係について考察する際、解析し難い点が多々ありまた大胆な推察がなされたことも否めない。この実験で明らかにされた多くの現象を明快に解析するためにはノリの諸成分の代謝についてのより詳細な知識の集積が必要であるが、その開発が重要視されている沖合養殖ノリの成分および生理状態の特徴の若干を従来の川口の養殖場で生産されたノリのそれと対比した形で、少なくとも現象的には明らかにし得たと考える。今後ノリ生理の研究上に、あるいは応用上の問題として養殖場所の選定、施肥の方法などの具体的問題を考える際の基礎的資料となり得れば幸いである。

総 括

1. 瀬戸内海において沖合にノリ養殖場を開発する際、品質の低下が問題になるので、ノリの生育環境がノリ生理におよぼす影響をその成分含有量の変化の面から解明しようと試みた。広島市沖にある似島を沖合性環境のモデルとして選び、従来からある川口の養殖場丹那地先との両場所で3冬連続してノリを養殖し、その海況を観測するとともにそこで生育したノリの15成分の分析を行ない、場所、時期、年による含有量の変化と、成分含有量相互の相関関係を分散分析法によって比較検討した。

2. 丹那地先は似島に比べて水温においては大きな差を認めないが、塩素量が低く、リン酸塩、硝酸塩濃度が高く、また川水の影響を受けてこれらの値が潮時によって大きく変化するのが特徴的であった。水流は両場所とも概しておそいが、両者を比べれば丹那地先の方が速い。このような相違は瀬戸内海における川口と沖合との海況の相違の一典型と考えられる。両設置場所におけるこれらの環境要因の相違は厳密にはいざれもノリ生理に影響すると考えられるが本研究で調査した範囲内での最も影響の大きいものはリン酸塩および硝酸塩の濃度の相違であろうと推察された。

3. 本研究で丹那地先と似島において干出時間を等しくして養殖したノリの生育はかなり相違し、似島での生育は丹那地先のそのの程度に過ぎなかった。また品質の優劣も判然とし、丹那ノリは漆黒色で光沢に富み、葉体の肉厚く、また柔らかであるのに対し、似島ノリは鈍い茶色で葉体は薄くかつ硬い。このような外観的相違はマンガン、イオウを除く13の成分の含有量の相違となってあらわれ、全窒素、蛋白態窒素、水溶性色素、葉緑素、鉄およびリンは丹那ノリに多く、多糖類、灰分、ナトリウム、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ケイ素は似島ノリに多かった。また丹那ノリの窒素対リンの比は平均9.43、似島のそれは7.44であった。この窒素対リンの比の値の相違からは、似島ではリン酸塩および硝酸塩の供給の絶対量が乏しいばかりでなく、リンに対する窒素の供給の比率が低いことが推察された。

4. ノリ成分含有量の時期的変化は丹那ノリと似島ノリを通じてみた場合にはナトリウム、鉄、イオウ以外のここに分析された全成分すなわち全窒素、蛋白態窒素、多糖類、水溶性色素、葉緑素、灰分、カリウム、カルシウム、マグネシウム、マンガン、リン、ケイ素に認められたが、丹那ノリと似島ノリを対比するとおのおのの時期的変化の仕方はかなり趣を異にした。丹那ノリ、似島ノリに共通して水溶性色素、灰分お

よびカリウムが養殖初期から終期にかけて漸減し、この他丹那ノリでは全窒素、蛋白態窒素、葉緑素、リン、イオウが初期から終期にかけて漸減し、多糖類、ナトリウム、マグネシウム、ケイ素が漸増した。一方、似島ノリではカルシウム、マグネシウム、マンガンが不規則に変化する他には時期差は認められなかった。

5. 個々の成分含有量についてその変動係数を両場所間で比べると、似島ノリの方が諸成分のばらつきが概して大きい。時期変化としてみるときは丹那ノリの多くの成分に漸減あるいは漸増という規則正しい変化のあることが見出された。このことは丹那地先における栄養塩の安定した供給からみて、その他の環境条件の時期的推移に伴う一種の老化現象ではないかと推察する。似島ノリで成分含有量の変動が激しいことは栄養塩の供給不足から来るものと思われ、施肥の効果を期待させるものであるが、上記のごとくノリに老化現象があるとするならば施肥の仕方については十分の検討を要することとなる。

6. 成分含有量の年平均値を年相互間で比べてみると丹那ノリと似島ノリとはその変化の仕方はかなり相違した。蛋白態窒素、多糖類、葉緑素、ナトリウム、カルシウム、マグネシウム、リンは丹那ノリと似島ノリを通じて年変化が認められたが、鉄は丹那ノリにのみ、全窒素、灰分、カリウム、マンガンは似島ノリにのみ年変化が認められた。しかしこの年変化を気温、水温、降雨量、日照量などの年差と対比して解析することは困難である。

7. 生育場所、時期、年の交互作用効果もまた多くの成分に認められた。しかし時期と年の交互作用が丹那ノリよりも似島ノリの諸成分に多くあらわれたこと、全窒素、カリウム、カルシウム、マンガンおよびリンにほとんどの交互作用効果が認められたことなどのほかに、あまり特徴的な結果は観察されなかった。

8. 丹那ノリと似島ノリに共通して認められる成分相互間の相関関係は丹那と似島という環境条件の相違によっては左右され難い生理代謝をあらわすものであり、一方、丹那ノリあるいは似島ノリにのみ認められる相関関係はそれぞれの生育環境の特徴が代謝の上に強く影響した結果であると考えて、丹那ノリと似島ノリのおおの成分含有量の相関関係を比較検討した。すべての成分が他の何等かの成分と相関していたが、丹那ノリと似島ノリに共通する相関関係の数は14、丹那ノリにのみ認められた相関の数は20、似島ノリにのみ認められたものは13というように丹那ノリにおける相関関係の数が特に多く、丹那ノリと似島ノリの著しい代謝の相違がうかがわれた。

参 考 文 献

- 1) 農林漁業基本問題調査事務局：漁業の基本問題と基本対策，解説版，p. 60～62 (1961).
- 2) 木村：水産増殖，4，1～3 (1957).
- 3) 川上：福岡県豊前水試昭和36年度研究業務報告，p. 151～222 (1962).
- 4) 松本：広大水産学部紀要，2，249～333 (1959).
- 5) 武居，寺田，宮沢：水産増殖，6，19～25 (1958).
- 6) 深井，塩川：東海区水研研究報告，18，21～30 (1957).
- 7) 深井，小島，丸山：—，18，37～46 (1957).
- 8) 岩崎，松平：日水誌，20，112～119，380～385 (1954).
- 9) 佐野：東北海区水研研究報告，4，243～261 (1955).
- 10) 山川：日水誌，18，478～482 (1953).
- 11) 和田：日水誌，7，302～304 (1939).
- 12) 清水，青山：養殖会誌，8，57～65 (1938).
- 13) 高山：水産研究誌，32，66～69 (1938).
- 14) 松江：水産学会報，7，35～62 (1938).
- 15) 富士川：朝鮮水試事業報告，7，1～135 (1932)，8，1～131 (1933).
- 16) 齊藤：水産研究誌，19，184～188 (1924).
- 17) 松井，深山：水講試験報告，12，第3冊，15～27 (1916).

- 18) ROBINSON, R. J., T. G. THOMPSON : J. Mar. Res., 7, 33~41 (1948).
- 19) RILEY, J. P. : J. Mar. Biol. Assoc., 36, 161~168 (1957).
- 20) 日本海洋学会 : 海洋観測指針 (1955).
- 21) 敦賀, 新田 : 内海区水研研究報告, 10, 42~45 (1957).
- 22) FOGG, G. E. : The Metabolism of Algae, p. 89~105 (1953), Methuen (London).
- 23) 江上, 左右田 : 多糖類化学, p. 52~112 (1955), 共立出版 (東京).
- 24) FUJIWARA, T. : J. Biochem., Japan, 42, 411 (1955).
- 25) SMITH, G. M. ed. : Manual of Phycology, p. 243~262 (1951), Chronica Botanica (Massachusetts).
- 26) 奥田編 : 植物栄養生理実験書, p. 177~239 (1953), 朝倉 (東京)
- 27) SANDELL, E. B. : Colorimetric Determination of Traces of Metals, p. 537~542 (1959), Interscience Publishers (New York).
- 28) 江上等編 : 標準生化学実験, p. 132~136 (1953), 文光堂 (東京)
- 29) 京大農化編 : 農芸化学実験書, 上巻, p. 119~120 (1950), 産業図書 (東京).
- 30) PIRIE, N. W. : Biochim. J., 26, 2041 (1932).
- 31) 鳥井, 高橋, 土肥 : 医学・生物学のための推計学, p. 89~278 (1957), 東大出版会 (東京).
- 32) 内海区水研 : 瀬戸内海水産連絡調査要報, No. 1 (1951)~No. 29 (1962).
- 33) 敦賀, 新田 : 内海区水研研究報告, 13, 19~22 (1960).
- 34) 野沢 : 水産増殖, 4, 65~69 (1957).
- 35) MUNK, W. H., RILEY, G. A. : J. Mar. Res., 11, 215~240 (1952).
- 36) 須藤 : 農産加工技術研究会誌, 8, No. 1, 52~59 (1961).
- 37) 戸苅等編 : 作物の生理生態, p. 140~148 (1956), 朝倉 (東京).
- 38) HARVEY, H. W. : The Chemistry and Fertility of Sea Waters, p. 3~122 (1955), Cambridge University Press (London).
- 39) 坂村 : 植物生理学, 上巻, p. 279~308 (1952), 裳華房 (東京).
- 40) BONNER, J., A. W. GVLSTON 著, 高宮, 小倉訳 : 植物の生理, p. 39~64 (1955), 岩波 (東京).
- 41) 松江 : 水産学の概観, p. 1~51 (1954), 日本学術振興会 (東京).
- 42) RICE, T. R. : Fishery Bull., 54, 77~89 (1953).
- 43) BONNER, J. 著, 山田, 丸尾訳 : 植物生化学, p. 225~251 (1954), 朝倉 (東京).
- 44) BROYER, T. C., P. R. STOUT : Ann. Rev. Plant Physiol. 10, p. 277~300 (1959).