海藻の生化学的研究—IV.

養殖のりの化学成分, 品質と環境との関係*

野 田 宏 行

(1970 年 10 月 21 日受理)

Biochemical Studies on Marine Algae—IV.

Relationship between Chemical Constituents of *Laver*
and Environmental Factors in the Culture Grounds

Hiroyuki NODA**

The relation between the chemical constituents of *Porphyra yezoensis* and environmental factors was examined by dipping frozen laver nets every month and harvesting the fronds after one month at many culture grounds in the Kuwana district for two successive seasons, from December 1967 to March 1968 and from November 1968 to March 1969. The results are summarized as follows;

1) The total nitrogen and phosphorus contents of the laver reached its maxima in February 1968 and January 1969, when laver of superior quality was obtained. Both these chemical constituents decreased remarkably in March for both seasons and laver of an inferior quality was harvested.

2) The tendency for carbohydrate contents to become higher in the laver of the inferior quality was also recognized in the present study. The contents increased markedly at the end of both seasons.

3) A linear relationship was found between zinc and the protein contents. In laver fronds showing low values for protein nitrogen and phosphor elements such as manganese, copper, aluminium, calcium and sulfate were found to be rich.

品質の異なるのりの化学成分を検討して, のりの栄養要求を推測し, 良質のりの生産条件を知る手掛りを得る目的で, さきに伊勢湾内で生産された乾のりと生のりを分析した結果, 化学成分は品等や季節により変動するものが多いことを確認した^{1,2)}。しかし実験に供した乾のりおよび生のりは秋芽から出発し, 数次にわたり摘採を繰り返して翌年まで同一網で養殖したものであり, また養殖期間中の環境条件も不明であつた。

のりの生長には海水に溶存する各種栄養塩のほかに水温, 日照量などの物理的条件が関係すると考えられる。そこで短期間の環境条件の変動に対応した資料を得るために, 1967 および 1968 年の両年度, 伊勢湾内の桑名地区に調査地点を選び, 近年急速に普及しつつある凍結冷蔵網を毎月張つて養殖した生のりを用い, 環境, 養殖法とのりの化学成分との関係を検討した。その結果, 凍結冷蔵網のりでも秋芽網のりと同様に高蛋白質のりに Zn が多く, 炭水化物が少ないが, 化学成分の季節的变化は秋芽網のりのそれと多少相違することが明らかになつたので報告する。

実 験 方 法

試料 1967 年度は木曾三川 (木曾川, 長良川および槇斐川) 河口の桑名地区のり養殖場に 41 ケ所の試

* 本研究の概要は昭和 43 年日本水産学会秋季大会において講演した。

** 三重県立大学水産学部 (Fac. Fish., Pref. Univ. Mie, Tsu, Japan)

Fig. 1. Sketch-map showing Kuwana district and experimental stations.

験地点を選び、伊勢湾内の中勢地区松名瀬養殖場で約 1~2 cm に生育したのりから得た凍結冷蔵網を 12 月上旬から翌年 3 月まで毎月各地点に設置し、それぞれ 1 ヶ月間養殖したのち網ごと収穫した。1968 年は 8 地点で 11 月上旬から翌年 3 月上旬まで同様に養殖した。Fig. 1 に 1967 年度の調査地点 (1~41), 1968 年度の調査地点 (9, 11, 17, 21, 31, 33, 40, 41) を示す。

収穫したのりの一部は汙過海水中に浮遊させて夾雑物を除き、再蒸留水で表面を洗い、水切り後 60°C で通風乾燥した。乾燥物を粉末にし、さらに 105°C で 1 時間乾燥してから

保存した。

なお収穫生のりの一部で乾のりを製造し、三重県漁連の熟練者に品質の鑑定を依頼した。

分析方法 全窒素 (以下 TN と略)、蛋白窒素 (以下 PN と略)、炭水化物 (水解後還元糖量として測定)、灰分のほか SO_4 , P, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn および Al を定量した。分析方法は前報^{1,2)}記載の通り。

Table 1. Seasonal change in chemical constituents of *P. yezoensis* reared in Kuwana district in the period from Dec. 1967 to Mar. 1968.

Station	Total nitrogen (%)				Protein nitrogen (%)				Carbohydrate (%)			
	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
3	6.67	6.94	7.44	6.65	4.94	4.72	5.54	4.34	25.7	23.5	20.8	24.8
4	6.46	6.99	7.62		4.60	5.00	5.80		24.0	23.4	20.3	
8	6.52	7.44	7.20	6.98	4.49	5.36	5.47	4.87	24.5	24.0	23.3	24.8
11	6.72	7.36	7.14	6.76	4.76	5.45	5.60		22.6	23.1	22.5	
17	6.49	6.59	7.26		4.28	5.32	5.44		23.9	21.5	21.3	
24		7.64	7.31	5.71		5.64		4.53		20.5	23.2	28.9
25	6.56	7.52	7.23	6.10	4.49	5.76	5.27	4.47	22.5	20.9	20.5	26.9
29		7.40	6.92	6.54		5.84	5.16	4.89		23.3	22.9	27.1
36	6.43	7.21	7.35	6.51	4.12	5.00	5.81	4.93	23.0	22.6	22.1	25.6
38		7.56	7.69	6.46		5.18	5.34	4.48		22.6	22.1	26.9
Station	Crude ash (%)				Phosphorus (%)				Zinc (ppm)			
	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
3	7.91	7.43	8.67	6.43	0.64	0.70	0.68	0.55	66.0	69.1	85.1	39.9
4	11.84	9.85	6.68	7.07	0.70	0.75	0.75		45.3	51.3	97.8	
8	13.59	8.64	8.21	7.12	0.71	0.78	0.73	0.58	34.7	63.5	82.7	66.6
11	10.95	8.36	7.63	5.52	0.70	0.78	0.73		57.4	65.8	56.9	
17	11.87	8.32	8.73		0.75	0.76	0.80		31.8	54.8	68.1	
24		9.18	8.75	6.40		0.80	0.75			88.4	92.5	
25	12.30	9.78	6.87	5.85	0.61	0.81	0.81	0.51	61.7	74.5	78.5	
29		7.07	6.80	6.15		0.71	0.71	0.46		64.3	66.5	85.0
36	10.96	8.55	8.69	7.54	0.59	0.64	0.64	0.43	43.6	43.8	77.9	45.7
38		8.10	6.29	7.05		0.71	0.76	0.42		50.1	85.1	43.1

Table 2. Seasonal change in chemical constituents of *P. yezoensis* reared in Kuwana district in the period from Nov. 1968 to Mar. 1969.

Station	Total nitrogen (%)					Protein nitrogen (%)					Carbohydrate (%)				
	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
9	6.91	6.63	6.82	7.02		4.93	5.23	5.85	5.11			23.3	24.0	23.3	
11	6.77	6.77	7.12	7.20		4.94	5.15	5.95	5.10		20.1	24.0	24.6	24.4	
19	6.92	6.57	6.93			4.96	5.39	5.26			24.0	23.0	25.3		
21	7.00	6.96	7.33	7.07	6.17	5.05	5.30	5.72	5.21	4.67	22.9	24.2	21.6	23.8	29.4
31			7.33	6.89				6.13	5.39		23.5		22.8	25.5	
33	6.98	6.97	7.36	7.00	5.01	4.92	5.31	6.64	5.46	3.78		24.0	21.7	20.6	25.9
40			6.85	6.56				5.31	5.03				23.8	24.3	
41	6.72	6.67	7.07	6.83	5.06		5.29	5.28	4.84	4.10		24.0	22.1	24.6	31.8

Station	Crude ash (%)					Phosphorus (%)					Zinc (ppm)				
	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
9	9.63	10.60	9.54	9.91		0.75	0.67	0.66	0.73		59.4	62.5	68.2	60.1	
11	9.72		9.27	9.02		0.67	0.58	0.71	0.71		59.5	62.7	65.5	61.0	
19	7.70	8.19	8.52			0.69	0.67	0.69			60.7	63.8	63.1		
21	9.19	13.05	10.44	10.34	8.43	0.69	0.65	0.75	0.71	0.47	61.2	64.0	68.3	62.3	57.3
31			8.38	9.80				0.72	0.67				70.5	64.1	
33		10.59	9.87	11.96	6.76	0.74	0.64	0.75	0.72	0.31	59.5	63.0	76.4	65.7	50.2
40			8.52	9.70				0.64	0.71				64.1	60.2	
41		9.98	10.00	9.48	6.07	0.64	0.63	0.70	0.67	0.29		63.0	63.5	59.7	43.6

りである。

実験結果と考察

1967 年度の 41 調査地点における時期的な成分の変動は一、二の例外を除いて、すべて同じ傾向になったので、なるべく三川河口ののり養殖全域を代表するような 10 地点を選んで分析値をあげることにした。なお、全測定値の平均値を以下に示した。また分析した 13 項目のうち特に重要と思われるものだけを選んで Table 1 と 2 に示した。

TN, PN および P

TN と P の含量はのりの品質判定の重要指標であるとともに環境の水質を反映するものといわれている³⁾。著者は秋芽のりを次々に摘採した前回の調査で、両者が初期に多く、次第に減少することを認めた²⁾。しかし今回の試験のうち 1967 年度は、TN の平均値は 12 月 6.6%, 1 月 7.2%, 2 月 7.5% と漸増したが、3 月には 6.5% と急減した。P の平均値もほぼ同様で、12 月 0.68%、1 月 0.75%、2 月 0.76% と漸増したが、3 月には 0.50% に急減した。1968 年度は両成分の最高値は 1 月に出現したが、11月から 2 月までは TN 7%, P 0.7% 前後で変わりがなく、3 月には TN 5.4%, P 0.4% に減

Fig. 2. Relation between total nitrogen and phosphorus contents in the laver.

November...○, December...●, January...○, February...⊙, March...⊗

Fig. 3. Seasonal variation of carbohydrate contents of the laver.

●...From 1967 to 1968,
○...From 1968 to 1969

Fig. 4. Relation between protein nitrogen and zinc contents in the laver.

Nov. 1968...●, Dec. 1968...○,
Jan. 1969...●, Feb. 1969...○,
Mar. 1969...●

低下した。また PN と Zn 含量は比例して増減することが確められた (Fig. 4)。Mn, Cu および Al 含量は Zn とは逆の消長を示し, 1967 年度では 12 月から 2 月まで, 1968 年度は 1 月までは漸減し, 終期の 3 月に増加した。

乾のりの品質鑑定結果 1967 年度は 2 月のりが最も良質で, 例えば調査地点 4, 25, 38 で生産されたのりはとくに優れていた。次に 1 月のりが良質で, 地点 24, 25 で得られたのりは 2 月のりに劣らず良質と判定されたが, 3 月のりは著しく品等が劣っていた。1968 年は一般に 1 月の製品が良質で, とくに調査地点 21, 31, 33 ののりは色, 光沢ともに優れていた。次に 2 月, 12 月および 11 月の製品の順で品等は下がり, 3 月の製品が最も劣っていた。

環境要因とのり成分との関係 伊勢湾内奥部の桑名地区ののり養殖は木曾, 長良, 楢斐の三川に強く影響され, 三川からの流水量の多少によつて, のりの生産量は大きく変動することが知られている⁴⁾。木曾川の流量は長良, 楢斐両河川の含量に等しいとされており, 長良川と楢斐川は河口付近で合流しているので, 今回の調査地区には木曾川とこれに相当する河川が流入するものと考えて差支えない。両河川とも 150 m³/sec 以下の流量ではのり養殖場の平均塩分濃度はのりの生産を制約するほど低下せず 12‰ 以上に保たれるが, 200 m³/sec 以上では塩分濃度の平均値は 10‰ 以下となり, のりは生育不良になることが確められてい

少した (Fig. 2)。

また製品の品等が高いのりは一般に TN, P 含量も多いことが認められた。TN:PN の比率は 1967 年度は 2 月の 74%, 1968 年度は 1 月の 81% が高値であつた。

炭水化物 前報^{1,2)} で乾のりの炭水化物は下級品に多く TN, PN とは逆に増減することを明らかにしたが, 今回の試験でも同様の傾向が認められた。すなわち炭水化物は 1967 年度は 2 月に, 1968 年度は 12 月と 1 月に少なく, 両年度とも 3 月に多かった (Fig. 3)。

灰分 1967 年度には養殖初期にもつとも多く, その後減少し, 1968 年度は 11 月から 2 月まではほとんど変わらず, 3 月には両年度とも急減した。

Ca, Mg Ca 含量は 0.04~0.45% の範囲にあり, 両年度とも 1~2 月に最も少なく, 3 月には増加しており, Ca は品等の低いのに多い傾向が, 秋芽, 凍結冷蔵網のりを通じて認められた。Mg は 0.29~0.51% の間にあり, 1967 年度ののりでは明らかでなかつたが, 1968 年度ののりでは良質品に多い傾向がみられた。

微量元素 Fe は他の成分に比べ変動が大きく 100~500 ppm の間にあり, 品質, 調査地点, または季節との間に一定の関係を導き出すことはできなかった。Zn は 35~98 ppm の間にあつたが, その平均値は 1967 年度は 12 月 52, 1 月 61, 2 月 75 ppm と次第に増加し, 3 月には 54 ppm に減少した。1968 年度は 1 月から 2 月まではほとんど変わらず 60 ppm 台であつたが, 3 月には 50 ppm に

Fig. 5. Average water temperature and average length of sunshine in Kuwana district.

- : Average water temperature from 1967 to 1968
- : Average water temperature from 1968 to 1969
- : Average length of sunshine in a day from 1967 to 1968
- : Average length of sunshine in a day from 1968 to 1969

が多く、炭水化物が少ない傾向は秋芽網のりおよび凍結冷蔵網のりに共通して認められた。したがつてのりの蛋白質、炭水化物の代謝に上述の無機物が重要な役割を果すものと推測される。P および Mg についてはすでに報告^{3,6-8)}がみられるので、Zn の生理的役割について引き続き検討中である。

要 約

1. 秋芽から出発して得たのりに引き続き、1967 および 1968 年度に伊勢湾奥部木曾川河口の桑名地区に調査地点を設定し、凍結冷蔵網を用いて養殖したのりについて、成分、品質、環境の相互関係を検討した。
2. 秋芽網のりと異なり凍結冷蔵網のりは養殖初期よりも翌年の 1~2 月頃が最も品質がよく、TN, PN, Mg, Zn 含量が高かった。しかし、3 月には著しく品質は低下し、粗灰分の減少と SO_4 , Ca, Mn, Cu, Al の増加が認められた。
3. 良質のりに炭水化物が少なく、逆に品等の低いのりに多い傾向は今回の調査でも確認され、このことは環境や養殖方法の異なるのりに共通しているようである。

本研究を行なうに当たり御指導をいただいた本学堀口吉重教授、ならびに本稿の御校閲を賜わった東京大学橋本芳郎教授につつしんで謝意を表する。また多大の御協力と御便宜をいただいた東海区水研須藤俊造博士、本学喜田和四郎博士、中充子氏および三重県伊勢湾水試の皆様にも深く感謝する。

なお本調査は伊勢湾奥部漁業開発調査の一環として実施したものである。

る⁵⁾。そのために大流量の出現日数が多いと不作を招き、少ないと豊作になるとされている⁵⁾。1967 年度は 1 月および 2 月の最盛期に流量が減つて $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ 附近の頻度が最も多く、 $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上の出現率は 4 % に過ぎず、平年よりやや良い環境であつた^{4,5)}。一方、1968 年度は 12 月は 110, 1 月は 80, 2 月は $170 \text{ m}^3/\text{sec}$ の流量の頻度が高く、 $200 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上の大流量日は 3 ヶ月間を通じて 20 % を占め、むしろ不作年であつた^{4,5)}。両年度とも 3 月には大流量の出現日が著しく多くなっている。

今回の試験の結果では、のりの品質の上下は上記の流量の変動とほぼ一致しており、1967 年度は 2 月ののりで、1968 年度は 1 月ののりでそれぞれ TN, PN, P および Zn 含量の高い良質のりが得られた。このようにのりの生産量や品質は三川の流量に強く左右されるといえる。そのほか水温や日照時間 (Fig. 5) などの諸要因も影響しているように思われる。

秋芽網のりと凍結冷蔵網のりの比較 両者の成分の変動には共通点と相違点が認められた。主な相違点は成分の季節的变化で、秋芽網のりでは養殖初期の 12 月に TN, PN, P が最も含量が高く、以後摘採回数が増すに従つて漸減した。一方凍結冷蔵網のりでは養殖初期よりも翌年の 1~2 月に生産されたのりが良質で、TN, PN, P 含量も高いことが認められた。他方、良質のりに TN, PN, P, Zn, Mg

文 献

- 1) 野田宏行: 本誌, **37**, 30~34 (1971).
- 2) 野田宏行: 本誌, **37**, 35~39 (1971).
- 3) 岩崎英雄: 本誌, **20**, 112~119 (1954).
- 4) 須藤俊造・丸山武男・喜田和四郎・牧戸二彦・中西捨吉・朝倉章二・深津 功: 木曾岬干拓による水産生物とその環境への影響予察調査報告書, 三重県農林水産部水産事務局, 53~105 (1969).
- 5) 須藤俊造・丸山武男・喜田和四郎・牧戸二彦・中西捨吉・朝倉章夫・深津 功: 伊勢湾奥部漁業開発調査報告書, 三重県, 41~51 (1970).
- 6) A. KUHL: In "Physiology and Biochemistry of Algae" (R. A. LEWIN, ed.) p. 211~224, Academic Press, New York (1962).
- 7) 岩崎英雄・松平近義: 本誌, **20**, 380~385 (1954).
- 8) 敦賀花人: 内海区水研報, 22 号, 1~26 (1965).