

ノリの化学組成と環境要因との関連について 1

富士川 龍 郎*・和 田 正 太*

T. FUJIKAWA und M. WADA : Die Zusammenhang zwischen der chemischen Zusammensetzung von *Porphyra* und den Umgebungsfaktoren 1.

ノリの生育環境とその化学組成との関連については、以前より研究されているが¹⁾²⁾、現在までの結果を、実際に漁場にあてはめて、新漁場や新養殖法の開発をすることはまだ困難な状態にある。ここでは環境とノリの化学組成との関係から得られる知見を漁場に応用できることを目標とし、予備実験的に主として照射光強度の差とノリの化学組成との関連についてしらべた。

実 験 方 法

1) ノリ培養法 スサビノリ *Porphyra yezoensis* UEDA を材料とし、以下にのべる通気法による多量培養を試みた。白色ポリエチレン製の水槽 (48×35×30cm) の対隅にパイプ (内径 3 mm, 各水槽に 2 本) を入れて通気した。通気量は激しくして、ちょうどノリが波に洗われている程度とした。

2) 光 室内自然散光のみにより、実験期間中は 10~14 時における室内平均照度が約 7500ルクスになるよう調節した。特定の水槽の照射を制限するときは、黒ビニール幕でその水槽の上面を被った。

3) 培養液 基本培養液として福岡県宗像郡津屋崎町の海岸の海水を汙過して用いた。(d₁₅=1.0257, 硝酸態, 亜硝酸態, アンモニア態N総量 20~30r/l, 工場廃水による汚染は考えられない。) この海水に栄養塩を加える時は次の組成の原液を用いた。以下一つの因子として栄養塩類というときには、この組成の液を指すものとする。栄養塩類第 1 液—KNO₃, 40g; KH₂PO₄, 2g; Na₂HPO₄·12H₂O, 2g; H₃BO₃, 0.2g; MnSO₄·7H₂O, 0.2g; クエン酸鉄, 60mg; KI, 20mg; Na₂MoO₄·2H₂O, 4mg; CoCl₂·6H₂O, 2mg; ZnSO₄·7H₂O, 2mg; EDTA·2Na, 5.4g; 水, 1l; 同第 2 液—CuSO₄·5H₂O, 2.5mg; 水, 1l。

4) サンプリング 培養を終ったノリは、簀でまいて堅くしぼって秤量し、汙過海水で

* 九州大学農学部食糧化学工学科 (福岡市箱崎) Dpt. Food Sci. & Technol. Facult. Agr. Kyushu Univ., Fukuoka, Japan.

5回, 井水で2回洗い, 抄製して保存した。

5) 分析法 詳細については統報³⁾でのべる予定のためここでは単に方法を列挙しておく。NaとKは炎光光度法, SはSO₄としてBaSO₄比濁法, PはPO₄として Gomori 法, Feはo-フェナントロリン法, Mnは過酸化銀法, SiはSiO₃としてモリブデンブルー法, CaとMgはキレート滴定法, 全窒素はDumas法, 粗灰分は500~550°Cで灰化秤量し, 糖は, 稀酸易溶性糖(ガラクトタンと仮称), 稀酸不溶アルカリ可溶性糖(マンナン-aと仮称), 酸アルカリ不溶性糖(マンナン-bと仮称)の3部分に分けて, それぞれガラクトーズ, マンノーズ, マンノーズとしてフェノール・硫酸法で定量した。表示は, 糖以外は105~110°C乾燥物に対する%, 糖は無水CaCl₂上乾燥物に対する%である。

6) 実験配置 まとめて第1表に示す(培養終了時のノリの肉眼的観察を含む)。

7) 分析結果と解析 化学分析の結果は, まとめて第2表に示す。この結果の解析は, 実験計画法の考え方を用いて, 実験番号2, 4, 5, 7と, 同じく3, 4, 5, 6の2組を, それぞれ直交表L₄にあてはめ, グルコース添加とクエン酸添加の両主効果, 及び光強度とグルコース, 光強度とクエン酸の両交互作用を求めた。光強度の主効果は, 上記2つの直交表から得られる光強度の主効果の平均値をとった。しかし表示を簡単にするため, 以上の主効果は各因子の各水準における推定平均値の形で, 交互作用は I₂₂(但し I = 2 因子交互作用, I₁₁ = -I₁₂ = -I₂₁ = I₂₂)のみを示した。栄養塩類の場合は実験番号1, 5, 7の分析値がそのまま各水準の推定平均値となる。

この実験では実験数が少ないので, 分散分析による効果の検定は適当ではない。そこで, ある因子の効果を推定するのに用いた実験の全体の平均値をM, 平均偏差を θ , この実験における誤差の限界の相対値をe%として, $\beta = \frac{\theta}{M} \times 100$ なる数値を考え, $\beta > 2e$ ならばその因子による効果があることとした。この数学上の根拠は統報³⁾でのべる。以上の解析結果は第3表にまとめた。

考 察

第3表において, β の大きい値が栄養塩類の列に集中している。つまり漁場でノリの組成を左右する第1の要因が, その海水に含まれる栄養塩の濃度であり, 反対に日射量の差や, グルコース, クエン酸の添加, あるいはこれらの交互作用は, この実験で得られた限りではあまり影響しないものと考えられる。またその場合, FeとSiを除いて, 栄養塩類の第2第3水準間の差の絶対値は, 第1第2水準間の差の絶対値に比較して小さいので, 天然海水の栄養塩の不足は, 時間あたりに見れば第2水準(第1液200ml/45l添加)で十分補っているものと考えられる。

NaとKについて; 炎光光度法の精度はあまりよくないと, Naには汚染の恐れも大きいから, Naは $\beta > 8$, Kは $\beta > 5$ を有意とするのがよい。この両者には, 栄養塩類の効果が大きく現われている。但しKの場合, $\beta < 5$ であるが, Kには汚染の恐れは比較的すくないので, この値にある程度有意性を認めてよいと考えられる。これを認めれば, NaとK

とは互いに拮抗的に変化するものと考えられる。

光強度とこれとグルコース添加の交互作用の両効果については、Naの場合 β が比較的大きいが、前述のように誤差が大きくなりやすいので有意であるとは結論し難い。Kは、栄養塩類以外の因子の効果は誤差範囲内と考え得る。

MgとCaについて；ノリはPの含量が比較的多いので、Caの定量値は誤差が大きくなり、したがってMgにも同程度の誤差を生ずる。それ故栄養塩類の効果もそれ以外の効果も誤差範囲内と考えてよい。

Feは非常に汚染をうけやすい成分であるので、 β を明確には定め難い。しかしFeが葉緑素合成や種々の酵素に関与していることから考えて、光とそれに関係した交互作用には何らかの効果があることは十分期待できる。

Mnの分析精度はよい。 $\beta > 3$ を有意としてよいであろう。従ってMn含量は、海水中の栄養塩濃度と光によって大きく左右されるものと考えられる。また、光強度とグルコース、クエン酸との両交互作用も、 $\beta < 3$ ではあるが比較的大きい。Mnが炭酸同化に密接に関係しているから、これら因子の影響をうけている可能性がある。

Pについて；栄養塩類の影響は非常に大きい。天然海水中のPは微量なので、この効果の大部分は栄養塩として加えた PO_4^{3-} に依存していると思われる。光強度の影響も、分析精度のよいことから考えて僅かではあるが認められる。

Sの変化の特長はすべての β が小さいことである。つまりSは海水の組成変化によって影響をうけ難い成分と考えられる。

SiはFeと同様非常に汚染をうけやすい成分で、ここでは論ずることをさげざるをえない。また粗灰分の測定誤差は2~3%程度であろうが、 $\beta > 5$ になるような効果は見られない。

全窒素の分析精度は非常によいため、 $\beta > 3$ を有意としてよい。全窒素には栄養塩類の効果のみが大きくでている。このことから、ノリの全窒素量は、Pと同様海水中の窒素濃度によって大体定まると考えられる。

糖類の分析に採用したフェノール・硫酸法自体は、精度1~2%といわれるが、分解抽出操作の誤差を考えれば、ガラクトサン、マンナン-a、マンナン-bの順に精度は悪くなる筈である。ここではガラクトサンで $e = 2 \sim 3\%$ とする。ガラクトサンには栄養塩類の効果以外は認められない。マンナン-aもマンナン-bも同様である。栄養塩類無添加と200ml/45l 添加両水準間の差は、第3表よりそれぞれの糖で18.1, 0.54, 2.14%, 総和20.78%, これに対して全窒素の同じ水準間の差は、粗蛋白に換算(係数6.25とする)して-20.9%である。故にノリでは、栄養塩(恐らく窒素化合物)が豊富な時には糖(主としてガラクトサン)が減少し、かわりにほぼ同じ量だけ粗蛋白が増加すると見なし得る。

糖と密接に関係がある筈の光照射は、効果が意外に小さい。これは本実験で光照射の水準間の差が小さかったことと、培養期間が短かく、ノリの生長が少なかったためと考えられる。

本実験のノリ培養は、福岡県漁協連合会津屋崎ノリ採苗所で行なった。同所長山崎征興氏と、培養実験の指導をして頂いた福岡県庁水産課富士川濔氏に厚く感謝いたします。

Zusammenfassung

Man hat großenmengen Algen, *Porphyra yezoensis* UEDA, mit der Lüftung kultiviert und über die 14 chemischen Bestandteile diejenige Alge analysiert. Aus diesen Resultaten sind wie unten erwänte Haupteffekte und Wechselwirkungen auf jeden Bestandteil nach die Denkweise der Versuchsplanung ausgerechnet worden.

- 1) Der Haupteffekt der Beleuchtungsstärke war in diesem Experiment unerwartet klein. Aber der Haupteffekt hat sich in stark beleuchtendem Fall auf Mn positiv gezeigt.
- 2) Der Haupteffekt der Hinzufügung der Glukose oder der Zitronensäure war auf jeden Bestandteil im Bereich des Fehlers.
- 3) Der Haupteffekt der Ernährungssalze war hervorragend. Durch dieser Hinzufügung zunehmende Bestandteile waren K, Mn, P und Gesamtstickstoff, dagegen waren die abnehmende Na und Zucker.
- 4) Die Wechselwirkung zwischen Licht und Glukose, sowie zwischen Licht und Zitronensäure zeigten sich beides nur auf die durch Licht eingewirkten Bestandteile, Na und Fe, verhältnismäßig groß, doch auf die übrigen klein.

文 献

- 1) 深井麟之助, 塩川文子 (1957) ノリの生長に関する環境化学的研究 I. 環境の反映として見たノリの無機成分について. 東水研研報, **18**, 21~30.
- 2) 敦賀花人 (1965) 生育環境がアサクサノリ生理におよぼす影響に関する研究. 内水研研報, No**22**, 1~26.
- 3) 富士川龍郎, 和田正太 (発表準備中)
- 4) 小西省三 (1965) 演習例解実験計画法, 日刊工業新聞社, 東京.

第1表 ノリ培養の実験配置

実験番号	光照射強度	栄養塩類溶液*	グルコース添加	クエン酸添加	培養終了時の肉眼観察
1	制限せず 1	加えず 1	添加せず 1	添加せず 1	色うすくざらざらした感じ
2	午後のみ培養槽の上面を被う 2	200ml/45l 2	18mg/45l 2	〃 1	色は黒いがつやなし
3	〃 2	〃 2	添加せず 1	9mg/45l 2	2よりはややよい
4	〃 2	〃 2	〃 1	添加せず 1	つやよく柔い
5	制限せず 1	〃 2	〃 1	〃 1	黒味強く全実験中2位
6	〃 1	〃 2	〃 1	9mg/45l 2	3よりはよい
7	〃 1	〃 2	18mg/45l 2	添加せず 1	2よりはつやあり
8	〃 1	600ml/45l 3	添加せず 1	〃 1	全実験中最もよい

実験条件；材料…スサビノリ（福岡県宗像郡神湊産，昭43-3-2採取），

1 培養槽当り85g投入，培養期間12日，水温13°C内外

* 栄養塩類第1液投入量，第2液は実験番号1以外に40ml添加，

表中の1，2，3はその因子の水準

第2表 各成分含量（対乾燥物%）とノリの収量(g)

実験番号	Na	K	Mg	Ca	Fe	Mn	P	S
1	1.33	2.80	0.325	0.654	12.7 x10 ⁻³	3.11 x10 ⁻³	0.258	2.24
2	0.98	3.24	0.306	0.574	12.6	4.31	0.678	2.30
3	0.90	3.13	0.297	0.557	12.6	4.45	0.694	2.21
4	0.88	3.14	0.305	0.585	14.4	4.17	0.675	2.27
5	0.86	3.02	0.187	0.597	12.6	4.83	0.729	2.21
6	0.79	3.09	0.282	0.603	20.0	4.69	0.716	2.19
7	0.72	3.01	0.294	0.563	16.4	4.59	0.713	2.27
8	0.74	3.16	0.305	0.573	18.3	4.65	0.713	2.34

実験番号	Si	粗灰分	全窒素	ガラクトサン	マンナン-a	マンナン-b	収量
1	54 x10 ⁻³	16.9	3.14	57.9	7.90	5.16	103 g
2	21	19.2	6.50	41.4	6.63	2.95	78
3	27	18.1	6.78	40.3	6.81	3.50	84
4	34	18.5	6.57	40.4	7.12	3.53	70
5	26	18.6	6.49	39.8	7.38	3.02	92
6	32	18.3	6.36	37.9	6.90	3.44	87
7	35	18.3	6.17	39.0	6.61	3.35	86
8	40	18.1	6.32	38.6	6.34	3.68	87

第 3 表 各成分の各水準推定平均値 (対乾燥物%, 取量は θ)

$$\hat{\theta} = \frac{\theta}{M} \times 100, \theta: \text{平均偏差}, M: \text{推定に用いた実験体の平均値}$$

成 分	光 照 射 強 度		グ ル コース 添 加		ク エ ン 酸 添 加		栄 養 塩 類 溶 液			光 照 射 強 度	光 照 射 強 度
	制限せず	午後抜き	18mg/45L	0	9mg/45L	0	600mg/45L	200mg/45L	0	グ ル コース	ク エ ン 酸
Ma	0.808 $\hat{\theta}=6.0$	0.910 $\hat{\theta}=7.0$	0.850 $\hat{\theta}=1.2$	0.870 $\hat{\theta}=1.4$	0.845 $\hat{\theta}=1.4$	0.870 $\hat{\theta}=1.4$	0.74	0.87	1.33 $\hat{\theta}=24$	0.060 $\hat{\theta}=7.0$	0.023 $\hat{\theta}=2.6$
K	3.04 $\hat{\theta}=2.1$	3.16 $\hat{\theta}=2.1$	3.13 $\hat{\theta}=0.7$	3.08 $\hat{\theta}=0.7$	3.11 $\hat{\theta}=0.5$	3.08 $\hat{\theta}=0.5$	3.16	3.02	2.80 $\hat{\theta}=4.3$	0.028 $\hat{\theta}=0.89$	-0.020 $\hat{\theta}=0.64$
Mg	0.288 $\hat{\theta}=2.6$	0.304 $\hat{\theta}=2.6$	0.300 $\hat{\theta}=0.7$	0.296 $\hat{\theta}=0.7$	0.290 $\hat{\theta}=2.7$	0.296 $\hat{\theta}=2.7$	0.305	0.287	0.325 $\hat{\theta}=4.2$	-0.002 $\hat{\theta}=0.51$	-0.001 $\hat{\theta}=0.23$
Ca	0.590 $\hat{\theta}=1.2$	0.576 $\hat{\theta}=1.2$	0.569 $\hat{\theta}=1.9$	0.591 $\hat{\theta}=1.9$	0.580 $\hat{\theta}=1.0$	0.591 $\hat{\theta}=1.0$	0.573	0.597	0.653 $\hat{\theta}=5.2$	0.006 $\hat{\theta}=0.99$	-0.009 $\hat{\theta}=1.5$
Fe	15.4 $\hat{\theta}=6.6$	13.5 $\hat{\theta}=6.6$	14.5 $\hat{\theta}=3.6$	13.5 $\hat{\theta}=3.6$	16.3 $\hat{\theta}=9.4$	13.5 $\hat{\theta}=9.4$	18.3	12.6	12.7 $\hat{\theta}=17$	-1.40 $\hat{\theta}=10$	-2.31 $\hat{\theta}=15$ $\times 10^{-3}$
Mn	4.74 $\hat{\theta}=5.1$	4.28 $\hat{\theta}=5.1$	4.45 $\hat{\theta}=0.6$	4.50 $\hat{\theta}=0.6$	4.57 $\hat{\theta}=0.8$	4.50 $\hat{\theta}=0.8$	4.65	4.83	3.11 $\hat{\theta}=17$	0.095 $\hat{\theta}=2.1$	0.105 $\hat{\theta}=2.3$ $\times 10^{-3}$
P	0.723 $\hat{\theta}=3.0$	0.681 $\hat{\theta}=3.0$	0.697 $\hat{\theta}=0.5$	0.703 $\hat{\theta}=0.5$	0.707 $\hat{\theta}=0.2$	0.703 $\hat{\theta}=0.2$	0.713	0.729	0.259 $\hat{\theta}=36$	0.0048 $\hat{\theta}=0.69$	0.0080 $\hat{\theta}=1.1$
S	2.22 $\hat{\theta}=0.91$	2.26 $\hat{\theta}=0.91$	2.29 $\hat{\theta}=1.0$	2.24 $\hat{\theta}=1.0$	2.20 $\hat{\theta}=0.9$	2.24 $\hat{\theta}=0.9$	2.34	2.21	2.24 $\hat{\theta}=0.8$	-0.0283 $\hat{\theta}=0.37$	-0.0077 $\hat{\theta}=0.34$
Si	30.0 $\hat{\theta}=1.9$	28.9 $\hat{\theta}=1.9$	28.0 $\hat{\theta}=3.6$	30.1 $\hat{\theta}=3.6$	29.5 $\hat{\theta}=0.1$	30.1 $\hat{\theta}=0.1$	39.8	26.2	53.9 $\hat{\theta}=23$	-5.64 $\hat{\theta}=19$	-3.21 $\hat{\theta}=11$ $\times 10^{-3}$
粗 灰 分	18.5 $\hat{\theta}=1.8$	18.6 $\hat{\theta}=0.34$	18.8 $\hat{\theta}=0.5$	18.6 $\hat{\theta}=0.5$	18.2 $\hat{\theta}=1.0$	18.6 $\hat{\theta}=1.0$	18.1	18.6	16.9 $\hat{\theta}=3.6$	0.25 $\hat{\theta}=1.3$	-0.025 $\hat{\theta}=0.13$
全 窒 素	6.38 $\hat{\theta}=1.8$	6.61 $\hat{\theta}=1.8$	6.35 $\hat{\theta}=1.5$	6.53 $\hat{\theta}=1.5$	6.57 $\hat{\theta}=0.3$	6.53 $\hat{\theta}=0.3$	6.32	6.49	3.14 $\hat{\theta}=27$	0.063 $\hat{\theta}=0.97$	-0.085 $\hat{\theta}=1.3$
ガラクトン	39.1 $\hat{\theta}=1.9$	40.6 $\hat{\theta}=1.9$	40.2 $\hat{\theta}=0.1$	40.1 $\hat{\theta}=0.1$	39.1 $\hat{\theta}=1.3$	40.1 $\hat{\theta}=1.3$	38.6	39.8	57.9 $\hat{\theta}=18.3$	0.48 $\hat{\theta}=1.2$	0.45 $\hat{\theta}=0.11$
マンナン-a	7.07 $\hat{\theta}=1.1$	6.92 $\hat{\theta}=1.1$	6.62 $\hat{\theta}=4.5$	7.25 $\hat{\theta}=4.5$	6.68 $\hat{\theta}=2.8$	7.25 $\hat{\theta}=2.8$	6.34	7.36	7.90 $\hat{\theta}=8.0$	0.07 $\hat{\theta}=1.0$	-0.11 $\hat{\theta}=3.3$
マンナン-b	3.21 $\hat{\theta}=2.6$	3.38 $\hat{\theta}=2.6$	3.15 $\hat{\theta}=1.9$	3.28 $\hat{\theta}=1.9$	3.47 $\hat{\theta}=2.9$	3.28 $\hat{\theta}=2.9$	3.68	3.02	5.16 $\hat{\theta}=20$	0.23 $\hat{\theta}=0.07$	0.043 $\hat{\theta}=0.60$
取 量	89.3 $\hat{\theta}=8.4$	75.5 $\hat{\theta}=8.4$	82.0 $\hat{\theta}=0.61$	81.0 $\hat{\theta}=0.61$	85.5 $\hat{\theta}=2.7$	81.0 $\hat{\theta}=2.7$	87	92	103 $\hat{\theta}=6.4$	3.5 $\hat{\theta}=4.3$	4.8 $\hat{\theta}=5.7$