

養殖ノリにおける生ノリと乾ノリの 色調評価およびその相互関係

久野勝利・川村嘉応*

Evaluation of the color tone of raw and dried Nori and their correlation to Nori quality

Katsutoshi KUNO, and Yoshio KAWAMURA

The study was conducted to develop an easy method of evaluating color fading of cultured Nori in the field. One-hundred samples each of raw and dried Nori obtained from Nori farmers were used in the study. The qualities of the total 200 samples were evaluated using the color tone analysis (L^* , a^* , b^* values), etc. Samples of the raw and dried Nori were then ranked through the color tone correlation and cluster analysis. Significantly high correlations were found between the visual observation and the color tone of raw Nori, between the color tone of raw and that of dried Nori, and between the color tone and the authorized quality rank of dried Nori. These results suggest that the color tone of raw Nori can also be associated to the quality ranking of the dried one. Moreover, classification by the cluster analysis turned out to be close to the classification of raw Nori by color fading levels determined by the visual observation and that of dried Nori by color fading levels determined by the authorized quality ranking. Therefore, it was considered possible to use the cluster analysis to differentiate color fading levels in raw Nori.

はじめに

有明海におけるノリ養殖生産の不安定要因の一つとして、珪藻、鞭毛藻類などの赤潮による栄養塩低下がある^{1)~3)}。養殖されるノリは、海水中の栄養塩類の低下により色が退色する「色落ちノリ」となり、それを陸上で加工した乾ノリの評価は著しく低下する。また、ノリ養殖漁場における色落ちは、海況によっては進行が速く、生産に大きな影響を及ぼすため、生産者は漁場における迅速な色調評価と養殖管理が求められる。現在、ノリ養殖漁場における色落ちの色調評価は、ほとんどが目視観察による相対的な評価で行われており、この方法では客観性に乏しい。一方で、葉緑素計や色差計を用いた報告^{4)~8)}はあるが、いずれも手間と時間がかかる。また、これら分析機器は高価であるため、生産者が現場で使用するには現実的ではない。そこで、ノリ葉体の色調を現場で評価できる色見本、例えば、プレート上に葉体の各色落ちレベルの色調を示した色見本を配したものがあれば、評

価の客観性、簡便性および経済性の点から非常に有効なツールになると考えられる。しかし、ノリ葉体は、乾ノリの格付等級で最終的に評価される。従って、ノリ葉体色調評価のための色見本プレートを開発するには、生ノリと乾ノリの色調関係を評価し、色見本にその関係を反映させることが重要である。

そこで、本研究では、漁場における色落ち程度を迅速に判定するための簡易評価技術を開発するため、まず、生ノリと乾ノリの色調評価とその相互関係について検討したので、以下に報告する。

材料および方法

供試ノリ葉体および乾ノリ

供試ノリ葉体(以下、生ノリと記す)および乾ノリは、秋芽網期の2002年11月12日~12月3日に50検体、冷凍網期の2002年12月25日~2003年3月27日に同じく50検体をノリ養殖漁家から採集した。生ノリはFig. 1に示す当県ノリ養殖漁場から摘採されたもので、乾ノリはその生

*佐賀県有明海再生課

Table 1 Evaluation of the color tone raw Nori by the visual observation

Degree of fading in raw nori thalli*	Index of fading
— : normal	0
± : slight fading	1
+ : slight discoloration	2
+2 : pretty discoloration	3
+3 : serious discoloration	4

*The color fading levels are based on the criteria of Saga Prefectural Ariake Fisheries Research and Development Center.

ノリを直ちに佐賀県有明海漁業協同組合連合会（以下、有明漁連と記す）の規格に基づいて陸上加工されたものである。なお、検体は色落ちノリも含まれ、採集後直ちに当センターに持ち帰り分析した。

生ノリの色調評価および品質分析

生ノリの目視評価は、当センターの目視観察によるレベル判定基準から、「正常」を0、「色やや浅い」を1、「色落ち軽症」を2、「色落ち中程度」を3、「色落ち重症」を4と数値化した（Table 1）。判定は、海水を少量入れた白いバットに生ノリ葉体を広げて行った。

生ノリの色調評価は、ノリ葉体の色調評価に関する報告^{4)~7)}から表色系であるL*値、a*値およびb*値（以下、L*a*b*値と記す）を用いた。測定は、多光源分光測色計（スガ試験機社製、SM-2型）のC光-2°の条件下で、測定部に薄いスライドガラスを固定し、葉体を1枚広げ、その上からキャリブレーションプレートで軽く押さえる方法で行った。なお、L*a*b*値は、大きい生ノリ葉体の中

から病気感染や成熟していないものを1検体あたり10枚選び、葉体の先端から1~2 cmの部分測定し平均値で表した。

生ノリのクロロフィル量は、伊藤らの報告⁸⁾から、葉緑素計（ミノルタ社製、SPAD-502）で示される値を用いた。測定は、予備試験の結果から、葉体の先端から4 cmの部分で切り、それを2重に折り曲げ、薄いビニールで挟み込んで行った。なお、1検体あたり10枚を測定し平均値で表した（以下、この分析値をSPAD値と記す）。

乾ノリの色調評価および品質分析

乾ノリの格付等級評価は、有明漁連格付等級基準から黒み度により「色落ちノリ」を0、「色はやや浅い」を

Table 2 Evaluation of the color tone dried Nori by the authorized quality rank

The authorized quality rank* ¹	Index of black color tone* ²
Jo 1	5.5
1, Kuro jo 1, Kumori jo 1	5.4
Jo 2, Kuro 1	5.2
2, Kumori 1	4.9
Jo 3, Kuro 2, Kumori 2	4.5
3, Betsu 2, C2	4.0
Jo 4, Kuro 3, Kumori 3	3.5
4, Betsu 3, C3	3.0
Jo 5, 5, Kumori 4, Betsu 4	2.3
6, Kumori 5	1.5
7, Betsu 5, Kumori 6, C4, C5	0.6
A5, A6, A7, Kumori 7, C6, C7	0.0

※1 The ranks are based on the criteria of the Federation of Saga Prefectural Ariake Fisheries Cooperative Associations.

※2 The points for the ranks based on black color tone are in accordance with criteria used by Nori testing staff of Federation of Saga Prefectural Ariake Fisheries Cooperative Associations.

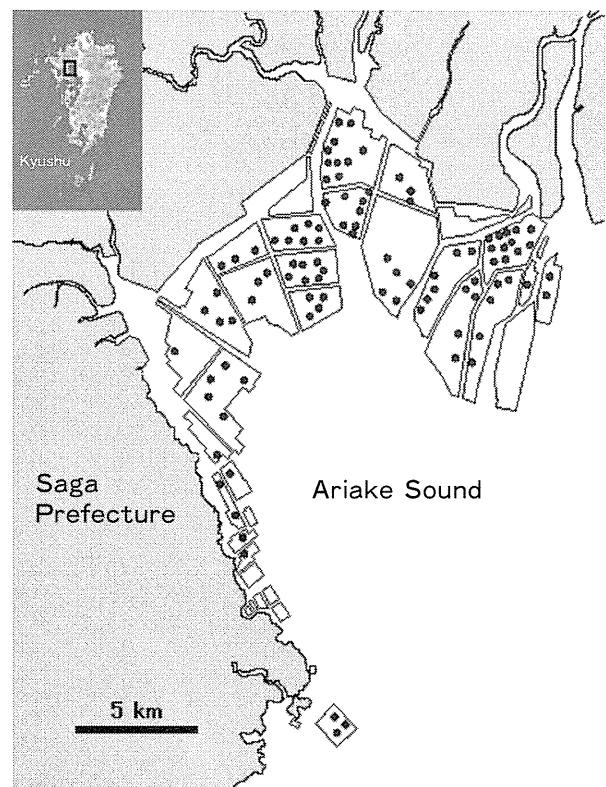


Fig. 1 Map of the inner part of Ariake sound, showing the Nori culture ground of Saga Prefecture. □, Nori culture farms; ●, Site of sampling Nori.

0.6~1.5, 「色は正常」を2.3~5.5と数値化した (Table 2)。なお, 格付等級毎の点数設定および検体の格付等級は, 有明漁連の乾のり検査員が行った。

乾ノリの色調評価は, 生ノリと同じL*a*b*値を用いた。乾ノリのL*a*b*値は, 生ノリと同じ方法で, 1検体あたり2枚選び, 1枚5箇所ずつを測定し平均値で示した。

乾ノリの窒素含量と炭素含量(以下, N含量, C含量と記す)は, 1検体あたり3枚をCNコーダー(ヤナコ社製, MT-600)を用い分析した。また, NおよびC含量からC/N比を算出した。

ノリ品質分析要素による検体の分類

生ノリと乾ノリの品質分析要素をもとに, クラスタ分析で100検体の分類を行った。使用データは, 以下に示す2つの理由から, 生ノリのL*値, a*値, SPAD値, 乾ノリのL*値, b*値, N含量, およびC/N比の7変数とした。①: 分析結果と分析値間の相関関係から生ノリb*値と乾ノリa*値を除く。また, 今回の結果と馬場らの乾ノリの炭素含有率と等級との相関は低いという報告⁹⁾から乾ノリのC含量を除く。②: 客観的評価を重視することから生ノリ目視評価と乾ノリ格付等級を除く。なお, 分析は統計ソフト(エスミ社製, 多変量解析ver. 4.0)を用い, 分類感度が高い最長距離法で行った。

結 果

生ノリと乾ノリの色調評価とその相互関係

生ノリ色調の目視評価とL*値, a*値およびb*値との関係をFig. 2に示した。それぞれの相関係数(r)は0.832, 0.791, 0.528となり, 全ての関係で高い相関が認められた($p < 0.01$)。生ノリの目視評価で葉体の色が浅く色落ち傾向になるに従って, L*値は大きくなり, a*値とb*値

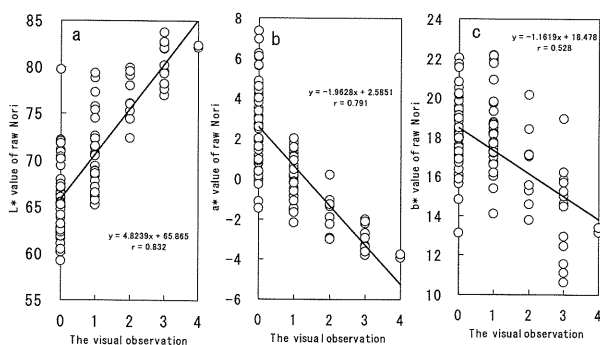


Fig. 2 Relationship between the visual observation and the color tone analysis of the raw Nori. a, L*value; b, a*value, c, b*value.

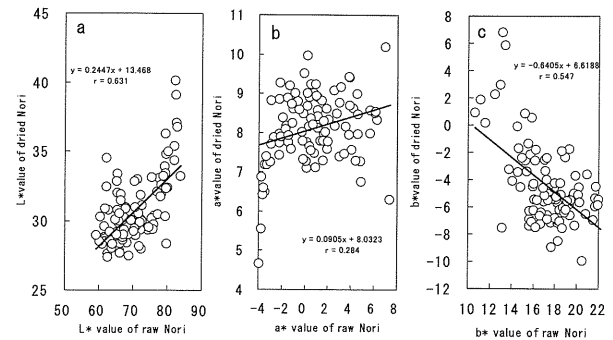


Fig. 3 Relationship between the raw Nori and the dried Nori of the color tone analysis. a, L*value; b, a*value, c, b*value.

は小さくなる傾向を示した。しかし, 目視評価とb*値との関係は他の関係と比べ相関は低く, b*値は目視評価の正常~色落ち中程度までのすべてのレベルでばらつきがやや大きかった。

生ノリと乾ノリとのL*値, a*値およびb*値それぞれの関係をFig. 3に示した。それぞれの相関係数(r)は0.631, 0.284, 0.547となり, 全ての関係で高い相関が認められた($p < 0.01$)。生ノリの色調評価で葉体の色が浅く色落ち傾向(L*値は高く, a*値とb*値は低くなる)になるに従って, 乾ノリのL*値は大きくなり, a*値とb*値は小さくなる傾向を示した。しかし, 生ノリのL*値が80以上, a*値で-3以下, b*値で13以下(生ノリ色落ちの中程度~重症)では, 乾ノリのL*値, a*値およびb*値すべての値のばらつきがやや大きかった。特に, a*値は, L*値とb*値と比べ全体的にばらつきが大きかった。

乾ノリの格付等級評価とL*値, a*値およびb*値との関係をFig. 4に示した。それぞれの相関係数(r)は0.559, 0.457, 0.601となり, 全ての関係で高い相関が認められた($p < 0.01$)。乾ノリの格付等級で葉体の色が浅く色落ち傾向になるに従って, L*値とb*値は大きくなり, a*値

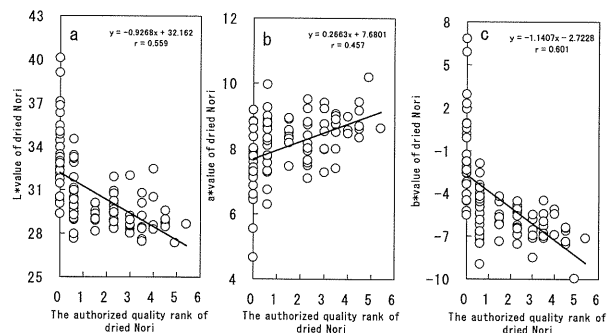


Fig. 4 Relationship between the authorized quality rank and the color tone analysis of the dried Nori. a, L*value; b, a*value, c, b*value.

Table 3 Correlation coefficients between raw Nori and dried Nori of the quality analysis (n=100)

Analysis of quality	(symbol)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Macroscopic estimation (raw Nori)	(I)	1											
L* value (raw Nori)	(II)	0.832*	1										
a* value (raw Nori)	(III)	-0.791*	-0.845*	1									
b* value (raw Nori)	(IV)	-0.528*	-0.503*	0.477*	1								
SPAD value (raw Nori)	(V)	-0.826*	-0.919*	0.810*	0.474*	1							
The authorized quality rank (dried Nori)	(VI)	-0.699*	-0.728*	0.696*	0.257*	0.796*	1						
L* value (dried Nori)	(VII)	0.709*	0.631*	-0.442*	-0.545*	-0.585*	-0.559*	1					
a* value (dried Nori)	(VIII)	-0.458*	-0.315*	0.284*	0.165*	0.332*	0.457*	-0.687*	1				
b* value (dried Nori)	(IX)	0.795*	0.714*	-0.656*	-0.547*	-0.719*	-0.601*	0.840*	-0.651*	1			
Nitrogen content (dried Nori)	(X)	-0.906*	-0.823*	0.847*	0.429*	0.809*	0.717*	-0.600*	0.444*	-0.780*	1		
Carbon content (dried Nori)	(XI)	-0.712*	-0.668*	0.738*	0.360*	0.669*	0.580*	-0.398*	0.254*	-0.656*	0.775*	1	
Raito of carbon to nitrogen (dried Nori)	(XII)	0.899*	0.770*	-0.729*	-0.529*	-0.745*	-0.599*	0.741*	-0.542*	0.854*	-0.928*	-0.647*	1

*Significant at 1% level, **Significant at 5% level.

は小さくなる傾向を示した。しかし、色落ちも含む格付等級下位（レベル0～1）では、他の等級レベルと比べ乾ノリL*値、a*値およびb*値のばらつきがやや大きかった。

品質分析各要素間の関係

生ノリおよび乾ノリの品質分析要素間相互の相関係数(r)をTable 3に示した。生ノリb*値と乾ノリア*値との関係は有意水準5%および1%で相関が認められなかったが、その他の関係は高い相関が認められた($p < 0.01$; 但し、生ノリb*値と格付等級、乾ノリア*値とC含量の関係については、有意水準5%で相関が認められた)。

ノリ品質分析要素による検体の分類

生ノリと乾ノリの品質分析要素をもとに、クラスター分析法で100検体の分類を行った。その結果、非類似度12.3で5グループに分類された。各クラスターごとの生ノリL*値、a*値、b*値の平均値と各クラスター間の色差¹⁰⁾ ($\Delta E^*ab = [\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2]^{1/2}$)をTable 4に

示した。クラスターNo.1からNo.5の順、つまり生ノリの色落ちに従って、L*値は大きくなり、a*値は小さくなる傾向がみられた。各クラスター間の色差は3.91～7.59であり、クラスターNo.3（色やや浅い）とNo.4（色落ち軽症）との色差が最も大きく、7.59を示した。また、この5グループに分類された検体すべての生ノリ色落ちレベルと乾ノリ格付等級をTable 5に示した。各クラスター（No.1～5）ごとの主な生ノリ色落ちレベルは、-, -, ±, +, +2となり、乾ノリ格付等級は1～5等、3～7等、6～7等、A6～A7等、A7等となった。

考 察

生ノリと乾ノリの色調評価とその相互関係

色落ちに伴う色調変化をみると、生ノリではL*値は高く、a*値とb*値は低くなる傾向がみられた。しかし、b*値は、Table 4, 5に示すように、色が浅い程度までは黄

Table 4 The color tone analysis of the raw Nori and color difference among the divisions classified by the cluster analysis

Index of cluster analysis	The color tone analysis of the raw Nori* ¹			Color difference* ²
	L* value (SD)	a* value (SD)	b* value (SD)	
No. 1	63.18 (2.24)	4.35 (1.63)	17.67 (2.01)	} 3.91
No. 2	65.97 (1.30)	1.65 (1.37)	18.34 (2.04)	
No. 3	71.13 (2.25)	0.09 (1.07)	18.51 (1.87)	} 5.43
No. 4	78.04 (1.63)	-2.15 (0.95)	16.25 (1.64)	
No. 5	81.7 (1.44)	-3.07 (1.87)	13.08 (1.73)	} 7.59
				} 4.94

*¹ Mean of Classified sample.

*² Color difference between each sample of cluster analysis; $\Delta E^*ab = [\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2]^{1/2}$.

Table 5 How the classification of 100 samples subjected to the cluster analysis relates to the visual observation of color fading in the samples and their authorized quality rank

Index of cluster analysis*	Evaluation of the color tone raw Nori by the visual observation		Evaluation of the color tone dried Nori by the authorized quality rank	
	Main evolution	Classified sample	Main evolution	Classified sample
No. 1	-	-, -, -, -, -, -, -, - -, -, -, -, -, -, -, - -, -, -, -, -, -, -, -	1~5	Jo5, 1, Kumori2, Betsu2, Kuro2, Jo3, Kumori3, 4 Betsu4, Betsu3, Kumori3, Betsu4, Betsu2, Betsu5, Betsu5, Betsu5, Betsu5 Kuro2, 5, Jo4, 4, Kumori3, 4, Betsu3, 2
No. 2	-	-, -, ±, ±, ±, -, -, - ±, -, -, -, -, -, ±, - -	3~7	Kumori3, Kumori4, 7, 7, Kumori5, 3, 4, Jo5 7, Kumori4, 4, 3, 6, 6, 6, C6 Kumori3, Kumori4
No. 3	±	±, ±, +, ±, ±, ±, ±, ± +, ±, ±, ±, ±, ±, ±, - -, ±, -, ±, ±, ±, -, - ±, ±, +, ±, ±, -, -, ±, -	6~7	Kumori5, Kumori4, 7, Jo4, 6, 7, 7, Kumori5 7, 7, 7, 7, 6, Jo5, 7, Jo5 7, Kumori6, Kumori4, 5, Kumori6, C6, C6, 7 Kumori6, Kumori6, 5, Jo5, C6, 6
No. 4	+	+, +, +, +, +, +2, +2 ±, +, ±, +, -, +, +2, ±	A6~A7	Kumori7, A7, A6, A7, A6, A7, A7, A7 Kumori6, A6, 7, A7, 5, A6, 7, A7
No. 5	+2	+2, +2, +2, +2, +2, +2 +2, +2, +3, +3	A7	A7, A7, A7, A7, A7, A7, A7 A7, A7, A7

※The cluster analysis was performed using a furthest neighbor method for seven variates (L*, a* value and SPAD value for the raw Nori and L*, b* value, N content, C/N ratio for the dried Nori). The samples were classified into five clusters using a dissimilarity measure of 12.3.

色みが増し高くなる傾向にあったが、色落ち軽症~重度で低くなる特徴的な傾向を示した。この結果は、坂口ら⁶⁾の生ノリb*値は色落ちに伴い高くなるという報告と異なる。これは、色落ちにより葉体細胞の透明性が上昇したことから、検体を押さえていたキャリブレーションプレートの色（乳白色）により黄色みが低下したためと考えられる。一方、乾ノリの色落ちに伴う色調変化をみるとL*値とb*値は高く、a*値は低くなる傾向がみられた。

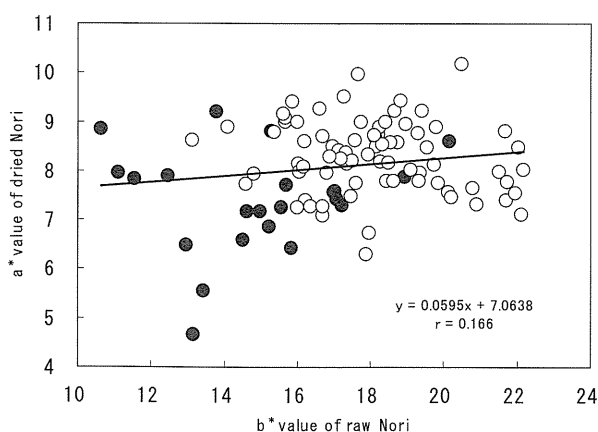


Fig. 5 Relationship between b*value of raw Nori and a*value of dried Nori. ●, A6 and A7 of the authorized quality rank; ○, the authorized quality rank other than A6 and A7.

しかし、赤みを示すa*値は、色落ちに伴う数値低下の顕著な傾向はみられなかった。これは、当県の支柱式養殖管理の特徴であり、下位あるいは上位等級にかかわらず養殖網水位を高め管理すると乾ノリが赤めになる現象がみられることが原因と考えられる。いずれにしても、生ノリb*値もしくは乾ノリア*値による色落ちの色調評価は難しいと考えられ (Fig. 5)、両値はクラスター分析における変数から除いた。また、乾ノリの格付等級とL*値、a*値、b*値との関係では、色落ちを含む下位等級における各色調のばらつきが大きくなる傾向を示した。これは、下位等級に格付けされる要因が色調だけでなく、光沢や柔らかさなどの評価も入ってくるためと考えられた。以上のように、色落ちの色調評価を難しくしている関係が一部みられたが、生ノリb*値と乾ノリア*値との関係を除けば、生ノリの目視評価と色調、生ノリ色調と乾ノリ色調、乾ノリ色調と格付等級評価のそれぞれの関係は総じて高い相関が認められた。また、生ノリの目視評価と乾ノリの格付等級評価の関係も高い相関が認められたことから (Table 3)、生ノリの色調評価が乾ノリの色調評価にもつながると考えられた。

クラスター分析による色見本作成の可能性

クラスター分析法による100検体の分類結果は、生ノリの目視評価と乾ノリの格付等級評価の色落ち程度によ

るそれぞれの分類と類似した (Table 5)。また、色落ちの判断基準は、クラスターNo. 4とNo. 5それぞれの生ノリL*値, a*値の平均値とその標準偏差から, L*値が76以上, a*値は-1.2以下と考えられた。この値は、検体の採集年度, 養殖海域や分析方法, 機器などによって多少変化すると思われるが、小谷⁵⁾が報告したL*値が73以上, a*値は-0.9以下という値と大差はなかった。さらに、各クラスターごとの生ノリL*値, a*値, b*値の平均値から算出した各クラスター間の色差の範囲は3.91~7.59であり (Table 4), 色差の程度¹¹⁾は「目立つ (appreciable) ~「大いに(much)」に分類された。特に、クラスターNo. 3 (色やや浅い) とNo. 4 (色落ち軽症) との色差が最も大きく7.59を示したことは、この分類が生ノリの色落ち判定に有効となる可能性があるものと考えられた。

以上のことから、今回のクラスター分析で得られた色調データを利用することによって、生ノリの色落ち程度のレベル分け, すなわち色見本作成は可能であると考えられた。しかし、実際に生ノリの色見本を作成するには、今回のデータが2002年度検体のみであることや生ノリb*値のばらつきなどについて今後さらに検討する必要があると思われる。また、ノリ葉体の色は、リンゴやレモンなどのように明るく鮮やかでなく、くすんだ色調を特徴とする。そのため、生ノリの濡れ方 (乾燥程度) や太陽光の影響などで色の見え方が大きく変化する可能性¹⁰⁾もあり、色見本作成の段階では色見本の形や大きさ, プレート (色見本を載せる板) の色の選定など詳細な検討が必要と考えられる。さらに、色調データが整理されたとしても、色見本作成には、色調データを実際の色として正確に反映させる色原料の選定とその色原料をデータに基づいて実際の色調へと調整していくカラーマネジメント技術が必要であると考えられる。

文 献

- 1) 千々波行典・川村嘉応・大隈齊・白島勲 (1993) : 1991年度西・南部ノリ養殖漁場で育苗期から発生した色落ちと幼芽の異形化. 佐有水研報, (15), 61-70.
- 2) 川村嘉応 (2001) : 平成12年度佐賀県有明海のノリ養殖の不作と珪藻の大増殖. 海苔と海藻, (62), 1-12.
- 3) 首藤俊雄・吉田賢二・川村嘉応 (2001) : 2000年度佐賀県有明海湾奥部におけるフィロコプサ赤潮の発生とノリ養殖への影響. 佐有水研報, (20), 25-33.
- 4) 工藤盛徳 (1999) : 乾海苔の品質計測法に関する基礎研究—可視光の吸収と反射による評価法の検討—[海苔増殖振興会会報V]. 財団法人海苔増殖振興会, 東京, 198-206.
- 5) 小谷正幸 (2000) : ノリ葉体の色落ちの数値化. 福岡水海技セ研報, (10), 49-50.
- 6) 坂口研一・落合昇・Chan Sun Park・柿沼誠・天野秀臣 (2003) : 色落ちノリの色調評価と硫酸アンモニウム添加海水への浸漬による色調回復. 日本水産学会誌, 69 (3), 399-404.
- 7) 小谷正幸・藤井直幹 (2003) : ノリ葉体の色と乾燥葉体のアミノ酸量の経年変化. 福岡水海技セ研報, (13), 27-30.
- 8) 伊藤史郎・首藤俊雄・川村嘉応・鷲尾真佐人・横尾一成・吉本宗央 : 生産阻害因子の発生動態に関する研究. 平成8年度地域重要新技術開発促進事業報告書, 8-9.
- 9) 馬場裕文・川村嘉応・山下康夫 : ノリ品質向上のための漁場行使に関する研究. 昭和59年度指定調査研究総合助成事業報告書, 29-51.
- 10) コニカミノルタセンシング株式会社 (2006) : 色を読む話—色彩管理は「感覚」から「知覚」へ—. 22-43.
- 11) 村田幸男 : 測色と色比較の方法. 「新編色彩科学ハンドブック」(日本色彩学会編). 東京大学出版会, 東京, 244.