

施術時のピース貝殻体真珠層色選別による真珠色彩の向上

岩永俊介, 日高政明¹, 古藤栄二¹, 小田新二¹, 小島拓郎²

Improved pearl color by selecting the pearl layer color of piece shells for nucleus inserting operation of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*

SHUNSUKE IWANAGA, MASAOKI HIDAKA¹, EIJI KOTO¹, Shinji ODA¹ AND TAKURO KOJIMA²

The outer and inner colors of the pearl layer in the pearl oyster *Pinctada fucata martensii* is used as an indicator for selecting sacrificed pearl oysters for graft (piece oysters). Piece oysters were selected visually based on the colorimetry method, which was used in July 2009 to select parent shells for the seed production of oysters used as piece shells, and their piece shells were used during insertion of nuclei. Operated-oysters were cultured in Tsushima, Nagasaki Prefecture from Aug. 2009 to Jun. 2010. The purpose was to establish a method of selecting piece oysters to use for producing high-quality pearls. The colors of pearls produced with piece oysters selected by the outer, inner and outer-inner colors of the pearl layer were compared with the group where no selection was done. White object color was selected as the outer pearl layer color. White object and red interference colors were selected for the inner pearl layer color. The rates of production of pearls with white object color were 11.5~35.6 % higher in the selected groups than in the control. The rates of production of pearls with white object color in groups selected by the outer color and by the outer-inner color were significantly higher than the group selected by the inner color. The rates of production of pearls with pink interference color were 36.0~39.4 % higher in groups selected by the inner color and by the outer-inner color than those selected by the outer color and the control. The commercial value of pearls produced from the group selected by the outer-inner pearl layer was 1.58 times higher than pearls obtained from the control. Above results suggest that the color in the pearl layer is an effective indicator and using piece oysters with white object and red interference colors in the pearl layer during nucleus inserting can result in improved pearl quality.

真珠の色彩は実体色と干渉色が複合的に現れるのが特徴である。実体色は真珠に含まれる黄色色素量の多寡により黄色系と白色系に大きく分けられ、黄色系はゴールドに、白色系はブルー、ホワイト、グリーンおよびクリーム色に細かく分けられている¹⁾。一方、干渉色は真珠層表面から 30 ~40 μm までの真珠層一枚の厚さの違いから生じる干渉作用により、ピンク系とグリーン系に分けられている²⁾。一般的に、実体色

では白色系が黄色系より商品価値が高く、さらに白色系の中ではホワイト色が最も高く評価されている。また、干渉色ではピンク系がグリーン系より商品価値が高い。そのため、真珠入札会では実体色がホワイト色で干渉色がピンク系の真珠が高価に取引されている。

真珠の色彩に関する研究^{3,4)}は多数発表され、殻体真珠層と真珠に含まれる黄色色素は同一成分であり、実体色は施術時に移植する外套膜小

1 対馬真珠養殖漁業協同組合青年部

2 対馬真珠養殖漁業協同組合

片（以下、ピースと略す）を採取するアコヤガイ（以下、ピース貝と略す）の黄色色素分泌能に大きく依存することが分かっている³⁾。また、林⁵⁾は色彩色差計で外面殻体真珠層の黄色色素量（黄色度；b値）が少ない個体（白色系）をピース貝生産用の親貝として選別することで白色系真珠の出現率を著しく増加させた。さらに、筆者らはピース貝生産用の親貝選別法として林の方法⁵⁾に加えて、内面殻体真珠層の黄色度と赤色度（a値）を選別指標に用いることで、実体色がホワイト色で干渉色がピンク系の高品質真珠の出現率を高めることができることを報告した⁶⁾。

真珠養殖業では1996年からアコヤガイ赤変病による真珠の品質低下や近年の景気低迷による需要の低下が影響し、浜揚げ真珠の単価が著しく下落している^{7,8,9,10)}。現在、真珠養殖業の経営は危機的な状態にあり、経営改善を図るためには高品質真珠の生産性を高めることが重要である。

その対策の1つとして、真珠養殖業者は入札会の結果等の情報をもとに色彩が良い真珠の出現率が高いと評価されるピース貝（稚貝：殻長約2mm）を県内外の民間種苗生産機関から毎年入手している。しかし、ピース貝は購入から施術時に使用するまで1年以上飼育するため、その間に入札会が開かれて貝の評価が変わることがある。また、同一家系（商品）のピース貝であっても生産された年によって貝の生育状況や色彩が良い真珠の出現率が異なると言われている。そのため、養殖業者はその不安定な状況を補うため、毎年数家系のピース貝を家系毎に必要な量（1年間の施術）以上を飼育し確保しているが、使用せずに廃棄する家系も多数ある。ピース貝の過剰飼育は非効率的であり、養殖業者はこのような無駄をなくすため品質の安定した優良ピース貝の作出を強く望んでいる。

優良ピース貝の作出を図るうえでは、遺伝子解析に基づいて品質を特定して進めることが望ましいが、良質な色彩の真珠層を分泌する外套

膜の遺伝子解析が進んでいない現状では難しい。そのため、林⁵⁾や岩永ら⁶⁾はピース貝の品質を安定させるため殻体真珠層の色彩を指標としたピース貝生産用親貝選別法を開発した。この方法で作出したピース貝を用いることで優良真珠の出現率を高めることを可能としたが、さらに筆者らはこの方法を養殖現場に応用することで出現率をより高められると考えた。

そこで、本研究では養殖現場において既報^{5,6)}に準じ、殻体真珠層の黄色（色素量）と赤色（干渉色）の有無を指標に市販のピース貝（親貝選別法は不明）を施術時に目視で選別して、選別群と無選別群のそれぞれから真珠を生産し、得られた真珠の色彩や単価を比較したので、その結果を報告する。

材料および方法

ピース貝選別（試験区設定） 供試貝は県外の民間種苗生産機関で2008年3月に生産され、対馬市美津島町大山地先の漁場で約1年間飼育された貝（親貝の産地や選別方法は不明、平均全重量：約26g）780個体を用いた。選別したピース貝は、色彩色差計によるピース貝生産用親貝の選別法^{5,6)}に準じ、施術時にピース貝の外面および内面の殻体真珠層色を目視で選別した群、外面のみを選別した群、内面のみを選別した群と、これらに無選別群を加えた4区（以下、それぞれを外・内面区、外面区、内面区および対照区と略す）を設けた。

試験区は以下のように設定した（Fig.1）。まず、ピース貝780個体の中から無作為に350個体を抽出して外面殻体頂上部の稜柱層を市販のグラインダーで削り（縦：約20mm、横：約10mm）、露出した真珠層の実体色が白色の172個体を選別した。その中から、無作為に110個体を抽出し、開殻して内面殻体真珠層の実体色が白色で、干渉色が赤色を呈す40個体（出現率：18%）を選別して外・内面区とした。残りの62個体（出現率：49%）を外面区とした。

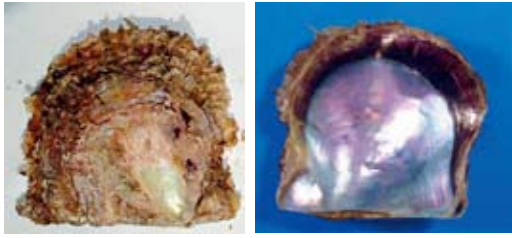


Fig.1. The colors of the outer (left picture) and inner (right picture) pearl layers of selected piece-shells

さらに、最初に無作為に抽出した残り430個体から、350個体を無作為に抽出して開殻し、内面殻体真珠層の実体色が白色で、干渉色が赤色を呈す98個体（出現率：28%）を選別して内面区とした。対照区は最初の780個体から無作為抽出した残りの80個体を用いた。

なお、ピース貝の外面と内面殻体真珠層の選別では、左殻と右殻から採取したピースで真珠の品質に差がない結果¹¹⁾から、林⁵⁾の選別方法と同様に左殻を用いた。

選別したピース貝を用いた真珠の生産試験 供試した母貝（以下、施術貝と略す）は、県内民間種苗生産機関で2008年3月に生産され、対馬市美津島町濃部地先の漁場で2ヶ月間の抑制（施術前の活力を調整すること）を含む1年4ヶ月間飼育された3,731個体（平均全重量：約26g）を用いた。これらに各区のピースと6.36mmの核を2009年7月5日に施術した。その後、施術貝は活力回復と脱核を軽減するため波の穏やかな漁場で約1ヶ月間養生飼育した後、真珠生産試験を対馬市美津島町濃部地先で2009年8月2日～2010年1月30日の間に行った。

殻体真珠層の色彩評価および測定 施術時のピース貝殻体真珠層色の黄色および赤色の有無に関する選別は目視で行ったが、施術後に色彩色差計の表色システムを用いて検証した。表色システムにはa値およびb値がある。a値は赤色と緑色の強さを示し、プラス域では赤色が強く、マイナス域では緑色が強い。また、b値は黄色と青色の強さを示し、プラス域では黄色が強く、

マイナス域では青色が強い。色彩の測定は、外面殻体真珠層ではグラインダーで削った部分を、内面殻体真珠層では内面の先端部3ヶ所を色彩色差計（コニカミノルタ製 カラーリーダー CR-13）を用いて行った。なお、内面については3ヶ所の平均値を個体の値とした。

生産した真珠の品質 試験終了時には各区の斃死個体を確認し、生存個体から真珠を採取した。その後、入札会で商品として販売が可能な真珠（以下、商品真珠と略す）の出現率、大きさ等を調査した。さらに、商品真珠の7.00～7.99mm真珠（以下、7ミリ珠と略す）については、色彩を調査した。実体色は沢田¹⁾が報告した分類に基づき選別した。干渉色は小松の方法²⁾に基づき、下半球発現干渉色観察装置（真珠科学研究所製 オーロラビューアー）を用いて選別した。単価は対馬真珠養殖漁業協同組合に依頼して算出した。なお、商品真珠の6.00～6.99mm真珠（以下、6ミリ珠と略す）の色彩の調査は、各区から産出された個数が少なく行わなかった。

各測定項目の検定 各測定項目の区間における有意差はStudentのt検定および χ^2 検定を用い、各検定の有意水準は $p \leq 0.05$ とした¹²⁾。

結果

ピース貝の選別 目視で選別した殻体真珠層の色彩色差計による測定結果をTable 1に示す。外・内面区、外面区および内面区の殻体真珠層の黄色度(b値)および赤色度(a値)は、目視による比較的簡単な選別で差がみられた(Table 1)。すなわち、対照区では外面殻体真珠層のb値は 1.9 ± 0.9 (SE)であったのに対し、外面を選別した外・内面区および外面区のb値はそれぞれ -1.7 ± 0.5 (SE)および -2.0 ± 0.6 (SE)であり、各値は対照区より低かった($p < 0.05$)。なお、外面を選別していない内面区の外面殻体真珠層b値の値は 0.7 ± 0.7 (SE)となり、対照区と差はなかった($p > 0.05$)。内面殻体真珠層では対照区のb値とa値の値はそれぞれ 0.9 ± 1.0 (SE)およ

Table 1 The a- and b- values of the pearl layer in each group measured by colorimeter method

Group	Outer pearl layer		Inner pearl layer	
	b-value	a-value	b-value	a-value
Selected by the outer-inner pearl layer (n=30)	-1.7±0.5*	5.4±0.8*	-4.6±0.6*	
Selected by the outer pearl layer (n=30)	-2.0±0.6*	1.0±1.0	-3.7±0.9*	
Selected by the inner pearl layer (n=30)	0.7±0.7	5.3±0.6*	-4.4±0.5*	
Control (n=30)	1.9±0.9	-0.6±0.7	0.9±1.0	

Values are means ± standard errors, and asterisks (*) show significant differences between groups at $p \leq 0.05$.

真珠の生産試験

各区の養生飼育および真珠生産試験の結果を Table 2 に示す。各区の養生期間中の斃死率に差はなかった ($p > 0.05$)。真珠生産試験では外面区の

び-0.6±0.7(SE)であったのに対して、内面を選別した外・内面区および内面区では内面殻体真珠層の b 値と a 値の値はそれぞれ-4.6±0.6(SE), 5.4±0.8(SE) および-4.4±0.5(SE), 5.3±0.6(SE) となり, 対照区より b 値は低くて a 値は高く両値で差が認められた ($p < 0.05$)。なお, 内面を選別していない外面区では内面殻体真珠層の b 値および a 値の値はそれぞれ-3.7±0.9(SE) および 1.0±1.0(SE) となり, 対照区より b 値は低く ($p < 0.05$), a 値は差がなかった ($p > 0.05$)。

斃死率が対照区のそれより低かったが ($p < 0.05$), 他の区間で差はなかった ($p > 0.05$)。

真珠の品質評価 生産した真珠に対する商品真珠 (6 および 7 ミリ珠) の個数, 平均直径や出現率等を Table 3 に示す。各区から生産した真珠を比較すると, 対照区は商品真珠の出現率が他の試験区より高く ($p < 0.05$), 外面区の平均直径が他の 3 区より小さかった ($p < 0.05$)。7 ミリ珠の出現率では内面区が外面区より高かった ($p < 0.05$)。その他の区間では平均直径および出現率に差はなかった ($p > 0.05$)。

Table 2 Results for each group during nucleus inserting operation, recuperation and operated-shells culture test

Group	Oyster(n)	Nucleus inserting operation		Recuperation ^a		Dead rate of operated-oysters in culture test (%)
		Total body weight (g)	Nucleus sizes (mm)	Period (monh)	Dead rate (%)	
Selected by the outer-inner pearl layer	632	26	6.36	1	4.3	95.5
Selected by the outer pearl layer	1,024	26	6.36	1	3.5	96.6*
Selected by the inner pearl layer	984	26	6.36	1	3.8	95.6
Control	1,091	26	6.36	1	3.2	93.9

a: In order to let operated-shells recuperate, oysters were cultured in calm sea. Asterisks (*) show significant differences between groups at $p \leq 0.05$.

Table 3 Diameter ratios of commercial pearls obtained from each group

Group	Commercial pearls produced	Diameter (mm)	
		6.66~6.99 mm pearls produced (in number)	7.00~7.99 mm pearls produced (in number)
Selected by the outer-inner pearl layer	Number(n)	191 (37.2%)*	16 (8.4%) ^b
	Weight(g)	107.5	7.8
	Pearl diameter(mm)	7.29±0.02(SE)*	
Selected by the outer pearl layer	Number(n)	303 (35.8%)*	37 (12.2%)*
	Weight(g)	167.0	17.6
	Pearl diameter(mm)	7.24±0.01(SE)	
Selected by the inner pearl layer	Number(n)	254 (32.5%)*	13 (5.1%)
	Weight(g)	144.0	6.2
	Pearl diameter(mm)	7.31±0.01(SE)*	
Control	Number(n)	409 (44.1%)	39 (9.5%)
	Weight(g)	194.1	18.3
	Pearl diameter(mm)	7.28±0.01(SE)*	

a: Pearls produced (in number).

b: Commercial pearls produced (in number).

Asterisks (*) show significant differences between groups at $p \leq 0.05$.

真珠の実体色を Table 4 に示す。全区で黄色系真珠はみられず, すべて白色系真珠であった。白色系真珠の中では, ホワイト色とクリーム色の 2 色しかみられず, 外・内面区, 外面区および内面区のホワイト色の出現率は対照区より高かった ($p < 0.05$)。また, 試験区間では外・内面区および外面区のホワイト色の出現率は内面区のそれより高かった ($p < 0.05$)。

真珠の干渉色を Table 5 に示す。外・内面区および内面区ではピンク系とグリーン系の出現率に差はなかったが ($p > 0.05$), これらのピンク系の出現率は残り 2 区と比較して高かった ($p < 0.05$)。なお, 外面区と対照区との間ではピンク系とグリーン系の出現率に差はなかった ($p >$

0.05)。

7 ミリ珠の単価を Table 6 に示す。各区の真珠単価を比較した結果, 全試験区で 4,000 円～5,000 円の真珠の出現率が 10%～20%みられたが, 対照区ではみられなかった。そのため, 平均値では全試験区が対照区より高く, 最も高かった外・内面区は対照区より 1.58 倍高い値を示した。6 ミリ珠の単価では全区で 300 円と差はなかった。

考 察

本研究では色彩が良い真珠の生産性を高めることを目的に, 既報^{5,6)}に準じて養殖現場でピース貝の目視選別法を検討した。その結果, まず,

Table 4 Object color in 7.00~7.99mm pearls obtained from each group

Group		Yellow color system		White color system		
		Gold	Blue	White	Green	Cream
Selected by the outer-inner pearl layer	(n=175)	-	-	78.9% ^a	-	21.2% ^a
Selected by the outer pearl layer	(n=276)	-	-	78.3% ^a	-	21.7% ^a
Selected by the inner pearl layer	(n=241)	-	-	54.8% ^b	-	45.2% ^b
Control	(n=370)	-	-	43.3% ^c	-	56.7% ^c

White color system rates with the same alphabetical letters mean significant differences were not detected at the end of experiment ($p \leq 0.05$).

Table 5 Percentages of 7.00~7.99mm pearls in each interference color of each group

Group		Pink color system	Green color system
Selected by the outer-inner pearl layer	(n=175)	56.0%*	44.0%*
Selected by the outer pearl layer	(n=276)	19.9%	80.1%
Selected by the inner pearl layer	(n=241)	59.3%*	40.7%*
Control	(n=370)	23.0%	77.0%

Asterisks (*) show significant differences between groups at $p \leq 0.05$.

Table 6 Prices of first, second and third grade 7.00~7.99mm pearls (n=100) and their respective percentages

Group	First grade	Second grade	Third grade	Average
Selected by the outer-inner pearl layer	5,000 ^a (10%) ^b	3,000 ^a (80%) ^b	1,000 ^a (10%) ^b	3,000
Selected by the outer pearl layer	4,000 (10%)	3,000 (70%)	1,000 (20%)	2,700
Selected by the inner pearl layer	4,000 (20%)	2,000 (70%)	1,000 (10%)	2,300
Control	3,000 (10%)	2,000 (70%)	1,000 (10%)	1,900

a: yen/3.75g

b: Percentage in each grade.

実体色ではピース貝の外表面および内面殻体真珠層が白色系の個体を施術時に選別することで、b値は林の報告⁵⁾と色彩色差計の機種が異なり比較することできなかったが、岩永らの親貝選別の報告 [b 値: $-4.5 \pm 0.7(\text{SE})$]⁶⁾とほぼ同値となり、無選別区(対照区)と比べ、ホワイト色真珠の出現率が高かった。また、外面区および内面区を比較すると、外面区が内面区よりホワイト色真珠の出現率が高かった。このことについては外面区では内面真珠層の b 値が内面区のそれと差がなかったのに対して、内面区の外面真珠層の b 値は外面区のそれより高かったことが影響したものと考えられた。次いで、干渉色では内面殻体真珠層に赤色を呈す個体を選別した外・内面区および内面区の a 値は岩永らの報告 [a 値: $4.2 \pm 0.7(\text{SE})$]⁶⁾とほぼ同値で、無選別の外面区および対照区よりピンク系真珠の出現率が高かった。さらに、7 ミリ珠の品質を比較した結果、外・内面区は高品質真珠の出現率が最も高く、単価では対照区の 1.58 倍の高い値を示した。これらのことから、各区の 6 ミリ珠および 7 ミリ珠の各生産額の和に対する、施術した母貝 1 個体あたりの生産額を算出すると商品真珠の出現率が最も高かった対照区が 81.6 円であったのに対し、外・内面区、外面区および内面区はそれぞれ 126.2 円、105.0 円および 85.9 円といずれも高く、最も高かった外・内面区は 1.55 倍高い値を示した。そのため、本研究の方法は高品質真珠の出現率を高められ、真珠養殖業の生産性向上に役立つと考えられた。

本研究では色彩が良い真珠の出現率が高かった外・内面区のピース貝の出現率(供試貝に対して選別した貝の割合)は 18%であったが、県内の民間種苗生産機関で 2010 年と 2011 年に生産された同一家系のピース貝について、本研究と同様の方法で選別したところ、外・内面区の出現率はそれぞれ 37.8% (n=614), 56.2% (n=1,085) となった。これらのことからピース貝(家系)の種類や同一商品でも生産された年で

品質に差がみられた。現在、県内の真珠養殖業では経験則からピース貝の品質のばらつきを補うため、毎年数家系を翌年の施術に使用する候補として、それぞれ施術に必要な量を飼育し確保している。したがって、本研究の選別方法を導入し、施術時には確保している数家系のピース貝から、良質な外・内面殻体真珠層色の出現率が高い家系を優先的に用い、さらに選別したピース貝を使用することで貝を無駄にすることなく、真珠養殖業の生産性をより高められると考える。

以上のことから、施術時に殻体真珠層が白色系で内面に赤色を呈すピース貝を目視で選別する方法は労力を必要とするものの、比較的短時間にでき、高品質真珠の生産性を高める効果は大きい。

謝 辞

真珠の品質を評価するにあたり、有益な助言等を頂いた対馬真珠養殖漁業協同組合代表理事組合長 平井善正氏および同組合参事 川上街子氏に厚く感謝の意を表す。本稿をまとめるにあたり、校閲を行って頂いた長崎県総合水産試験場長 藤井明彦博士、および長崎大学大学院生産科学研究科准教授 Cyril Glenn Satuito 博士にお礼申し上げる。なお、本試験は対馬真珠養殖漁業協同組合青年部の平成 21 年度活動で行ったものである。

文 献

- 1) 沢田保夫: 真珠の色調に関する研究, 国立真珠研究所報告, 8, 913-919 (1962) .
- 2) 小松 博: 真珠に現れる光の干渉現象(「てり」)の研究, (有) 真珠科学研究所, 東京, 2006, pp. 1-43.
- 3) 和田浩爾: 黄色真珠の生成に関する実験生物学的研究, 国立真珠研究所報告, 14, 1765-1820 (1969) .
- 4) 和田浩爾: 科学する真珠養殖-真珠養殖 Q&A,

- 真珠新聞社, 東京, 1991, pp. 1-213.
- 5) 林 政博: アコヤガイの殻体真珠層色の改良について, 全真連技術研究会報, **14**, 1-14 (1999) .
- 6) 岩永俊介, 山田英二, 川口 健, 細川秀毅: アコヤガイ殻体真珠層の a 値を指標としたピース生産用親貝の選別, 水産増殖, **56**, 167-173 (2008) .
- 7) 対馬真珠養殖漁業協同組合: 第 25 事業年度 (平成元年度) 業務報告書, 1989, pp25.
- 8) 対馬真珠養殖漁業協同組合: 第 35 事業年度 (平成 10 年度) 業務報告書, 1999, pp 25.
- 9) 対馬真珠養殖漁業協同組合: 第 45 事業年度 (平成 20 年度) 業務報告書, 2009, pp25.
- 10) 真珠新聞社: 巻頭特集 アコヤ真珠の販売不振 なぜ引き起こされたのか, 2004 年版真珠年鑑, 東京, 2004, pp24-58.
- 11) 林 政博, 古賀史哉, 岩城 豊, 伊藤孝男, 山本満彦, 野村清孝, 西川一生, 竹内章浩, 佐藤珠樹, 平賀楠光, 太田啓照: 外套膜の部位および左右の外套膜による巻きの差異, 全真連技術研究会報, **20**, pp1-4 (2005) .
- 12) 内田 治: すぐわかる EXCEL による統計解析, 東京図書株式会社, 東京, 1999, pp. 1-209.