

アコヤガイ挿核施術後の真珠の成長と母貝の軟体部諸形質および貝殻重量との関係

青木秀夫・田中真二・渥美貴史・古丸 明*¹

Relationship between growth of nacreous layer and physiological conditions of Akoya pearl oyster after nucleus implantation

HIDEO AOKI, SHINJI TANAKA, TAKASHI ATSUMI AND AKIRA KOMARU *¹

キーワード：アコヤガイ，真珠，真珠層，閉殻力，生理状態

The thickness of nacreous layer is an important factor for determining pearl quality, and it is greatly affected by the nacre deposition ability of the implanted pearl oyster (recipient). The aim of this study is to investigate the relation between thickness of nacre and several physiological traits in the pearl oyster after the nucleus implant operation. We conducted a rearing experiment with pearl oysters of Japanese lineage and hybrids of Japanese and Chinese lineage (all 3 years old), which were inserted with same-size nuclei by a farmer, from June to December (water temperature: 15–29°C). After the operation, we investigated monthly changes in pearl diameter and selected physiological indices of the pearl oysters. As a result, the fluctuation in nacre growth amount showed the high correlation with that in shell-closing strength (SCS) except for the summer season, compared to other traits such as shell weight, whole wet weight, adductor muscle weight, and relative weight of soft tissue to whole wet weight. Therefore, it is suggested that SCS can be a useful indicator of the nacre deposition ability of pearl oysters during the period from autumn to pearl harvest. Moreover, the nacre thickness of pearls produced from Japanese oysters was significantly greater than that of hybrids in the present study, indicating the superior nacre deposition ability of oysters of Japanese lineage.

わが国のアコヤガイ真珠養殖業では、1996年以降に顕在化したアコヤガイ赤変病（黒川ら、1999、森実ら、2001）や有害な赤潮（松山ら、1995）によるアコヤガイの被害および真珠品質の低下、また海外産真珠との競合や経済状況の悪化による真珠の市場価格の低迷などによって、近年の生産量および生産額は低迷状態にある。こうした状態を改善し、収益性が高く、安定した養殖経営を実現するには、アコヤガイの生残率を改善して真珠の歩留まり（挿核数に対する浜揚げ数の割合）を高めるとともに真珠品質を向上させることが重要である。アコヤガイ真珠において、真珠層の厚さ（巻き）はその品質を評価する上で重要な要素となり、一般に巻きが厚くなるほど真珠の経済価値は高くなる。また巻きの厚さは真珠の光沢や干渉色とも関係しており、真珠の総合的な価値を左右する要素となる。

真珠層とは、母貝の生殖巣内に核とともに挿入された外套膜片の外面上皮細胞が伸長して核を包囲する一層の細胞シート、すなわち真珠袋から核の表面に分泌された有機基質（タンパクシート）と炭酸カルシウムの板状結

晶が交互に形成、積層された構造を言う。アコヤガイによる真珠層の形成は、真珠袋を構成する上皮細胞におけるカルシウム代謝能力に依存し、上皮細胞のカルシウム代謝能力は、代謝に必要な生体内の物質の供給に関する母貝の生理状態や環境の影響を受けることが報告されている（和田、1959、1972）。したがって、巻きの厚い真珠を生産するには、基本的に挿核後のアコヤガイの生理状態を良好に維持することが重要であると言える。

そこで本研究では、試験貝として日本産アコヤガイと交雑アコヤガイ（日本産貝と中国系貝の交配種）の2種類を用い、アコヤガイに挿核した後の真珠層の厚さと貝の軟体部の諸形質、貝殻重量を定期的に調査し、それらの変動特性を明らかにするとともに、その結果に基づいて貝の真珠層形成能力に関係する形質を明らかにすることを目的とした。これらの調査結果から、巻きの厚い高品質真珠を生産するアコヤガイの養殖・育種技術の開発の可能性について検討した。

*¹ 三重大学大学院生物資源学研究所

材料および方法

試験貝および飼育条件

試験に用いたアコヤガイは、日本産アコヤガイ同士の交配により生産されたアコヤガイ（以下、日本貝）、および日本産アコヤガイと中国系のアコヤガイの交配によるアコヤガイ（以下、交雑貝）の2種類とした。日本産アコヤガイは、三重県栽培漁業センターにおいて、同センターが継代飼育していた貝を親貝として人工交配により生産されたものである。親貝の選抜指標は閉殻力（岡本ら、2006）とし、閉殻力の強い上位6%の個体の中から性成熟状態等を評価して選抜した。交雑貝は、民間の種苗生産施設で生産されたもので、全湿重量や軟体部の栄養状態、性成熟状態等を指標として親貝を選別し、人工交配により生産されたものである。試験貝はいずれも3年貝で、全湿重量は日本貝では $35.7 \pm 4.8\text{g}$ 、交雑貝では $43.0 \pm 1.9\text{g}$ であった（平均 \pm 標準偏差, $n=20$ ）。2011年6月5日に、真珠生産者に依頼してこれらの試験貝に対して挿核施術を行った。試験に使用した核の大きさは、直径が $6.56 \sim 6.59\text{mm}$ の範囲（平均値は 6.57mm , $n=20$ ）のものとし、アコヤガイの生殖巣内（ふくろ部位）に挿核した。両試験貝の挿核施術に用いた外套膜片は、同じロットのアコヤガイ2年貝（ピース貝）から採取した。挿核後は、試験貝をポケットネットに収容し、同年12月18日まで三重県英虞湾内の漁場で垂下飼育した（水深約1.5m）。飼育期間中の水温は $15 \sim 29^\circ\text{C}$ （平均 23°C ）であった。

真珠の直径、軟体部諸形質および貝殻重量の測定

試験開始から約1ヶ月ごとに両試験貝を約40個体ずつ取り上げて、それらを測定用の検体とした。測定項目は、真珠の直径、および試験貝の全湿重量、閉殻力、貝殻重量、軟体部重量、閉殻筋重量とした。閉殻力、軟体部重量、閉殻筋重量については、個体の大きさによる影響を考慮して閉殻力/全湿重量、軟体部重量/全湿重量、閉殻筋重量/全湿重量の値を算出した。閉殻力の測定方法は、岡本ら（2006）の方法に従った。また、貝の栄養蓄積状態として、外套膜におけるグリコーゲン等の栄養成分の蓄積の程度を評価した（肉眼観察による5段階評価：1(低)～5(高)）。直径の測定に供した真珠は、稜柱層真珠、有機質真珠を除外して真珠層真珠のみとし、デジタルノギスを用いて測定した（単位： 0.01mm ）。測定対象の真珠の表面に突起およびシミが形成されている場合は、その部位を除いて測定した。

統計学的処理

両試験貝の真珠直径および軟体部の測定値について、Studentのt検定（対応のない2群の比較検定）により有意差の有無を検定した。

結果

真珠の成長

試験貝の真珠の直径の推移を Fig. 1 に示した。日本貝の真珠の直径は、挿核後11月まで次第に増加し、11月から12月にかけてやや減少した（Fig. 1-a）。交雑貝においても同様の変動傾向を示したが、10月にも若干の減少がみられた。両試験貝の真珠直径を比較すると、8月以降は日本貝の方が交雑貝に比べて有意（ $P<0.05$ または $P<0.01$ ）に大きかった。サンプリングとサンプリングの間の1ヶ月間における真珠直径の成長量（真珠の成長）をみると、日本貝では7～8月、交雑貝では8～9月の期間に1回目のピークを示し、その後は両試験貝とも低下したものの、10～11月に再び増加した。その後、11～12月には成長量が減少し、マイナスとなった（Fig. 1-b）。

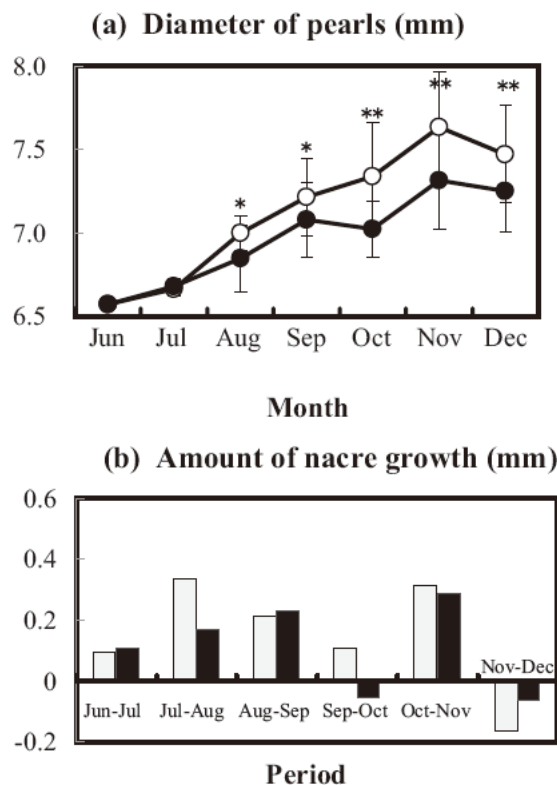


Fig. 1. Changes in the diameter of pearls (a) and amount of nacre growth of pearls (b) produced by two types of pearl oysters ($n=23 \sim 33$). Vertical bars indicate the standard deviation. Asterisks show significant differences between two groups (*, $P<0.05$; **, $P<0.01$, by Student's *t*-test). Pearl oysters used as mother shell were Japanese lineage (○) and hybrids between Japanese and Chinese lineages (●).

軟体部諸形質および貝殻重量の変動

1) 各月の測定値の変動

試験貝の軟体部諸形質および貝殻重量の変動を Fig. 2 に示した。日本貝および交雑貝とも、全湿重量、閉殻力、貝殻重量は7月から12月にかけて次第に大きくなった。

両試験貝の閉殻力を比較すると、6月は交雑貝の方が高かったものの、8月以降は日本貝の方が高い値で推移し、8月、10月、11月には有意差 ($P<0.05$ または $P<0.01$) が認められた。閉殻力 / 全湿重量の値も、これと同様の傾向で推移した。軟体部重量 / 全湿重量の値は、試験期

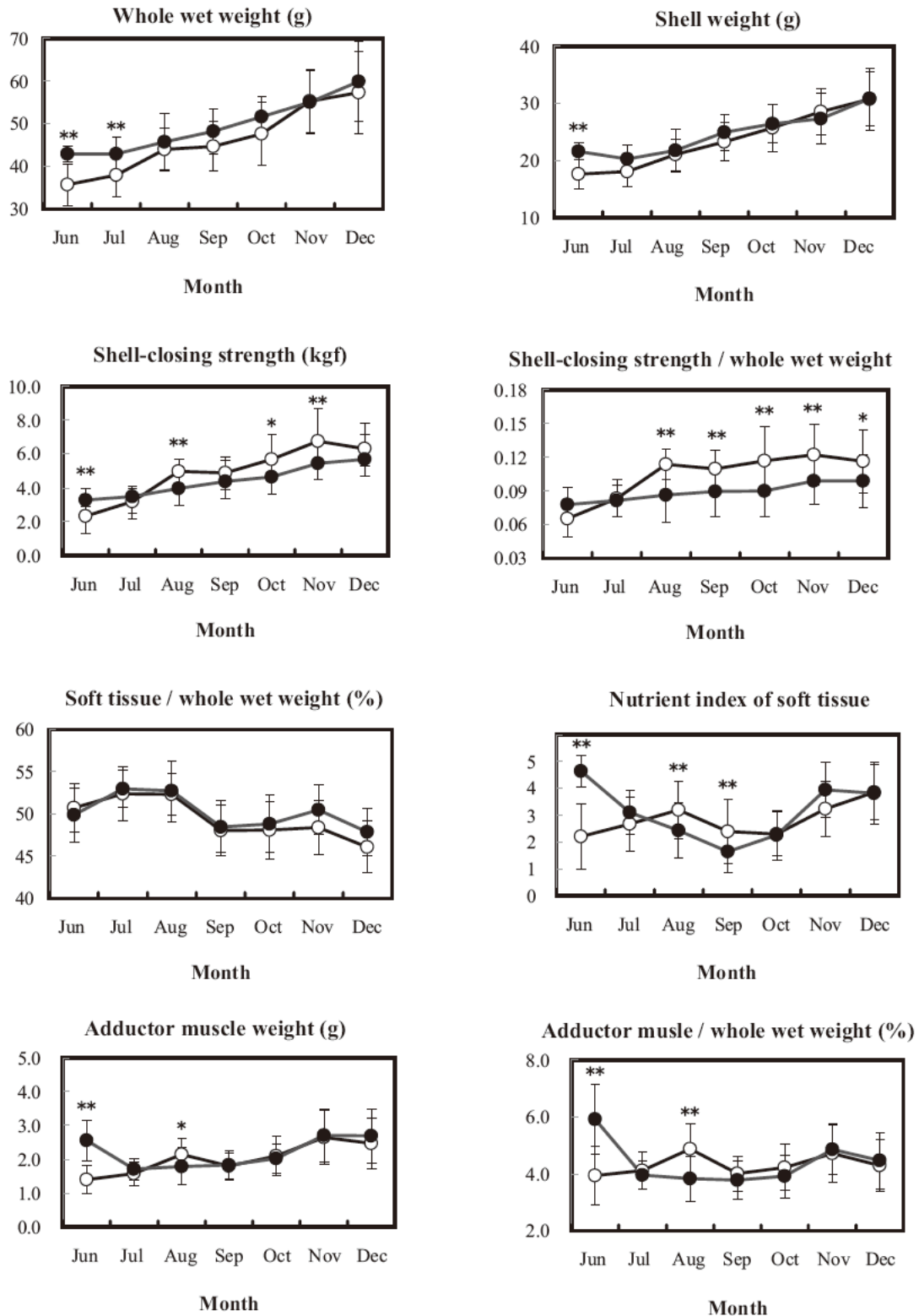


Fig. 2. Changes in various physiological and shell traits of the two types of pearl oysters (n=23~33). Vertical bars indicate the standard deviation. Lineages: Japanese (○), hybrid (●).

間中、両試験貝とも同じレベルであり、8月から9月にかけてやや低下した後は横ばいで推移した。軟体部の栄養蓄積状態は、日本貝では8月までは上昇したものの、その後は低下し、11月から再び上昇した。また交雑貝では7月から9月にかけて低下し、その後は上昇して、11

月、12月に高値となった。閉殻筋重量は、6月には交雑貝が日本貝より有意に高かったが、7月以降は両試験貝とも漸次上昇する傾向を示した。閉殻筋重量/全湿重量の値は、6月の交雑貝の値を除いて、両試験貝とも4~5%程度で推移し、日本貝の方が大きかった8月以外には両

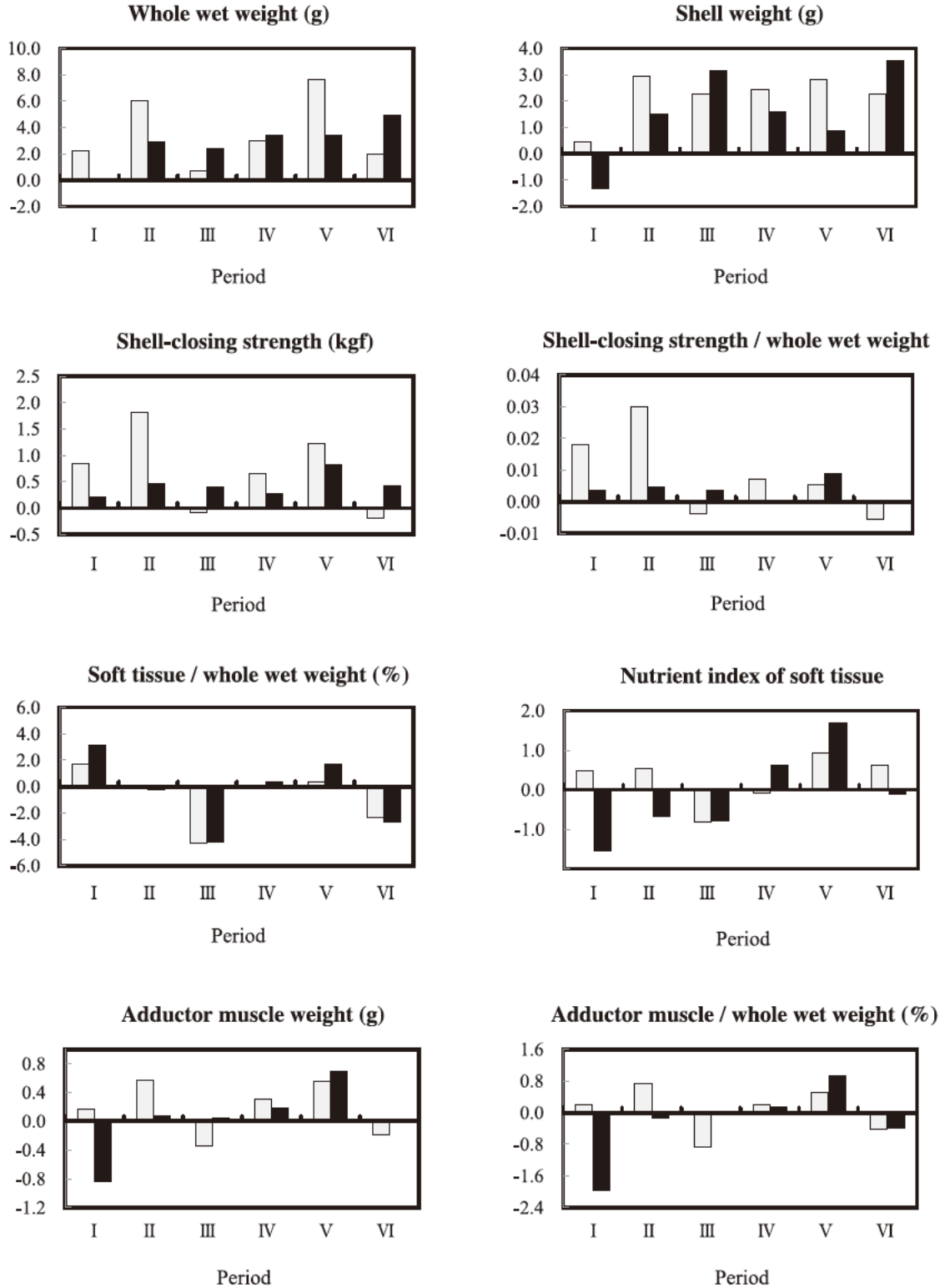


Fig. 3. Changes in monthly measured values of various physiological and shell traits of the two types of pearl oysters. Lineages: Japanese (□), hybrid (■). Period I : Jun-Jul; II : Jul-Aug; III : Aug-Sep; IV : Sep-Oct; V : Oct-Nov; VI : Nov-Dec.

試験貝で差はみられなかった。

2) サンプル間における測定値の増減量（月別の増減量）

サンプリングとサンプリングの間の1ヶ月における軟体部諸形質および貝殻重量の増加量の推移を Fig. 3 に示した。全湿重量の増加量は、日本貝では7～8月と10～11月の2回の期間で高値のピークを示し、8～9月に最も低い値となった。一方、交雑貝では日本貝でみられたような大きな変動はみられなかったが、6～7月は変化せず、7月から11月まで増加量はほぼ一定であり、11～12月にやや大きくなった。貝殻重量については、日本貝では7月から12月にかけて毎月ほぼ一定の増加量を示したのに対して、交雑貝では大きな変動がみられ、8～9月と11～12月の2回高値のピークを示した。閉殻力の増加量は、日本貝では7～8月と10～11月にピークを示す一方、8～9月と11～12月にはマイナスの値となった。交雑貝の閉殻力の増加量は、日本貝に比べて小さく推移し、10～11月に若干のピークを示した。軟体部重量/全湿重量の値は、両試験貝とも同様の傾向で推移し、8～9月、11～12月にマイナス値を示した。軟体部の栄養蓄積状態は、日本貝では8～9月に最も低いマイナス値となり、その後増加して10～11月に最も栄養蓄積量が多くなった。交雑貝では6～7月に-1.6と栄養蓄積量が大きく減少したが、その後次第に回復し、日本貝と同様に10～11月に最も蓄積量が多くなった。閉殻筋重量の増加量は、日本貝では全湿重量と同様の変動傾向を示し、7～8月と10～11月に高値のピークを示し、8～9月に最も低い値となった。交雑貝の閉殻筋重量の増加量は、栄養蓄積状態と同様の変動傾向を示し、6～7月に最も低いマイナス値を示した後は次第に大きくなり、10～11月に最も高い値を示した。閉殻筋重量/全湿重量の増加量は、両試験貝とも閉殻筋重量と同様の傾向で推移した。

考 察

挿核後の真珠の直径は、日本貝および交雑貝とも次第に大きくなり、全湿重量、貝殻重量、閉殻力、閉殻筋重量も同様のパターンで推移したが、月別の増減量を見ると閉殻力や閉殻筋重量の値が8～9月に低値を示したのに対し、真珠の成長の低値は9～10月にみられ、それらの減少時期には違いがみられた。試験貝の生理・栄養状態を示す軟体部重量/全湿重量および軟体部の栄養蓄積状態の値も、上述した軟体部諸形質と同様にいずれも8～9月に減少した。和田(1972)は、アコヤガイの真

珠層形成能力について、真珠袋を構成する上皮細胞の由来もとである外套膜片給与体(ピース貝)の性質を維持するとともに、上皮細胞からの真珠物質の分泌に必要な物質を供給する母貝の生理状態により変動することを報告している。本研究において真珠の成長量とアコヤガイの生理・栄養状態の低下時期に違いがみられた要因として、夏季の高水温により、先ずアコヤガイに蓄積されたエネルギーが徐々に消費され、その後に真珠物質の分泌代謝に必要な物質の供給にも悪影響が生じ、真珠の成長が低下したことが考えられる。

以上のように、本研究では高水温期に真珠の成長とアコヤガイの生理・栄養状態の変動に違いがみられたが、試験期間を通して両者の関係について検討するため、真珠の成長と軟体部諸形質の月別の増減量を用いて相関係数を算出して比較した。その結果、真珠の成長と相関係数の高かった形質は、閉殻力(日本貝: $r = 0.73$, 交雑貝: $r = 0.62$)、閉殻力/全湿重量(日本貝: $r = 0.53$, 交雑貝: $r = 0.91$)であった。これは、真珠の成長と閉殻力の月別増減量は、高水温期の7月から9月にかけて異なる変動パターンを示したものの、それ以外の時期における増減の傾向は概ね同様であったことによる。また、試験期間中に閉殻力と閉殻力/全湿重量の値が交雑貝に比べて高く推移した日本貝では、真珠の直径が有意に大きかった。これらのことから、挿核後における閉殻力の変動量は、真珠の巻きに関するアコヤガイの能力評価に活用できる可能性があるものと考えられた。ただし、その評価を行う時期は高水温期や挿核後の期間の短い6月、7月といった時期を避け、10月以降が適している。一方、真珠の成長との相関係数の低かった形質は、外套膜の栄養蓄積状況および軟体部重量/全湿重量であった。これらは、いずれも高水温期に貝のエネルギー必要量が増加するに伴い大きく低下するという特徴的な変動パターンを示すとともに、それ以外の時期においても真珠の成長とは反対の変動を示すこともあり、貝の真珠層形成能力とはそれほど関係しないことが示唆された。

毎月測定した真珠の成長量は、日本貝および交雑貝とも同様の傾向で推移し、9～10月と11～12月の2回、それらの前の期間に比べて低下した。このうち前者の9～10月の低下は、上述したとおり夏季の高水温により、貝の状態が衰弱気味となったことによる可能性が考えられた。水温が降下する11～12月においては、両試験貝とも真珠の直径が減少し、マイナス成長するという現象がみられた。試験貝の軟体部諸形質の測定結果をみると、日本貝および交雑貝とも閉殻力、軟体部重量/全湿重量、軟体部の栄養蓄積状態および閉殻筋重量は11月から12

月にかけて低下しており、貝の生理状態は低下傾向にあったと推察された。和田 (1959, 1969) は、母貝の衰弱や冬季の低水温により上皮細胞の機能が低下することが要因となって、真珠の結晶が溶解し、真珠層が薄化する現象がみられることを報告している。したがって、本研究においても 11～12 月の真珠の直径の減少は、水温降下期にあって貝の生理状態が低下するのに伴い真珠袋を形成する上皮細胞の代謝レベルが低下し、真珠の結晶が溶解したことによる可能性が考えられた。ただし、このような真珠の直径が減少するという現象は、希に起こるのか、かなりの頻度で起こるのかは不明である。もしかなりの頻度で発生しているなら、真珠の品質にも影響を及ぼしている可能性があり、今後の継続した調査が必要である。

アコヤガイの真珠層形成能力に関係する母貝の生理状態は、環境による影響を受けるほか、貝の遺伝的な性質にも左右されると考えられる。本研究において、日本貝と交雑貝の真珠の直径の推移をみると、8 月から 12 月においては日本貝の方が有意に大きく、真珠層形成能力が優れていたと考えられた。両者の真珠の成長量を月別に比較すると、変動パターンには大きな違いはみられなかったが、7～8 月と 9～10 月の成長量は日本貝の方が優れており、これらの期間の成長量が真珠直径の違いに影響していた。こうした相違については、貝の遺伝的特性の違いによる可能性はあるものの、本研究で使用した日本貝と交雑貝は遺伝的に固定された集団ではなく、今回得られた真珠の成長や軟体部諸形質の計測結果は必ずしも安定したものではないと考えられる。日本貝と交雑貝の真珠層形成能力や真珠品質は、現場で母貝を使用する際の判断材料として重要であり、今後それらの知見を数多く集積し、日本貝と交雑貝の利用価値を明らかにするための取り組みが望まれる。

以上のように、本研究では日本貝と交雑貝を用いて、それらの挿核後の真珠の成長と軟体部諸形質と貝殻重量の変動、およびそれらの月別の増減の特性について明らかにした。各形質のうち、真珠の成長との相関係数が高かった項目は閉殻力、閉殻力/全湿重量であることが明らかとなり、それらは貝の真珠層形成能力を示す指標として活用できることが示唆された。閉殻力はアコヤガイを生かした状態で簡易に測定できることから、養殖現場においても測定結果をもとに貝の家系や挿核したロットにおける能力評価に活用できる。また貝の飼育管理作業を適切に行い、貝に負担をかける飼育作業を避けるなどによって閉殻力を高いレベルで維持することは、巻きの厚い高品質な真珠の生産に有効であると考えられる。ま

た閉殻力については、これまでに行ったアコヤガイの交配実験により遺伝する形質であることが明らかにされている (石川ら, 2006)。このことから、閉殻力を指標とした選抜育種は、アコヤガイの真珠層形成能力の改良につながる技術となる可能性があり、今後、その実証に向けた試験の取り組みが期待される。

要 約

1. アコヤガイに挿核した後の真珠の成長と貝の軟体部諸形質および貝殻重量を 7 月から 12 月にかけて調査し、それらの変動特性について検討した。
2. 真珠層の厚さは、日本貝の方が交雑貝より大きく推移した。また真珠層の月ごとの成長量には、7～9 月と 10～11 月に高値のピークがみられ、9～10 月、11～12 月に低値を示した。
3. 真珠の成長の増減傾向と貝の軟体部諸形質の増減傾向は、高水温期において差異がみられ、貝の軟体部諸形質の増加量が減少した後に真珠の成長量が低下した。このことから、高水温期においては貝の蓄積栄養が先に消費され、その影響で後に真珠層形成能力が低下すると推察された。
4. 真珠の成長と軟体部諸形質の月別の増減量を用いて両者の関係を調査した結果、真珠の成長と相関係数の高い形質は閉殻力、閉殻力/全湿重量であった。真珠の成長量と閉殻力の増減量は、7～9 月の高水温期以外の期間においては概ね同じパターンで推移した。
5. 閉殻力はアコヤガイの真珠層形成能力を示す指標として活用できる可能性が示唆された。

謝 辞

本研究は、農林水産省・農林水産技術会議事務局の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「真珠挿核技術イノベーションと高生残・高品質スーパーアコヤ貝の現場への導入による革新的真珠養殖実証研究」において実施した。

文 献

- 石川 卓・岡本ちひろ・林 政博・青木秀夫・磯和 潔・古丸 明 (2006) : 日本産アコヤガイ *Pinctada fucata martensii* における閉殻力の遺伝. 水産増殖, 57, 77-82.
- 岡本ちひろ・古丸 明・林 政博・磯和 潔 (2006) :

アコヤガイ *Pinctada fucata martensii* の閉殻力とへい死率および各部重量との関連. 水産増殖, 54, 293-299.

黒川忠英・鈴木 徹・岡内正典・三輪 理・永井清仁・中村弘二・本城凡夫・中島員洋・芦田勝朗・船越将二 (1999) : 外套膜片移植および同居飼育によるアコヤガイ *Pinctada fucata martensii* の閉殻筋の赤変化を伴う疾病の人為的感染. 日水誌, 65, 241-251.

松山幸彦・永井清仁・水口忠久・藤原正嗣・石村美佐・山口峰生・内田卓志・本城凡夫 (1995) : 1992年に英虞湾において発生した *Heterocapsa* sp. 赤潮発生期の環境特性とアコヤガイ斃死の特徴について. 日水誌, 61, 35-41.

森実庸男・滝本真一・西川 智・松山紀彦・蝶野一徳・植村作治郎・藤田慶之・山下浩史・川上秀昌・小泉喜嗣・内村祐之・市川 衛 (2001) : 愛媛県宇和海における軟体部の赤変化を伴うアコヤガイの大量へい死. 魚病研究, 36, 207-216.

和田浩爾 (1959) : 真珠養殖過程中におけるアコヤガイの生活活動の変化が真珠形成に及ぼす影響 I 衰弱した貝での真珠形成. 国立真珠研究所研報, 5, 381-394.

和田浩爾 (1969) : 真珠漁場の水温と真珠の成長ならびに光沢について. 水産海洋研究会報特集号, 宇田道隆教授退官記念論文集, 299-301.

和田浩爾 (1972) : 真珠袋の Ca 代謝機構と真珠の品質形成. 国立真珠研究所研報, 16, 1949-2027.