

## 冬季の抑制飼育期間におけるアコヤガイの生理状態の指標としての閉殻力の有効性

青木秀夫・藤原孝之<sup>\*1</sup>・渥美貴史・石川 卓<sup>\*2</sup>・古丸 明<sup>\*2</sup>

Possible utilization of the shell-closing strength as a physiological status of the pearl oyster during pre-operation conditioning in winter season

Hideo AOKI, Takayuki FUJIWARA<sup>\*1</sup>, Takashi ATSUMI, Takashi ISHIKAWA<sup>\*2</sup>, Akira KOMARU<sup>\*2</sup>

キーワード：アコヤガイ，真珠養殖，閉殻力，抑制，生理状態

Pre-operation conditioning is necessary to appropriately control the physiological state of Akoya pearl oysters for production of the high quality pearls. In the present study, we evaluate the suitability of shell-closing strength (SCS) as a physiological indicator in the pearl oyster during the period of pre-operation conditioning in winter season. We performed the rearing experiment with 3-year-old pearl oysters (*Pinctada fucata*) using a pre-operation conditioning box from November to April (water temperature: 11.3 ~ 20.2 °C), and investigate the periodic changes in SCS and selected physiological indices of the pearl oysters. The effect of stocking density of the shellfish in the preconditioning box on these parameters was also examined. The results showed that the SCS of the pearl oyster tended to decrease with the body and adductor muscle weights, and a significant correlation was observed between the monthly SCS and various physiological indices of the pearl oysters during the experimental period. Moreover, the stocking density of the preconditioning box (80% and 120% of the standard density level) did not have remarkable effect on the level of these parameters. These results suggest that SCS is an effective indicator of the physiological status of pearl oysters during the preconditioning period in winter season, and that it would be useful basis to determine the adequate timing for nucleus insertion in pearl culture.

真珠養殖では、挿核時におけるアコヤガイ（母貝）の生理状態が真珠の品質に影響することが明らかにされている（植本 1967a）。特に挿核初期に真珠核と真珠層の間に形成された有機物質が原因となるキズ・シミについては、挿核に伴うアコヤガイの生理的な反応が関係しており（青木 1966, 和田ら 1988, 青木ら 2010）、挿核時の貝の生理状態を調整することで、真珠の品質を改善することが可能と考えられる。そのため、真珠養殖では挿核する前に母貝として使用するアコヤガイを密閉性の高い専用の容器（抑制籠または仕立て籠と呼ばれる）（赤松 2003）に収容して、貝を挿核に適した状態に調整する抑制飼育を行う。抑制飼育の意義としては、挿核時のアコヤガイの生理活動を低下させることで、貝が開口しやすくなり挿核作業が容易となるほか、挿核に伴う貝の反応が要因となる真珠のシ

ミ・キズの形成が抑制され、真珠品質の向上に貢献することが挙げられる。

挿核時におけるアコヤガイの生理状態を挿核に適したレベルに調整するには、抑制飼育期間におけるその推移を把握することが重要である。そこで筆者らは、前報（青木ら、2011）において、簡便かつ低コストで測定でき、現場での実用技術として利便性に優れる「閉殻力」（開口器を用いてアコヤガイの貝殻を 10mm 開けるのに要する荷重値）（岡本ら、2006）に着目し、水温上昇期である 5 月から 7 月にかけての抑制飼育期間におけるアコヤガイの閉殻力と生理状態の目安となる軟体部の諸形質や栄養成分の変動やそれらの関係性を調査した。その結果、閉殻力は軟体部諸形質と同様の変動傾向を示すとともに、両者の間には有意な相関関係が認められた。したがって、閉殻力は抑制飼育後

\*1 三重県工業研究所

\*2 三重大学大学院生物資源学研究所

のアコヤガイの生理状態および栄養状態を反映し、抑制の程度や効果を把握する指標として有効に活用できる可能性が示された。

真珠養殖業では、上述した水温上昇期以外に、4～6月に挿核施術する場合には、前年の11～12月からアコヤガイの抑制飼育を開始し、貝の生理活動を制限するとともに生殖巣の発達を抑制して、挿核に適した状態に仕立てる（冬季の抑制飼育）。冬季の抑制期間におけるアコヤガイの生理状態は、水温の低下による影響を受けることから、水温上昇期の抑制期間とは異なった変動傾向を示すことが考えられる。そこで本研究では、前報に引き続いて冬季の抑制期間におけるアコヤガイの閉殻力と軟体部諸形質の変動およびそれらの関係性を調査し、閉殻力が抑制飼育中における貝の生理状態、いわゆる「仕立て状態」の程度を反映する指標として有効に活用できるかどうか検討した。

### 材料および方法

#### 試験貝および飼育条件

試験貝には、三重県内の種苗生産施設において日本産アコヤガイと中国系のアコヤガイを交配して生産された交雑貝（3年貝）を用いた。試験貝の全湿重量は  $50.4 \pm 7.9$  g で、閉殻力は  $5.7 \pm 1.3$  kgf であった（平均  $\pm$  標準偏差,  $n=40$ ）。抑制飼育には市販のプラスチック製の抑制籠（縦35.5×横42.0×高さ15.5cm）を用いた。本研究で設定した試験区は、貝の生理状態に及ぼす抑制籠への収容数の影響について調査するため、通常の養殖現場における抑制飼育の標準的な収容密度区として収容数80個体（100%区）の区を設け、そのほかに64個体（80%区）、96個体（120%区）の3区とした。これらの収容数の異なる抑制籠を、試験期間中に1ヶ月に1回実施するサンプリングのため、各区とも5籠

ずつ設けた。飼育漁場は三重県五ヶ所湾で、海面筏に抑制籠を水深1.5mに垂下した。試験期間は、2007年11月27日から2008年4月25日までで、その間の水温は11.3～20.2℃（平均14.2℃、水深1.5m）であった。

#### 閉殻力、軟体部諸形質および栄養成分の測定

試験開始から約1ヶ月ごとに各区から1籠ずつ取り上げて、その中の40個体を任意に抽出し、閉殻力および全湿重量を測定した。そのうち10個体については、軟体部重量、貝殻重量、閉殻筋重量を測定し、軟体部重量/全湿重量、閉殻筋重量/貝殻重量を算出するとともに、生殖巣の成熟状態（肉眼観察による5段階評価：低～高=1～5）を評価した（滝本1997）。試験終了時には、収容数80個体の区（100%区）の検体について、軟体部のタンパク質量、グリコーゲン量および水分を分析し、閉殻力との相関係数を算出した（ $n=56$ ）。閉殻力の測定方法については、岡本ら（2006）にしたがい、試験貝を水道水に約10分間浸漬させて閉殻状態とした後に、開口器を差し込んで、10mm開殻させるのに要する荷重値を測定した。栄養成分の分析方法は、前報（青木ら2011）と同様である。

#### 統計学的処理

終了時の閉殻力および軟体部諸形質の各測定値について、TukeyのHSD検定（多重比較）により、各区の間に有意な差（有意水準は5%）があるかどうかを検定した。

### 結果

#### 閉殻力、全湿重量の変動および死亡状況

各区の閉殻力および全湿重量（平均値）の推移をFig. 1に示した。試験貝の閉殻力は、各区とも飼育日

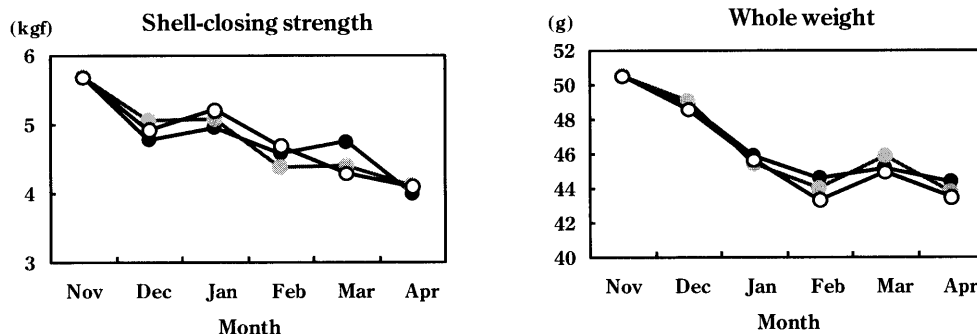


Fig. 1. Changes in the shell-closing strength and total weight of the pearl oyster (mean value,  $n=40$ ).

Pearl oysters were reared in a preconditioning box at standard stocking density (●), and at 80% (●) and 120% (○) of the standard density.

数の経過とともに漸次低下する傾向を示した。各区終了時の閉殻力は4.0～4.1kgfで、開始時と比較した相対値（以下、相対値）をみると、70～73%であった。各区の閉殻力の値には有意差はみられなかった。全湿重量については、飼育開始後から2月まで低下し、その後4月まではほぼ横ばいで推移し、終了時の各区の平均重量は43.5～44.4gであった。飼育期間を通して、各区の平均重量に有意差はなかったものの、2月から4月にかけての値は収容密度120%区が100%区と80%区に比べてやや低く推移した。

試験期間中に取り上げた各区（籠）の死亡率は0～23%で、飼育日数の経過とともに高くなる傾向を示した。4月における収容密度80%区、100%区、120%区における死亡率は、それぞれ14%、20%、23%で、密度の高い区ほど死亡率が高かった。

#### 軟体部、閉殻筋の重量比および生殖巣の成熟状態

各区の軟体部重量/全湿重量、閉殻筋重量、閉殻筋重量/貝殻重量および生殖巣の成熟状態（平均値）の推移をFig. 2に示した。軟体部重量/全湿重量（開始時：50.4%）は、各区とも試験開始からやや低下し、終了

時における値は45.2～45.5%（相対値：91～93%）であった。また終了時の値には、各区の間に有意差は認められなかった。閉殻筋重量および閉殻筋重量/貝殻重量は同様の変動傾向を示し、開始から12月まで低下した後、3月まではほぼ横ばいで推移し、その後終了時にかけて低下した。両項目の値には、収容数の違いによる有意差は認められなかったが、全湿重量と同様に2月から4月にかけての値は収容密度120%区が100%区と80%区に比べてやや低く推移した。生殖巣の成熟状態は、開始時（1.9）から終了時（1.4～1.6）にかけてはほぼ横ばいで推移し、収容数の違いによる有意差はなかった。

通常の養殖現場での標準的な収容密度区として設定した100%区について、11月から4月まで各月の全湿重量、軟体部重量/全湿重量、閉殻筋重量、閉殻筋重量/貝殻重量と閉殻力との相関関係をFig. 3に示した。閉殻力と各形質の間には、いずれも有意な正の相関関係がみられ、全湿重量、軟体部重量/全湿重量、閉殻筋重量、閉殻筋重量/貝殻重量との相関係数は、それぞれ $r = 0.88, 0.77, 0.84, 0.79$ であった。また、これらの形質と閉殻力の関係を各月および全飼育期間の個体ご

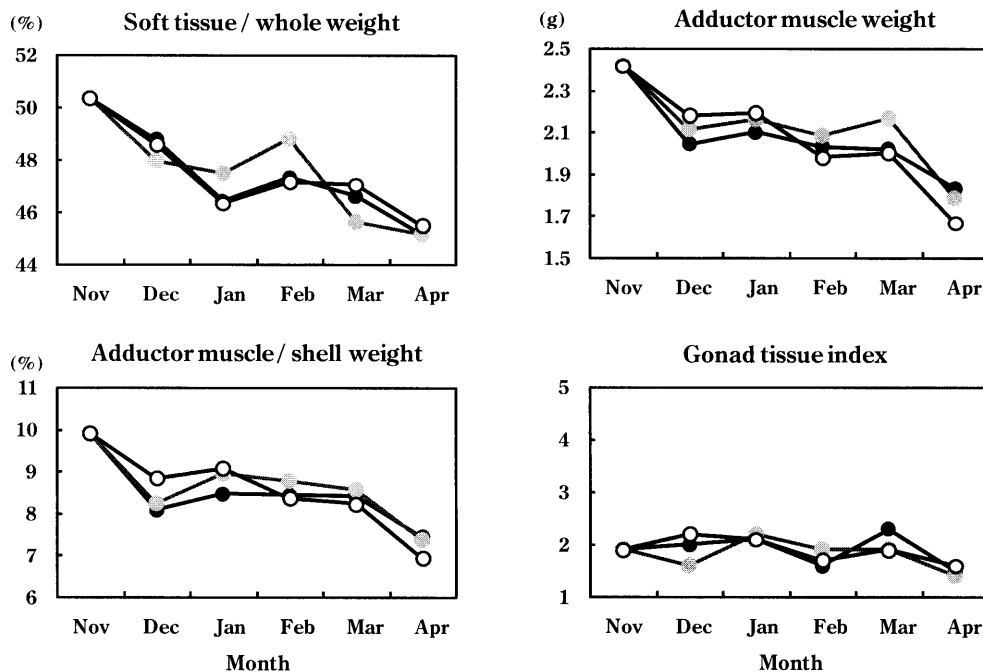


Fig. 2. Changes in various physiological traits of the pearl oyster. (mean value, n=10).  
 ● : standard, ● : 80%, ○ : 120%.

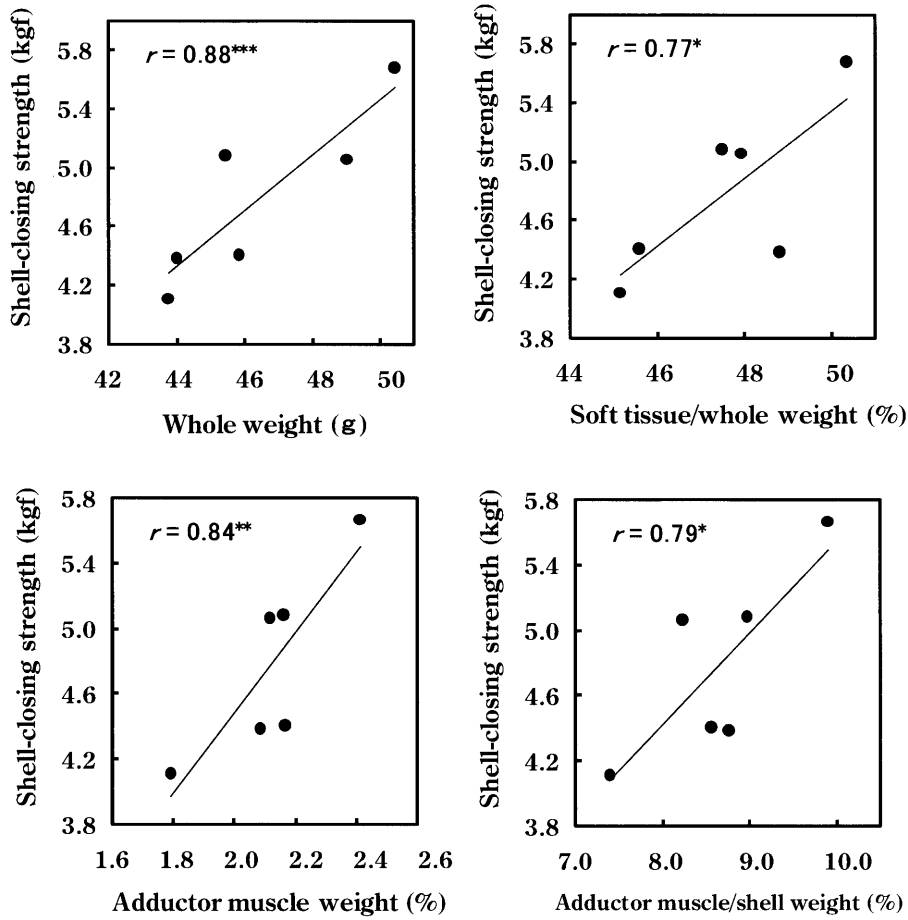


Fig. 3. Relationship between monthly shell-closing strength and various physiological indices in the pearl oyster from Nov. to Apr (mean value, n=10). \*, P<0.05; \*\*, P<0.01; \*\*\*, P<0.001.

とにみた場合には、両者の間に明確な関係はみられず、全飼育期間の相関係数はそれぞれ  $r = 0.03$ ,  $-0.31$ ,  $0.03$ ,  $-0.09$  であった。

#### 軟体部の栄養成分と閉殻力との関係

試験終了時における軟体部のタンパク質量, グリコー

ゲン量, 水分と閉殻力との相関関係を Fig. 4 に示した。タンパク質量と閉殻力との相関係数は  $r = 0.53$  で有意な正の相関関係がみられた。水分と閉殻力には負の相関関係がみられた ( $r = -0.52$ )。グリコーゲンと閉殻力の相関係数は  $r = 0.28$  で、他の栄養成分との値と比べて低かった。

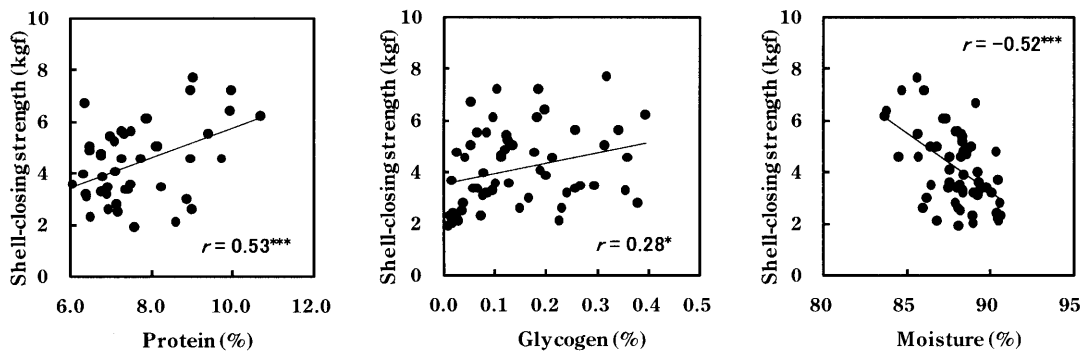


Fig. 4. Relationship between shell-closing strength and various nutritive values in soft tissue of the pearl oyster at the end point (n=56). \*, P<0.05; \*\*\*, P<0.001.

## 考察

抑制期間中において、試験貝の生理・栄養状態を示す閉殻力、全湿重量、軟体部重量/全湿重量、閉殻筋重量、閉殻筋重量/貝殻重量は、いずれも飼育日数の経過とともに漸次低下する傾向を示した。抑制飼育されたアコヤガイの生理・栄養状態の変動については、これまでに軟体部や血リンパ液の栄養成分および肥満度が低下することが報告されている(植本 1961, 1967b, 和田ら 1991)。また、筆者らは前報(青木ら 2011)において抑制飼育したアコヤガイでは閉殻力、軟体部重量/全湿重量、閉殻筋重量、閉殻筋重量/貝殻重量および栄養成分が漸次減少することをみており、本研究の結果と一致していた。生殖巣の発達状態については、各区の試験貝とも目視観察による成熟の発達が抑えられて低いレベルで推移しており、これも抑制飼育した場合の既存の報告と同様であった(植本 1958, 青木ら 2011)。

以上のように、抑制飼育したアコヤガイの生理・栄養状態は飼育の経過とともに低下する傾向が認められたが、本研究においては試験貝を抑制しない区を設定していないため、貝の生理・栄養状態の低下が抑制飼育によるものか、あるいは水温低下に伴うものかは明確にできない。この点については、抑制飼育によるアコヤガイの生理・栄養状態への影響を把握するうえで重要な知見となると考えられるので、今後の検討課題としたい。

本研究において、アコヤガイの生理状態の変動に及ぼす抑制籠への収容数の違いによる影響を調査した結果、試験条件(標準区、80%区、120%区)の範囲においては明確な差異は認められなかった。ただし、全湿重量、閉殻筋重量および閉殻筋重量/貝殻重量については、2月から4月にかけて収容密度120%区が他区に比べてやや低く推移し、収容密度の影響を示唆する結果が得られており、今後さらなる検討が必要であると考えられる。貝の生理状態に対する収容密度の影響が明確にみられない要因としては、抑制籠内では海水交換率が極めて低いため、摂取される餌料プランクトンの供給量が少なくなり、そのため貝が基礎代謝等により消費するエネルギー量に対して、餌料に由来する供給エネルギーが、収容数の違いによる影響を殆ど受けにくいほどの低

いレベルであったためではないかと考えられた。また、前報(青木ら 2011)の水温上昇期とは異なり、本研究では冬季の低水温期における抑制飼育であったので、貝の基礎代謝等に必要エネルギー量は低いレベルにあり、このことが収容数の影響を小さくした可能性も否定できない。一方、各区の死亡率をみると、収容密度の高い区ほど死亡率が高かった。本研究において試験貝の死亡原因は断定できないものの、この要因としては高密度区の方が籠内の溶存酸素量が低くなりやすいことや、死亡した個体の腐敗による水質悪化の影響を受けやすいためではないかと推察された。

本研究では、抑制飼育したアコヤガイの生理状態(仕立て状態)の指標として閉殻力の利用性を検討するため、閉殻力と軟体部諸形質の11月から4月までの毎月の値の相関関係を調査した。その結果、全湿重量、軟体部重量/全湿重量、閉殻筋重量、閉殻筋重量/貝殻重量と閉殻力との間には有意な正の相関関係がみられ、相関係数は $r=0.77\sim 0.88$ と比較的高い値を示した(Fig. 3)。また、試験終了時における軟体部の栄養成分と閉殻力との間にも有意な相関関係が認められた(Fig. 4)。これらのことから、閉殻力は軟体部諸形質とほぼ同調して変動すること、および栄養状態ともリンクすることが示唆された。一方、閉殻力と軟体部諸形質の関係については、各月あるいは全飼育期間において試験貝の個体ごとのデータとしてみた場合には、いずれもバラツキが大きく明確な相関関係は認められなかった。したがって、本研究結果からは、アコヤガイの冬季の抑制飼育期間において、閉殻力は個体ごとの生理状態を鋭敏に反映する精度はなく、集団を対象とした生理状態の変動傾向を把握する指標として有効であると考えられた。なお栄養成分のうち、グリコーゲンと閉殻力との相関係数( $r=0.28$ )は、前報(青木ら 2011)の結果( $r=0.80$ )と比べて低かった。両試験での相関係数に差異が生じた要因は明らかではないが、水温条件の違いにより閉殻力とグリコーゲンの変動パターンおよび貝のエネルギー要求量が異なったことや、開始時における試験貝の閉殻力とグリコーゲン含量の相関性の違い等が影響している可能性が挙げられる。

以上、本研究により閉殻力が冬季の抑制飼育におけるアコヤガイの生理状態の指標として活用できる可能性が示された。閉殻力は養殖現場において、アコヤガイを生かした状態で、簡易で迅速かつ低コストで測定

できることから、抑制飼育管理の実用的なツールとしての利用が期待される。冬季の抑制飼育では、漁場での水温をはじめとする環境条件の違いや、アコヤガイ種苗の遺伝的な形質の差異（例えば親貝が日本産貝か外国産貝）等の要因により、貝の生理状態は影響されることが推察される。したがって、今後の課題としては抑制飼育期間におけるアコヤガイの閉殻力の変動に及ぼす様々な要因の影響を解明することが望まれる。また、挿核時の貝の生理状態と真珠品質に関する知見をさらに集積するとともに、仕立ての指標として閉殻力を用いて、高品質真珠の生産につながる挿核時期の判断や貝を選別する技術を開発することが望まれる。

### 要約

1. 冬季の抑制飼育期間におけるアコヤガイの閉殻力および生理状態を示す軟体部の諸形質の変動を調査するとともに、それらに及ぼす抑制籠への収容貝数の影響について検討した。
2. 抑制期間中にけるアコヤガイの閉殻力、全湿重量、軟体部重量/全湿重量、閉殻筋重量、閉殻筋重量/貝殻重量は、いずれも飼育日数の経過とともに漸次低下する傾向を示した。
3. 抑制籠へのアコヤガイの収容数の違いが閉殻力および他の軟体部諸形質の変動パターンに及ぼす影響について調査した結果、いずれも測定値と収容数との間に明確な対応はみられなかった。一方、試験貝の死亡率は収容数の多い区ほど高く、飼育密度の影響のあることが示唆された。
4. 閉殻力と軟体部諸形質の11月から4月までの毎月の値には、有意な正の相関関係が認められた。このことから、閉殻力は冬季の抑制飼育後のアコヤガイの生理状態を反映し、抑制の程度や効果を把握する指標として有効に活用できる可能性が示された。

### 謝辞

本研究は、独立行政法人科学技術振興機構（JST）の地域イノベーション創出総合支援事業重点地域研究開発推進プログラム（研究開発資源活用型）「次世代真珠養殖技術とスーパーアコヤ貝の開発・実用化」にお

いて実施した。

### 文献

- 青木 駿（1966）：異常真珠の出現防止に関する研究。全真連会報，4，1-204.
- 青木秀夫・渥美貴史・阿部久代・神谷直明・石川 卓・古丸 明（2010）：挿核時のアコヤガイの閉殻力と養殖特性および真珠品質との関係。全真連技術研究会報，24，1-5.
- 青木秀夫・藤原孝之・石川 卓・渥美貴史・阿部久代・神谷直明・古丸 明（2011）：抑制飼育期間におけるアコヤガイの閉殻力および軟体部諸形質の変動。三重県水産研究所研究報告，20，1-7.
- 赤松 蔚（2003）：真珠の養殖，カルチャード・パール，真珠新聞社，東京，pp.53-83.
- 植本東彦（1958）：アコヤガイの生殖腺に関する研究Ⅱ。国立真珠研究所報告，4，619-635.
- 植本東彦（1961）：アコヤガイのそう核手術に関する生理学的研究Ⅰ-Ⅲ。国立真珠研究所報告，6，619-635.
- 植本東彦（1967a）：真珠養殖技術における仕立て作業の意義とその効果に関する研究。真珠技術研究会，6，1-99.
- 植本東彦（1967b）：仕立て作業および挿核手術がアコヤガイの生理状態に及ぼす影響。日本水産学会誌，33，705-712.
- 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.
- 滝本真一（1997）：真珠貝新仕立て技術開発研究。平成7年度愛媛県水産試験場事業報告，115-119.
- 和田浩爾・鈴木 徹・船越将二（1988）：しみ・黒珠・有機質真珠の形成と真珠袋の異常分泌。全真連技術研究会報，4，21-32.
- 和田浩爾・山際 優・秋山敏男・山本剛史・船越将二（1991）：アコヤガイの体力・肥満度と体成分との関係。全真連技術研究会報，7，1-8.