

# 近赤外分光法によるアコヤガイ優良個体の選別

藤原孝之<sup>\*</sup>，青木秀夫<sup>\*\*</sup>

## Selection of Pearl Oysters (*Pinctada fucata martensii*) with High Nutritional Status Using Near Infrared Spectroscopy

Takayuki FUJIWARA and Hideo AOKI

### 1. はじめに

三重県は、明治 26 年に御木本幸吉が半円真珠養殖を成功させて以来、真珠の主要生産県として知られており、海産真珠の生産量は全国で第 3 位である（平成 18 年）<sup>1)</sup>。真珠養殖に用いられる母貝のほとんどはアコヤガイであるが、平成 6 年以降の猛暑や赤潮発生など海況異常<sup>1)</sup>、さらに平成 8 年以降の赤変病によるへい死<sup>2)</sup>が全国的な問題となっている。この対応として、耐病性および高水温耐性が強いとされる中国産貝を導入し、国産貝と交雑させる対応がとられたが、交雑貝で生産された真珠に濁った色目が出るなど品質上の問題が発生した<sup>1)</sup>。そのため、夏期のへい死が少なく、良質真珠の生産が期待できる国産アコヤガイの作出が望まれてきた<sup>3)</sup>。

岡本ら<sup>3)</sup>は、アコヤガイの閉殻力に注目し、開口器と荷重計を組み合わせて閉殻力を簡便に測定できる装置を考案したうえで、得られた測定値が栄養状態の悪化に起因するへい死を対象とした育種に利用できることを報告した。さらに、閉殻力がアコヤガイの家系に依存し、閉殻力の弱い家系はへい死率が高い傾向があることや<sup>4)</sup>、閉殻力は遺伝する形質であることが明らかにされたことにより<sup>5)</sup>、選抜育種における評価指標として、閉殻力の妥当性が支持された。また、Aoki ら<sup>6)</sup>は、アコヤガイの閉殻力および軟体部の栄養成分の季節による推移を調査したところ、閉殻力は成分濃度と比較し周年変化が小さい

ため、貝の健康状態の指標としてより適切であることから、閉殻力は選抜育種だけでなく、養殖管理にも有用であると述べている。

以上の報告で用いられた閉殻力測定装置は、1 時間に 100 個体以上を測定できる能力を有する<sup>3,6)</sup>。しかし、閉殻力測定においては、貝殻を開口器で強制的に開ける処理を必要とすることから、より簡便で貝にストレスを与えない評価法が望まれていた。

近赤外分光法は、非破壊で対象物の成分を定量できる分析法として、農林水産物や、食品、繊維、医薬品、ポリマーなど工業製品、医学等、様々な対象物や分野において利用されている<sup>7)</sup>。滝本<sup>8)</sup>は、透過型の近赤外分光計を用いて殻付きのアコヤガイを生きたまま測定し、栄養状態を示す閉殻筋のグリコーゲン量および黄色度を推定可能であることを報告するとともに、携帯型機器の開発が必要と述べている。携帯型近赤外分光計は、主として果実類の糖度測定を目的として市販されており<sup>9)</sup>、この機器のひとつを魚の脂質測定に応用した研究も多く発表されている<sup>10-14)</sup>。

筆者らは、携帯型近赤外分光計を用いて、アコヤガイの栄養成分を非破壊測定する可能性について検討してきた。その結果、貝殻が殻付きの貝のスペクトルに及ぼす影響は小さく、殻付きの状態でも軟体部のタンパク質および水分を、大まかな選抜に用いることができる精度で測定可能であることがわかった<sup>15)</sup>。また、軟体部のタンパク質および水分は閉殻力と相関があるため、携帯型近赤外分光計で推定した

\* 医薬品・食品研究課

\*\* 水産研究所 水産資源育成研究課

タンパク質または水分の値を用いて、閉殻力の強い、すなわち栄養状態の優れる貝の選別が可能であることを報告してきた<sup>16)</sup>。

本研究においては、近赤外分光法を用いてアコヤガイ優良個体を選抜する手法の実用性を検討するため、既報で作成した検量線による軟体部成分の推定精度を確認するとともに、個体識別した貝を用いて、近赤外分光法により選別した貝が、以降も良好な栄養状態を維持するかという観点で調査を行った。アコヤガイ軟体部の水分およびタンパク質は極めて高い負の相関を示すため<sup>15)</sup>、水分およびタンパク質のうち一方を測定すれば、アコヤガイの栄養状態を評価可能と考えられる。そこで、本研究においては、栄養成分として水分を取り上げて検討を行った。

## 2. 実験方法

### 2.1 材料

英虞湾で飼育した日本産アコヤガイ 3 年貝を、2009 年 5 月 1 日 (82 個体)、7 月 27 日 (79 個体)、10 月 26 日 (75 個体) および 12 月 14 日 (50 個体) に採取して、閉殻力、近赤外スペクトルおよび軟体部の水分を個体ごとに測定した。試験貝の湿重量は、採取日の順に ( $51.9 \pm 3.7$ g,  $61.2 \pm 4.8$ g,  $67.6 \pm 8.0$ g,  $71.2 \pm 10.1$ g, 平均  $\pm$  標準偏差) であった。7 月 27 日に採取した貝については、6 月 16 日に閉殻力および近赤外スペクトルの測定を行い、個体識別を行って英虞湾で飼育したものである。

### 2.2 従来法による水分測定

既報<sup>15,16)</sup>と同様に、アコヤガイ軟体部を真空凍結乾燥機により乾燥し、重量の減少から水分を求めた。

### 2.3 近赤外スペクトルの測定

殻付きの貝について、個体ごとに既報<sup>15,16)</sup>と同様に近赤外スペクトルを測定した。用いた分光計は携帯型近赤外分光計 (フルーツセレクター K-BA100R, クボタ) で、果実類の糖度および酸度の非破壊測定を目的に市販されているものであり、インタラクタンス方式の光ファイバプローブ先端に果実を当てて測定を行う<sup>17)</sup>。本研究においては、ファイバプローブの先端に直接アコヤガイを置き、測定を行った。装置の設定は、蓄積時間 200 ms (本設定で光量が飽和した個体は 100 ms)、平均回数 10 回、ダミー回数 10 回、リファレンスの場合はそれぞれ 50 ms、10 回、10 回の設定で測定し、スペクトルは 2 nm おきに記録した。外乱光除去モー

ドで測定し、さらに暗幕を用いて測定部の遮光を行った。

### 2.4 近赤外分光法による水分推定

既報<sup>16)</sup>で作成した水分の検量線を用いて、近赤外スペクトルから試験貝の水分を推定した。計算は、Vision ソフトウェア (ver.3.2, Foss-NIRSystems) を用いて行った。

### 2.5 閉殻力の測定

開口器と荷重計を用いて、岡本ら<sup>3)</sup>と同様な方法で、貝殻を 10mm 開口させた場合の荷重を測定した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 近赤外分光法による水分測定

図 1 に示すように、水分の推定値と実測値の間には有意な正の相関があり、各測定日における相関係数は同程度であった。しかし、特に 5 月 1 日および 7 月 27 日測定においては、両者の回帰式の傾きが 1 よりかなり大きかった。この理由として、採取日による軟体部の成分組成の違い、あるいは貝殻の厚さや表面構造等の違いがスペクトルに影響を与えたことが考えられる。以上のことから、近赤外分光法は、軟体部水分の絶対値を正確に測定することは困難であるが、各調査日において水分の多少を相対的に評価する目的には使用可能と考えられた。

用いた検量線は、飼育履歴や親貝の由来が様々なアコヤガイに適用できるように、家系および採取時期の異なるアコヤガイを数多く用いて作成したものである<sup>16)</sup>。検量線の精度を高めるためには、単一家系の貝を用いて、限られた採取時期について検量線を作成する、あるいは随時、検量線の傾きおよび切片を補正することが有効と考えられるが、ともに多大な手間を要し、実用的ではない。単一家系のアコヤガイを同条件で飼育した場合、ある採取日における閉殻力は近赤外分光法で推定した水分と負の相関、タンパク質と正の相関を示す傾向があることから<sup>16)</sup>、実用にあたっては、選抜する個体数を定め、近赤外分光法により推定したタンパク質が多い個体あるいは水分の少ない個体を選択すれば、閉殻力の高い、すなわち栄養状態のよい個体を選別できると考えられた。

### 3.2 近赤外分光法を用いて選抜したアコヤガイの栄養状態の維持

図 2 においては、2009 年 6 月 16 日から 7 月 27

日まで飼育したアコヤガイについて、飼育開始時および終了時に測定した閉殻力を個体ごとに比較した。このように、両者の相関は高く、すなわち飼育開始時に栄養状態が良い個体ほど、終了時の栄養状態も良い傾向がみられた。次に、飼育開始日に近赤外分光法により推定した水分と、飼育終了時の閉殻力との関係を図3に示した。両者には負の相関関係がみられたが、相関係数の絶対値は図2よりやや低かった。この原因として、アコヤガイの軟体部水分と閉殻力との相関は極めて高いわけではないことと<sup>16)</sup>、近赤外分光法による水分測定誤差の両方が考えられた。しかし、図3の結果から、近赤外分光法は優良個体の選抜において、閉殻力測定の前段階のスクリーニング目的に十分使用できると考えられた。

#### 4. まとめ

携帯型近赤外分光計を用いてアコヤガイ軟体部の水分を推定し、栄養状態の良い貝を選別する手法の実用性を検討した。栄養状態の指標には閉殻力を用いた。2007年および2008年に採取したアコヤ

ガイを用いて近赤外分光法により作成した検量線で2009年のアコヤガイの水分を推定したところ、推定値の水分が実測値からずれる場合があったが、いずれの調査日ともに推定値と実測値との相関は高かった。個体識別したアコヤガイを38日間飼育して確認したところ、飼育開始時に近赤外分光法により推定した水分と、終了時の閉殻力との間には相関が認められた。以上より、近赤外分光法により貝肉水分の絶対値を高精度に測定することは困難であるが、水分推定値の小さい個体を選別すれば、以降も概ね高い栄養状態を保つことから、近赤外分光法は、閉殻力測定の前段階としての選抜に有効であると考えられた。携帯型近赤外分光計は、測定時間が閉殻力測定と同等以下であり、また殻を開口させる必要がないため貝に与えるストレスがないことから、実用性が高いと思われる。さらに処理能力を向上させるためには、果実の選果場において実用化されている糖度測定機<sup>18)</sup>のように、コンベヤを用いた自動選別機への応用が期待される。

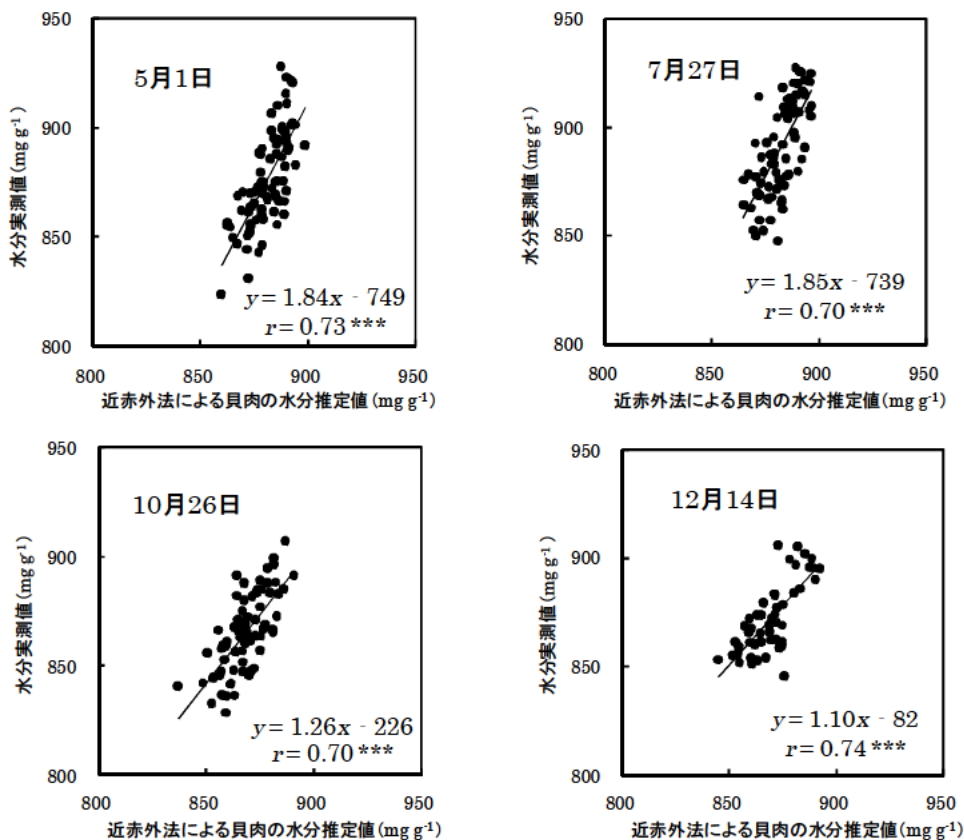


図1 近赤外分光法によるアコヤガイ貝肉の水分推定値と実測値との関係  
\*\*\* : 0.1%水準で有意

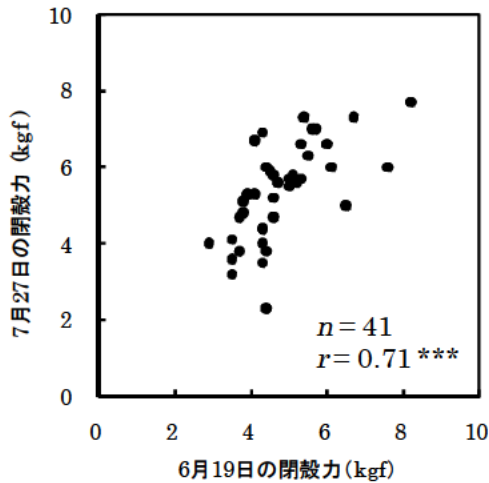


図2 飼育開始日(6月16日)および終了時(7月27日)に測定したアコヤガイの閉殻力の比較

\*\*\* : 0.1%水準で有意

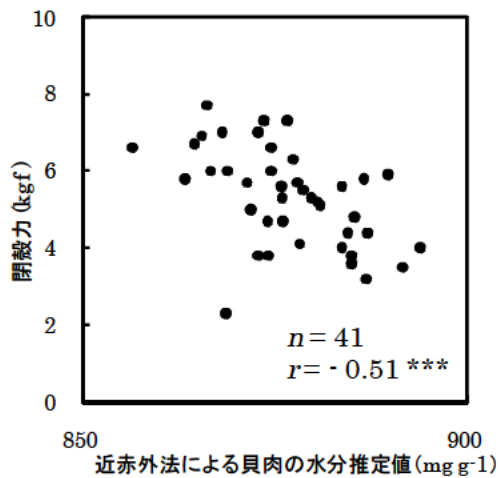


図3 近赤外分光法によるアコヤガイ貝肉の水分推定値(6月16日)とアコヤガイの閉殻力(7月27日)との関係

\*\*\* : 0.1%水準で有意

## 謝辞

本研究は、独立行政法人科学技術振興機構(JST)「次世代真珠養殖技術とスーパーアコヤ貝の開発・実用化」(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)の下で行われました。関係各位に感謝します。

## 参考文献

- 1) “2008年版 真珠年鑑”. 真珠新聞社, p35-89 (2008)
- 2) 黒川忠英ほか: “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”. 日本水産学会誌, 65, p241-251 (1999)
- 3) 岡本ちひろほか: “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, p293-299 (2006)
- 4) 岡本ちひろほか: “家系間におけるアコヤガイ *Pinctada fucata martensii* の閉殻力の差違”. 水産増殖, 54, p525-529 (2006)
- 5) 石川 卓ほか: “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, p77-82 (2009)
- 6) H. Aoki et al. : “Utility of Shell-Closing Strength as the Indicator of Good Health in Breeding and Culture Management of Japanese Pearl Oyster *Pinctada fucata*”, Aquaculture (in press)
- 7) 岩本陸夫ほか: “近赤外分光法入門”. 幸書房, p130-155 (1994)
- 8) 滝本真一: “アコヤガイの非破壊試験による品質評価について”. 全真連技術研究会報, 13, p1-5 (1988)
- 9) S. Saranwong et al. : “Near-Infrared Spectroscopy in Food Science and Technology”, John Wiley & Sons, p219-245 (2007)
- 10) 山内 悟ほか: “インタラクタンス方式の光ファイバーを用いた近赤外分光法による冷凍カツオ粗脂肪含量の非破壊測定”. 日本水産学会誌, 65, p747-752 (1999)
- 11) 畠本淳司ほか: “ビンナガの脂肪分布と近赤外分光法による脂肪含量の非破壊測定”. 日本水産学会誌, 66, p1059-1065 (2000)
- 12) 畠本淳司ほか: “生・冷凍マアジの近赤外分光法による脂肪量の非破壊測定”. 日本水産学会誌, 67, p717-722 (2001)
- 13) 山内 悟ほか: “ハンディー型近赤外測定器によるマアジおよびその干物の脂肪測定”. 日本食品科学工学会誌, 53, p393-397 (2006)
- 14) 清川智之ほか: “ポータブル型近赤外分光分析装置によるマアジ, アカムツ脂肪含有量の非破壊測

- 定とその活用事例 ”. 島根県水産技術センター研究報告, 1, p11-17 (2007)
- 15) T. Fujiwara et al. : “Nondestructive Evaluation of the Nutritional Status of Pearl Oysters (*Pinctada fucata martensii*) Using a Portable Near-Infrared Spectrophotometer”. Aquaculture Sci., 57, p469-474 (2009)
- 16) T. Fujiwara et al. : “Simple Selection of Pearl Oysters (*Pinctada fucata martensii*) With Strong Shell-Closing Strength Using Near-Infrared Spectroscopy”. Aquaculture Sci., 58, p253-259 (2010)
- 17) 藤原孝之: “近赤外分光法によるトウモロコシ胚芽の脂含量の非破壊測定 ”. 三重県工業研究所研究報告, 33, p14-20 (2009)
- 18) 前田 弘ほか : “食品の非破壊計測ハンドブック ”.サイエンスフォーラム, p208-230 (2003)