

ニュージーランド産 養殖アワビ貝プリスター真珠

チェリル Y. ウィンツェル著

アワビ貝真珠を用いた養殖の成功は、1890年代後期にフランスの科学者ルイブータンの実験によって一般に知られるようになったが、商業生産が可能になったのはここ数十年のことである。カラフルでイリデッセンスがある真珠層を持つ、ニュージーランドのハリオティス アイリス (アイリス アワビ) の使用ということが、近代において、この産業界に与えた最大の影響となった。

エンプレス アバロン社が、このハリオティス アイリスから大きく魅力的な養殖プリスター真珠(殻付き真珠)を生産している。1997年の最初の商業収穫では、直径は9~20mmあり、輝くようなブルー、グリーン、パープル及びピンクの色相を有する約6,000個のジュエリー品質の養殖プリスター真珠が採れた。

宝石学で用いられている最先端の検査技術を駆使して、この貝から採れたサンプル22個を検査したところ、コンキオリン層の存在の有無と厚さが、フェース・アップの外観に大きな影響を及ぼすことを発見した。

エンプレス アバロン社は、この腹足類軟体動物を用いた養殖バロック真珠を生産する実験も行っている。

アワビ貝真珠は、その希少性、ダイナミックな色、及び非凡なイリデッセンスを兼ね備えているため、高い賞賛を受けている。この真珠は、珍しい形状—そのほとんどは円錐形—と、大きな成長を遂げる場合があるため、とりわけデザイナー ジュエリーに適している。この希少な真珠は、それらの美しさを持ち合わせているので、19世紀後期には、既に養殖実験が幾度も行われていたという記録が残っている。研究者がアワビ貝真珠養殖への挑戦とそれに伴う困難を克服したのは、ごく最近のことであった。ある会社、つまりニュージーランド、クライストチャーチのエンプレス アバロン社が、ニュージーランドのハリオティス アイリスを用いて、輝くような色を持つプリスター真珠の養殖に成功した(図1)。この張り合わせ養殖プリスター真珠は、エンプレス パール®(米国ではエンプレス アバロン パール®)という国際商標の下で販売されている。同社は養殖真円アワビ貝真珠の商業生産も目指している。

本論文は、エンプレス アバロン社が生産している張り合わせプリスター真珠の、養殖、歴史、生産、販売、及び鑑別特徴に焦点を合わせた。他に明記していない限り、これらの情報は1996年から1998年の間に、この会社の所有者だったリズ及びマイケル マッケンジーに個人的に連絡し、入手したものである。

著者について

ウエンツェル女史(cwentzell@giagt.org)は、カリフォルニア州カールスバッドにあるGIA ジェムトレードラボラトリーの鑑別サービス部門のシニアスタッフ ジェモロジストである。

謝辞については、本論文の末尾を参照すること。

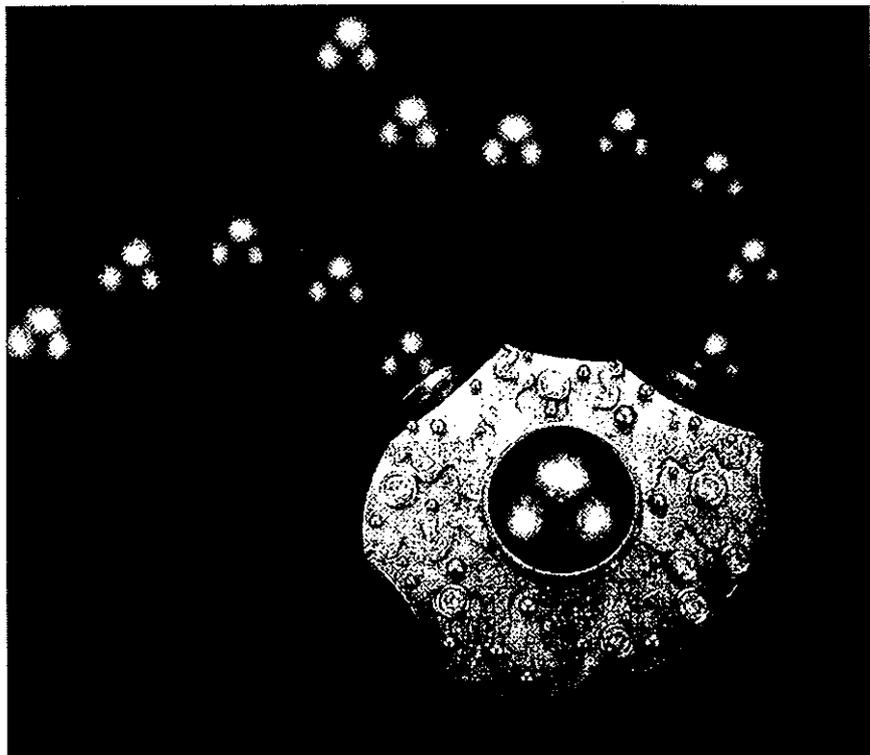
ジェムズ&ジェモロジー, Vol. 34, No. 3, pp. 184-200.

©1998ジェモロジカル インスティテュート オブ アメリカ

アワビ貝真珠養殖の歴史

アワビ貝真珠の養殖は、この貝の養殖及び挿核が困難なためになかなか成功に至らない。初めて養殖アワビ貝プリスター及び球形真珠が実験的に生産されたのは1890年代後期で、フランスの科学者ルイブータンがヨーロッパに棲息するアワビ貝、アバロンハリオティス チュバーキュラータを使用して行った(ファンクホナー、1991、1995)。40年後、ラプレーヌ ポストウィックは、カリフォルニアに棲息するアワビ貝を用いてプリスター真珠とバロック真珠との両方を養殖したと発表した(ポストウィック、1936)。1950年代半ば、ポストウィックの研究は日本の科学者宇野 寛博士へと引き

図1.
 ニュージーランドの
 養殖アワビ貝プリスター真珠は、
 1996年に国際宝石市場で
 初めて紹介されて以来、
 多くのファイン ジュエリーの
 中の1つとされている。
 この18Kの金とパラジウムの
 ペンダント(実際は隠れた
 クラスプ)には、15mmの
 「ジェム」グレードの
 エンプレス パール®が
 セットされている。
 ネックレスのタヒチ産黒真珠は、
 11.5mmから15.25mmまでの
 グラデュエーションである。
 コロラド州デンバーの
 リチャード キンバルが
 デザイン及び製造を担当した。
 写真:©アザド。



継がれた。宇野は、貝殻に穴をあけて核を固定することにより、アワビ貝真珠の養殖を大きく発展させた(ファンクボナー、1995;マッケンジー、1996)。彼はその後、日本のハリオティス ディスカス(クロ アワビ)を用いて最大直径22mmのプリスター真珠を成長させる事に成功したと報告した。しかし、真円真珠の生産については大きな成果を挙げることはできなかった(ファンクボナー、1991)。後に、韓国のコリア アバロン パールの社長チョー ウォン・ホーがアワビ貝真珠の養殖を開始し、1991年に大きな真円アワビ貝真珠の生産が成功するよう計画を立てた(「より大きなアワビ貝・・・」、1991)。しかし、同社が操業停止に追い込まれたため、この先駆的な取り組みは実らずに終わった。

1980年代半ば、ブリティッシュコロンビア州バーナビーにあるサイモン フレイザー大学の教授、ピーター V. ファンクボナー博士は、斑模様を持つアワビ貝のハリオティス カムトシャトカーナを用いて、北米では初めてのジュエリー品質となる、養殖アワビ貝プリスター真珠の生産を開始した(ファンクボナー、1995)。その後、ファンクボナー博士により、おそらく世界で最も大きなサイズのプリスター真珠の生産に成功し、この真珠は、ベースの差し渡しが27mm(1インチ余り)にも及ぶものとなった(「SFU海洋生物学者が世界記録を主張・・・」、1996)。彼は球形ビーズ挿核による真珠生産の実験を

行い、また、8mmもある完全な外套膜組織挿入パロク真珠を幾つか養殖したと述べている(P. ファンクボナー、私信、1998)。

ファンクボナー博士の報告によると、養殖アワビ貝プリスター真珠の生産業者は、彼の所有会社(カナダ、ブリティッシュコロンビア州バーナビーのパシフィック パール カルチャー社)以外にも北米西海岸に3社ある。これらの会社は、全てカリフォルニア州を拠点としており、サンタ バーバラのカリフォルニア アバロンパール社のジャック ジョイナー、モンタレーのモンタレー アバロン社のジョー カヴァナー及びアート シーヴィー、コレセントシティのノース コースト シー ファーム社のティム ロスが所有している。ファンクボナー博士およびGIAジェム トレード ラボラトリー(GIA GTL)のスタッフ メンバーによると、メキシコのバハ カリフォルニア西海岸にも生産業者はいると確信があるものの、その会社名は判明しなかった。

アワビ貝真珠の養殖はこれまでに、オーストラリア、ニュージーランド、中国、南アフリカ、メキシコ、チリ、アイルランド等、他の諸国でも試みられてきた(ファンクボナー、1995)。クロップの1997年の論文によると、ハワイでは最近、4分の3プリスターから球形真珠を生産する実験を奨励している。タスマニアでは、1990年代初期にアバロン パール社がプリスター真珠生産に初めて

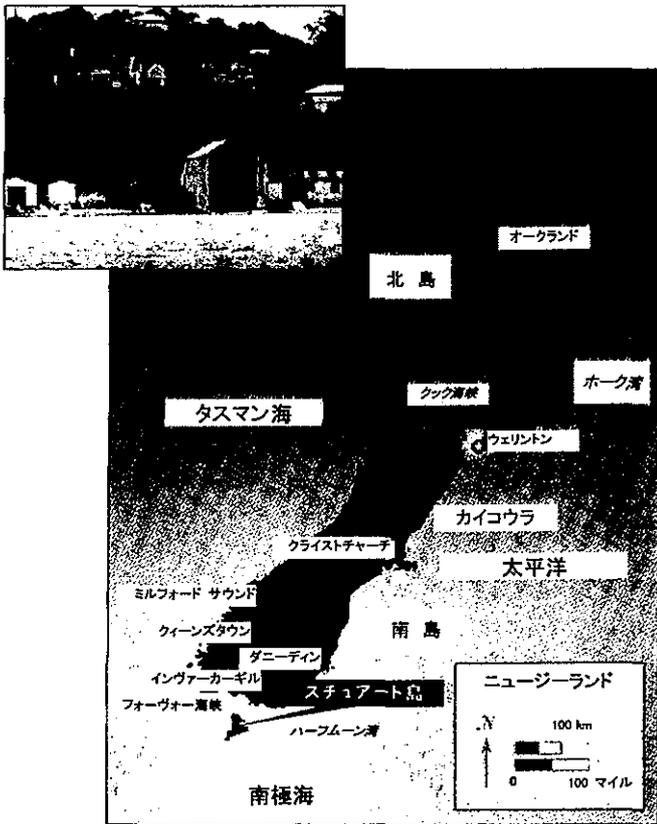


図2. エンプレス パールズは、主にニュージーランドのシュアート島で養殖されており、その研究施設は本島の南島のカイコウラにある。挿入図はシュアート島の生産施設を示しており、ハーフムーン湾に所在する。写真提供はエンプレス アバロン社。

成功してこの分野に参入し、グリーンリップのアワビ貝であるハリオティスリーヴィガータを用いた球形真珠の生産を目指すようになった(クロフ、1997)。後者の実験は、ほぼ最終段階にあり、こうした養殖球形真珠の第一段階である真珠袋の形成を見ることができた。

1995年以降、ニュージーランドのエンプレスアバロン社は鮮やかな色のハリオティスアイリス、つまりヘリリアアビを用いて商業品質の真珠養殖に成功した。同社の研究及び生産活動については以下に述べる。ハリオティスアイリスを使用しているもう1つの会社は、ニュージーランド北島西海岸にある、タラナキ地方ニュープリマスのレインボーパールズ社である。ここは、かつては全くの商業用アワビ貝の孵化場であったが、現在では張り合わせ養殖プリスター真珠を生産している。

「エンプレスパール」の背景

【位置及び交通手段】 ニュージーランドは、大きな2つの本島と、その他の小さな島々で構成された、地形的にも気候的にも変化に富んだ国である(図2)。アワ

ビプリスター真珠の養殖は、ニュージーランド最南端に位置し、小さい島ではあるが3番目の大きさとなるシュアート島北東のハーフムーン湾で、エンプレスアバロン社により実施されている。この施設は(図2挿入図)は訪問者らに開放されており、アクセスするには、南島のインヴァーカーギルから所要時間約1時間のフェリー、または20分の空路が利用できる。エンプレスアバロン社は、南島の北東海岸、クライストチャーチの北約180km(112マイル)にあるカイコウラという小さな町にも研究施設を置いている(マッケンジー、1996)。

ニュージーランドは3つの主要水系に囲まれている。その北と東は太平洋、西はタスマン海、南は南極海である。亜熱帯と亜南極からの海流がシュアート島沖で合流し豊富な栄養分が流入するため、様々な海洋環境を生み出している。カイコウラでは大陸棚が海岸沿いに発達しているため、栄養分の噴出により恩恵を受けた、他の場所とは異なる様々な海洋環境が見られる。

【会社構造と施設】 1995年、ニュージーランドにあるジュエリー企業のゴールドラッシュジェム社のリズ及びマイケルマッケンジーは、アバロンプロデューサーズ&パートナーズのアワビ貝採りダイバーと協力してシュアート島ハーフムーン湾にアバロンパートナーズ社という新会社を設立した。ロンデニスがここを運営している。マッケンジー家は、この土地の生産物の独占販売権を有する、クライストチャーチのエンプレスアバロン社の株を55%保有している。残りの株は他の20の株主が保有している。最近エンプレスアバロン社がアバロンパートナーズ社を取得したため、現在では養殖プリスター真珠の生産と販売との両方を取り行っている。収穫後の処理工程全般については、ゴールドラッシュジェム社と契約している。

アワビ貝は、水揚げされると1立方メートルのゴムタンク150個に収容され、それぞれのタンクには1,000リットルの海水と70~80個のアワビ貝が保管される(図3)。常勤3人の他に、繁忙期になると多い時では7人の従業員が加わる。マッケンジーは今後3年間で、カイコウラの北16km(10マイル)のマウンガマヌと呼ばれる小さな町に、現在よりも貝の収容力を持つ大きな施設を建設する計画で、その収容力はアワビ貝100,000個になると見込まれている。

エンプレスアバロン社は、カイコウラにあるジョージノックスリサーチラボラトリー(クライストチャーチのカンタベリー大学所有)にスペースを借りてその研究

活動を行っている。現在この施設にはタンクが25個あり、2人の常勤研究者がいる。政府の補助金を受け、アワビ貝及び真珠養殖のいろいろな側面に関する研究を大学と共同で行っている。この研究には、真珠層の生成を促すための刺激、餌の種類が真珠の色に与える影響、およびアワビ貝の繁殖などが含まれる。

アワビ貝の生物学的性質

アワビ貝という軟体動物は、腹足類前鰓亜綱古代腹足類目ミミガイ属の海洋性巻貝の原始グループである(ハース、1978)。全腹足類の中では最も大きく(ニッソ、1994)、繊細な風味をもつ肉、イリデッセンスのあるマザー オブ パール、及び真珠が賞賛を呼んでいるカサ貝の一種である。世界中には約90~100種類が棲息している(ホルター、1992;ファンクボナー、1995)が、ファンクボナーによると、真珠養殖に最適なサイズに到達する種類は2ダースにも満たない。

アワビ貝には性別があり、体外受精によって繁殖する。数百万個の卵と雲状の精子が水中に放出され、結合するまで漂流する。受精方法がとても不規則なため、1つの貝が自然界で繁殖に成功する率は数年に1回ほどしかない(ホルター、1992)。受精卵は成長して幼生になり、さらに自由に泳ぐ被面子となって硬い基盤に落ち着く。被面子はさらに成長してアワビ貝となり、約15~20mm/年の速度で成長する。この成長率は、真珠養殖に使用する他の軟体動物よりは低いが、養殖開始後には約25mm/年にまで上がる。楕円形の貝の成体は、長さが約12~14cmにまで達する。

アワビ貝は、浅瀬から水深約36mに棲息する(マグロー・ヒル、1987)。これらは、藻(幼生期にはサンゴ藻、成体期にはケルブ藻や他の海藻)を掘り起こして、夜間に歯舌一列状のキチン質突起を持つやすり状の舌で食する(マクリーン、1969;ハース、1978)。貝殻の片側に沿って開いている列状の穴は、呼吸、排泄および繁殖に使われる(図4)。アワビ貝は丈夫にできているが、血液を凝固させる機能を持っていない。そのため、大きな損傷を受けると出血死するか(コックス、1962)、あるいは、筋肉を収縮させて傷口を閉じると移動性を失って死に至ることがある(M. マッケンジー、私信、1998)。アワビ貝の平均寿命は約10年だが、理想的な環境下では40年から50年も生き延びることができる(ハース、1978)。

ハリオティス アイリスは主にニュージーランド沖合に棲息し、全アワビ貝種の中でも最も鮮やかな色の

マザー オブ パールを誇る貝であると認識されている(例えば図4参照)。虹のような色相をもつ理由については、ブラウン(1985、1997)が検討をしている。リズマッケンジーによると、南島沖の比較的水温の低い海洋が、イリデッセンスを多く持つカラフルな真珠層の形成にとって最適なものである。

飼育アワビ貝の収穫

ニュージーランドのアワビ貝採取は、限られた者が規定割当量に従って行う。規定総割当量は908トン/年以下である(1トンにはアワビ貝成体が約2,000個で、1個の長さは少なくとも12.5cmある。)。昨年エンプレスアパロン社は、あるダイバーから割当量4.5トンを借り受けた。貝の取り扱いとその品質を保護するために、自社専属のダイバーに一任したいと考えたのである。

アワビ貝は、カイコウラ及びスチュアート島の施設沖合で採取する。ダイバーは砂による汚染を避けるために岩場を選ぶ。砂で汚染されると、養殖真珠の成長中に問題が発生することがある。割当てシーズンは10月1日から1年間である。しかし、10月から3月までが

図3. スチュアート島の施設には150個のゴム タンクがあり、各タンクには70~80個の挿核したアワビ貝が保管されている(挿入図)。真珠層の成長段階では、濾過して曝気した水を12~15°Cに維持管理をする。写真提供はエンプレス アパロン社。





図4.

ハリオテス アイリスは、ヘトリアワビとも呼ばれ、この種類では最もイリデッセンスがあり鮮やかな色を持つマザー オブ パールおよび真珠層を産み出す。この貝殻の外側にはカラフルな模様が見える。これは研磨してラッカーを塗ったものである。内側(挿入図、これにもラッカーが塗ってある)も生き生きとした色をしている。アワビ貝は列状の穴を使用して呼吸、排泄及び繁殖を行う。核は、貝殻の頂点付近(挿入写真の右側)に挿入される。この場所は、アワビ貝がこれを排出するには最も困難な場所である。指輪及びペンダントの養殖張り合わせアワビ貝プリスター真珠は、12.5mmから15.8mmのサイズである。指輪はニュージーランドのダニーデンのイアン ヘンダーソンがデザイン及び製造をした。ペンダントはニュージーランド、クライストチャーチのゴールドラッシュ ジュム社がデザインし、製造したものである。マハ デマジオ撮影。

潜水には最適な環境なので、その期間でほとんどの活動は終了する。圧縮空気の潜水タンクの使用は法律で禁止されているため、シュノーケルを使用したダイバーが浅瀬から約9m(30フィート)までの場所でアワビ貝を採取する(図5)。1回の作業(約2時間)では、通常約100~200kgのアワビ貝が採取される。

アワビ貝は「血友病」のような体質を持つため慎重に採取しなければならない。採取には、従来よりアワビ貝鉄と呼ばれる梃子を使用しているが、エンプレス アバロン社のダイバーは、石工職人が使用するような三角ゴテを用いる方が、この生物を傷付ける危険を少なくできると発見した。アワビ貝の採取は、この道具をその筋肉質の足と岩盤の間に挿入して行う。採取されるアワビ貝は少なくとも5歳以上で、それよりもはるかに成長したアワビ貝は貝殻が厚く、若いアワビ貝より成長が遅くなるために養殖真珠生産には望ましくない。アワビ貝は、水揚げする前に目視評価を下し、適切でないと判断した場合は、できるだけ傷つけないようにして戻す。

現在、エンプレス アバロン社が真珠養殖に用いているのは天然貝のみであるが、企業努力としては、

1999年後期までに養殖貝の使用に移行するため、カイコウラ施設内で3トンのアワビ貝を生育している。ニュージーランドの天然アワビ貝は、かつて絶滅する危険があったが、政府が規定割当制度を定めたので未然に防ぐことができた。個体数は自然繁殖だけで維持されているが、ニュージーランドの海洋環境においては、アワビ貝を絶滅に追い込むような病気や害虫は見あたらぬ。以前にアメリカのアワビ貝に多く見られたような、足が萎縮する病気は見あたらぬ、他の場所で流行した寄生線虫、多毛類、穿孔二枚貝、巻貝、海綿も存在しない。アザラシのような捕食動物が多少いるが、それらによる影響は限られたものである。

アワビ貝プリスター真珠の養殖

【挿核】従来からプリスター真珠の養殖に使用している半球形のプラスチック(ワード、1998)を、アワビ貝にも使用する。マッケンジーは、カゼインで形成された経済的な材質を用いた。これは牛乳工場のできる副産物である。アワビ貝はこの核の形状にとっても敏感に反応する。貝殻の形状は顕著な凹型をしているので、

高いドーム形のビーズのような凸型表面には真珠層を付着させない。核の輪郭が平坦な方が良質な真珠層が蓄積される。また、ペア シェープやハート シェープ等、先の尖った輪郭を持つ核の使用は、経済的とはいえない。その先端によってアワビ貝の体に傷が付いてしまい、出血死させてしまうことが多いからである。養殖プリスター真珠の生産には8~16mmの半球形の核が最適だが、楕円形状も使用できることがあり、ペア・シェープの輪郭を変形させたものを用いると成功する確率が高くなる。

アワビ貝の筋肉組織は強力なため、外套膜と貝殻の間に入った異物を簡単に排出することができる。それを防ぐために、核は(真珠層を蓄積させるための外套膜組織片と共に)、貝殻の頂点または渦巻の近くに挿入される(再び図4参照)。ここでは、アワビ貝がこれを排出することを最も困難とする場所である。マッケンジーの報告によると、その挿核技術は、北米沿岸でピーター ファンクボナーが用いている技術(例:ファンクボナー、1994参照)とは全く異なる。詳細方法は特許により保護されているが、マッケンジーによると、この目的専用に設計、製造された道具を使用し、切断しないため、他の養殖業者が行っている方法よりも組織を損傷することは少ない。

核の移植、いわゆる「挿核」に要する時間はアワビ貝1個に対して3分程度である。核は年間を通して移植可能だが、生殖線が最も短く、容易に挿入することができる産卵期後の10月から12月初め(ニュージーランドの春半ばから晩春)にかけて、実施されることが一般的である。貝1個体には、通常では1個の核を移植する。2個の核を移植すると、真珠層は核間にブリッジを形成することが多い。

【養殖プリスター真珠の成長】 アワビ貝は棲息環境においては丈夫な生物だが、化学物質に対しては耐性を持たず、触れられるのを嫌う。仮に手に取ってみると、食餌や真珠層生成を停止してしまう。挿核時のショックから回復させるため、アワビ貝は回復タンクに2週間放置してから、常設タンクに移す(再び図3参照)。そこで収穫時期まで静かに過ごす。

3つの要素が原因となって、養殖真珠成長の成功を妨げる場合がある。それは、(1)アワビ貝の死亡—特に出血死、(2)真珠層が不均一または不完全に蓄積する、及び、(3)核の存在により嚢胞が形成される場合があるということである。アワビ貝採取作業及びプリスター真珠挿核作業を原因とする死亡率は比較



図5. ダイバーは水深9m(30フィート)にある岩盤から天然アワビ貝を採取する。約2時間潜水する毎に、通常100~200kgのアワビ貝を採取する。写真提供はエンプレス アバロン社。

的に低い(5%)が、(殻付きでない真珠を生成するために)核を移植すると、その率は(30%にまで)上昇する。アワビ貝が養殖工程を生き延びると、プリスターの核は排出されずに「無視」され、真珠層の替わりに全部または一部がコンキオリン層だけで覆われる場合もある。時折、砂による刺激が原因となって、挿核時期に、移植されたビーズが真珠層の成長を触発せず、病気を誘発することもある。その結果、養殖真珠ではなく嚢胞ができてしまう。

ハリオティス アイリスの真珠層の成長を促すためには、最低でも12~15°C(54~59°F)の水温を必要とする。それより水温が上がると(例:18°C(64°F))、アワビ貝は真珠層生成を停止し、低温な場所を求めてタンクから這い出すことがある。自然環境下での真珠層は、夏、特に強い刺激を受けやすい場所においては急速に蓄積して行く。水温が低下するにつれて真珠層の蓄積は遅くなる。また、コンキオリン層は、冬、9°C(48°F)という低水温の中で蓄積される。コンキオリン及び他の有機化合物(その混合物も、ここではコンキオリンと言う)は、暗い背景を提供して、その上にある真珠層の色がこれに反射するので、重要な役割を果たす。

直径が最大12mmになる養殖プリスター真珠(10.5~11mmの核から開始)は、形成に2シーズン(18か月)を要する。これよりも大きな12~18mmのプリスター真珠は、形成に3シーズン(約24から30か月)を要する。

【成長環境】 沿岸に設置してある貯蔵タンクには、清浄な天然海水が入っており、そこに沖合100mからパイ

プを引いて海水を常時補給し続ける。海水は、砂による汚染を最小限に抑えるために濾過され、真珠層の成長段階別に12~15°C(54~59°F)の水温に維持される。必要の無い藻の発生を抑制するために水は曝気される。タンク内の環境は、大きく成長して厚い真珠層を生成できるよう、アワビ貝の健康を確保するために厳密に監視される。オペレータは、成長段階別の適切な水温を維持し、成長シーズンと同様の環境を作り出す。繁殖が常に促されるように、施設内は暗くしてある。

【繁殖】アワビ貝には手間がほとんど掛からない。環境を整えて、核を挿入した後は、養殖プリスター真珠の成長中に餌を与えればよい。水には栄養分や合成の餌は追加しない。これらアワビ貝への餌には、南極海から採集したケルブ藻や他の藻を与えるだけでよい(図6)。マッケンジーは、養殖真珠の持つ鮮やかな色の度合いは、与えられる餌の種類に多少依存されていることを発見した。*Gracilaria chilensis*という藻の種類は、最も望ましいとされるパープル、ブルー、及びグリーンの色相の生成に関連している。このためアワビ貝には、*G. chilensis*と、季節により種類は異なるが、3種類の自生藻(*Durvillea sp.*、*Macrocrystis sp.*、*Laminaria sp.*)とを50%ずつ混合した餌を与える。2トンのアワビ貝には1日に約300kgの藻が必要である。

収穫と生産

養殖プリスター真珠は、当初は1年に2回の収穫をしていたが、現在では7月末から3月までの間に、断続

図6.
アワビ貝の餌を確保するため、3、4日おきに南極海からケルブ藻を採集する。ハリオティス アイリスは平均すると1日にその体重の7%の餌を食する。2トンのアワビ貝に給餌するためには、1日に約300kgの藻が必要となる。写真提供はエンプレス アバロン社。



的に収穫されている。収穫時期を先延ばしにする程、大きな核に厚い真珠層を蓄積させることができる。中には3回から4回挿核できるものもあるが、ハリオティス アイリスについては、最初の収穫時に殻を開けてしまう(貝殻を除去する;図7)。養殖プリスター真珠は、貝殻から切り離さなければ採れないからである。その貝殻も肉も、真珠収穫時の貴重な副産物となる。それらほとんどの肉は香港へ輸出される。貝殻は、イリデッセンスや鮮やかな色を持ち合わせているため、ジュエリーや工芸品の製造に需要がある。

養殖真珠の挿核とその成長結果は予測不可能である。(1995年に)試験収穫で挿核したもののうち、販売可能な養殖プリスター真珠が採れたのは25%しかなかった。1年後、研究が進んで技術も改良されたので、成功率は50%に上昇した。現在では、挿核したアワビ貝の中から販売可能な養殖プリスター真珠が採れる率を平均すると、およそ60%~70%になる。

研究用の収穫の他には、これまでに小規模な試験収穫を1回と、これより規模の大きな商業収穫を2回行った。3回目は、本論文の執筆中に実施された。最初の挿核は、1993年春に、アバロン プロデューサーズ&パートナーズ社が実施した。この後1995年に試験的に収穫を行い、その際エンプレス アバロン社はダイバーを雇った。この収穫では、約1,100個のジュエリー品質養殖プリスター真珠が採れた。10,000個の挿核したアワビ貝の最初の商業収穫は、1997年10月から11月に実施され、良質から非常に優れた品質に至るまで、約6,000個の養殖プリスター真珠が産出された。1998年3月から4月にかけて、さらに2,000個のアワビ貝が採取され、約1,800個の販売可能な真珠が採れた。この収穫が大きな成功を収めたのは、核のサイズが比較的小さかったためである。3回目の商業収穫は1998年9月で、2,000個の販売可能な養殖プリスター真珠が産出され、10月半ばには、さらに2,000個が産出されるであろうと予測された。マッケンジーは、これらの成長期間満了後には、1999年3月末まで合計すると15,000個のジュエリー品質養殖プリスター真珠が収穫されるだろうと見込んでいる。

稀に、収穫中に天然真珠または「ケン」が発見されることがある。天然真珠が形成される理由は、浮遊していた物質や扁形生物の侵入、または何らかの刺激物が海草に混ざって取り込まれるためである。養殖工程の副産物であるケンは、移植されて核から分離された組織周辺に形成されるか、挿核中に別の刺激物が入った結果として形成される(ファン、1986)。

養殖プリスター真珠の加工プロセス

アワビ貝を収穫した後、養殖プリスター真珠をダイヤモンドソーで貝殻から切り離し(図8)て、小刀で未加工の貝殻をプリスターから外し、核を取り出してドームを洗浄する。マッケンジーの報告によると、ドーム内側はどのような加工も処理も施さない。貝殻の突縁がまだ元の位置にある状態で、ブルーのポリマーを裏返したドームに注入する。着色ポリマーの使用により、損傷を受けた際にドームにできたひび割れ、さらには薄い箇所や透明な箇所を目立たなくすることができる。ハリオティス アイリスのマザー オブ パールの裏材を取り付けて裏打ち加工される。接着表面が不均一な場合は、ドームに裏打ちを施す前に、不透明なメディアム グレーのポリマーを一面に塗布しておく。無色透明の接着剤を使用して裏材をドームに取り付ける。張り合わせ養殖プリスター真珠の層は、真珠層を含め、合計すると3から4層になる(図9)。張り合わせ工程は、ビーズを残したまま使用するマベ真珠についてクラウニングシールド(1982)及びタブリュー(1985)が述べたものに準じて行う。

層を張り合わせた後は、まず、研磨機で輪郭を丸く整える。ジュエリーに簡単にセットできるよう、輪郭は校正サイズに可能な限り近づくように研磨される。次に、柔らかい木綿のバフ車とジュエラー用ペンがらでドームを研磨し、有機化合物を除去する。研磨は、表面に強い光沢を与え、色を最適な状態にする。張り合わせとバフ研磨が完了したら、養殖プリスター真珠を、超音波洗浄機に入れた温めたアンモニア溶液中で20~30秒洗浄をする。こうすることにより、処理中にできたひび割れが判明する。致命的なひび割れを持つ真珠は除外される。

マッケンジーは、真珠層の外側表面にはコーティングも、ワックスも、オイルも塗布しておらず、表面に強い光沢と透明感を与えているのは真珠層である、と主張している。

特徴の鑑別

【材 料】 検査のために、22個の養殖プリスター真珠サンプルを入手した。プリスターは全て輪郭が丸く、サンプルのうち4個を半分に切断した。サンプル18個のサイズは、9.82~0.98×3.35mmから19.02~19.39×7.25mmであった。(マッケンジーによると、養殖プリスター真珠は直径9~20mmで、平均すると9~13mmで



図7. 収穫時にはアワビ貝の肉を手作業で貝殻から剥がす、または「殻をむく」ともいう。このアワビ貝は14mmの養殖プリスター真珠を内包している。エンプレス アバロン社提供。

ある。)サンプル4個については、まだ貝殻に付着していたため、測定ができなかった。

マッケンジーが15個の試料を提供してくれた。そのほとんどはジュエリー用途として不可能な損傷があったが、色、光沢、表面のプレミッシュ、及び真珠層の特徴範囲を観察するために有益であった。そのうち7個は最初の収穫で採れたものである(図10)。マッケンジーから、これらは約9か月前に収穫試験サンプルとして取り出したものなので、真珠層は期間を満了したものよりは薄いと報告があった。その7個のうち4個は、エンプレス アバロン社では拒否されるだろうと述べた。2個には致命的なひび割れがあり、もう2個には明らかに透明な部分があったからである。

図8. 養殖プリスター真珠は、ダイヤモンドの刃を使って貝殻から切り離す。トリミングが完了すると(挿入図)、プリスターは加工可能となる。写真提供はエンプレス アバロン社。



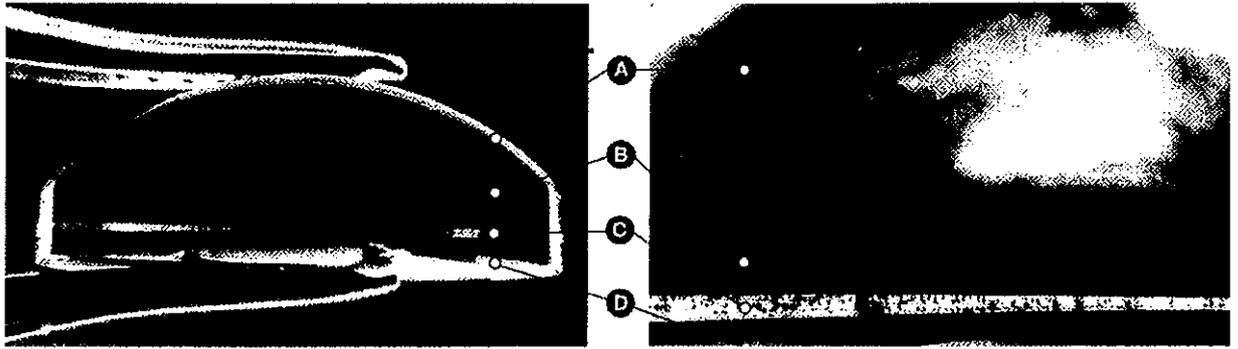


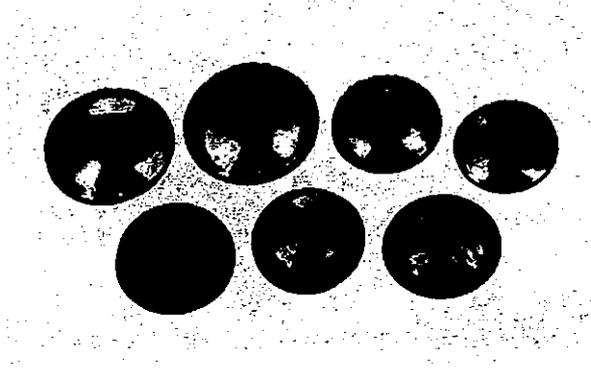
図9.

2つの図は、張り合わせ養殖アワビ貝プリスター真珠の半分である。左図は断面で、右図断面の拡大図では4つの層が見える。すなわち、(A)プリスター真珠のドーム(真珠層-クラウンで0.20mmの厚さ、ベースで0.10~0.15mmの厚さ)、(B)ブルーのポリマー層、(C)無色の接着剤、及び(D)裏打ちされた貝殻である。大きさとも思える厚さのブルーのポリマーを含んだ張り合わせ石は、例証のために選んだ。ポリマーと接着剤の層には気泡が見える。サンプルはエンプレス アバロン社提供。シェーン F. マクレアー撮影の顕微鏡写真。倍率は10倍(左)及び20倍(右)。

マッケンジーは、このサンプル7個以外にも、まだ貝殻に付着していて、半球形のビーズ核が無傷である未研磨サンプル2個を提供してくれた(図11)。貝殻から切り離してあり、部分的に研磨してあるが裏側が開いたままの、突縁がまだ残っているサンプル2個も提供してくれた。そのうち1個は、粗悪な品質で、ブルーのポリマーで一般的な充填を施してあった(再び図11参照)。著者の依頼により、2番目のプリスターを、ドーム片側はブルーのポリマーで、他方側は無色のポリマーで充填した。次に、このサンプルを半分に切断して、養殖

図10.

この7個の研究用サンプルは、エンプレス アバロン社の初めての商業収穫で採れたものである。サイズは14.24~14.57×4.74mmから19.02~19.39×7.25mmであった。これらは試験用サンプルとして、収穫時期より約9か月早く取り出され、エンプレス アバロン社では拒否するものである(商業品質ではないため)。コンキオリンのプレミッシュがダーク ブラウンまたはブラックの斑点、小さな斑点、または帯のように見える。(各サンプルの手前に見える影は撮影装置の反射による。)サンプルのうち数個には「オレンジピール」効果がある。マハ デマジオ撮影。



プリスター真珠の色にこれらのポリマーがどのような影響を与えるか、比較できるようにした(図12)。断面の観察と真珠層の厚さを測定するため、切断前に処理して張り合わせた、半分に切断してあるサンプル3個も提供してくれた(再び図9a参照)。

カリフォルニア州ソーサリットにある分配業者キングス ランサム社のベティ スー キングが、1998年に販売された製品の代表的なものとして、枠付けしていないサンプル3個を提供してくれた(図13)。ジュエリーにセットしてあるサンプル5個にも検査を行い、そのうち4個はニュージーランド、ダニーディンのデザイナー兼ジュエラーであるイアン ヘンダーソンから提供され(本号の表示の写真を参照)、他の1個はマッケンジーから提供されたものである(再び図4参照)。

【方法】色の観察には、ミディアム グレーの背景を用意し、平均的な日光の明るさをシミュレートした20ワットの6,500K色温度電球を装着した、グレッグ マクベス ジャッジIIライト ボックスを使用して行った。屈折率の測定には、一般的なGIA GEMインスツルメンツの宝石学用屈折計を使用し、スポット法で全てのサンプルに対して実施した。サンプルは張り合わせてあったため、重量や密度は測定しなかった。紫外線蛍光の観察は、GIA GEMインスツルメンツの長波(366nm)及び短波(254nm)紫外線ランプを装備した、観察ボックスを用いて暗い室内で行った。サンプルは全て、ジェモライトマークVIIステレオスターズーム双眼顕微鏡を使用して検査した。キューバ プロダクツの可変強度ピンポイント光ファイバー光源を用い、拡大した場合としない場合とを観察した。GIA GEMインスツルメンツの

テーブル ゲージを使用して、切断したサンプル3個で真珠層の厚さを測定した。

サンプル3個の定量化学分析には、トラコールX線スペクトレス5000エネルギー分散X線蛍光(EDXRF)分光計を使用した。養殖プリスター真珠張り合わせ石の真珠層のドームの分析と、加工していないアワビ貝の分析、そしてブルーのポリマーで充填されているもののスペクトルを測定した。X線粉末回折パターンは、シーメンス クリスタロフレックス回折計に装着されている、デバイ・シェラー・カメラで記録し、張り合わせ石の真珠層を、掻き取った浅い表面の組成を調べた。ポリマー コーティングが施されており、透明な真珠層を持ち光沢があるサンプル1個の熱反応テストには、エドシン951SXロナー半田付けステーションを最高設定値(427°Cまたは800°F)で使用した。ニコレット マグナ-IR 550フーリエ変換赤外線(FTIR)分光計を使用して、ポリマー コーティングの検出を試み、透過モードを使用して、サンプル1個の真珠層から掻き取った小球状の浅い表面からスペクトルを採集した。拡散反射率スペクトルを採集するためのFTIRアタッチメントと、レニショー システム2000ラマン顕微分光計も使用して、このサンプルの表面を検査し、ポリマーコーティングを調べた。

最近のコーティングでは、コンパウンドで研磨した結果、表面にごく薄い膜が生じる場合がある。この膜は厚さが数分の1ミクロンしかない時もあり、それを検出するためには、走査電子顕微鏡のような装置が必要である。エレクトロスキャン モデルE3環境で走査電子顕微鏡(ESEM)を使用し、養殖プリスター真珠張り合わせ

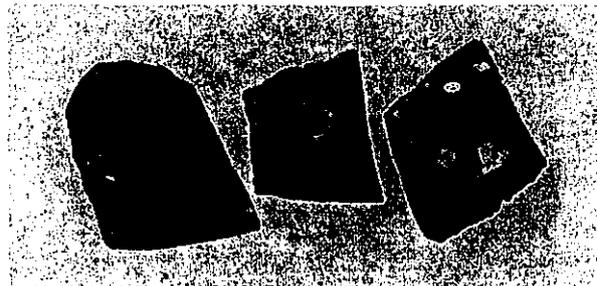


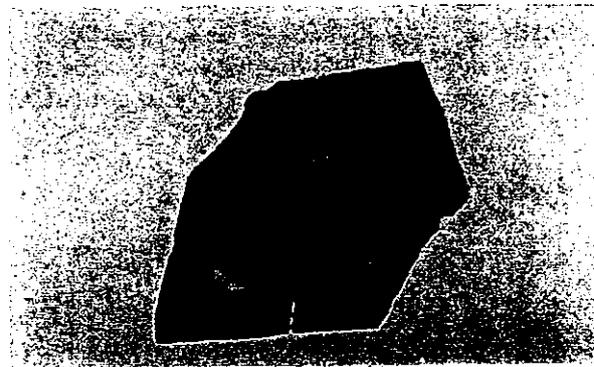
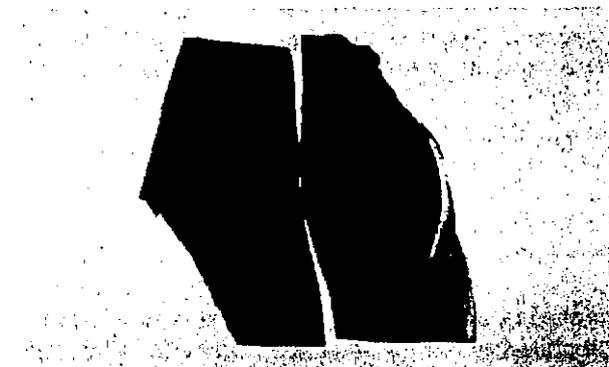
図11.
右2つの未処理・未研磨のサンプルは、まだ貝殻の中にあつたので、半球形のビーズ核は無傷であつた(色の強さは処理済みの物と似ている)。中央のサンプルはフェイスダウンに配置され、貝殻外側の未処理の表面を露出している。左のサンプル(同様にフェイス・ダウン)は、貝殻の外側から剥がされ、ブルーのポリマーを充填して部分的に研磨してある。エンプレス アバロン社提供。
マハ デマジオ撮影。

石の破損したばかりの縁から、断面の画像を7枚撮影した。比較するためにアワビ貝を用いて、破損したばかりの破片から、画像を3枚撮影した。画像は約600倍から6000倍の拡大をした。

耐久性試験は、一般的に、モース硬度ポイントを使用して、サンプル1個の引っ掻きに対して表面が持つ抵抗力を測定した。退色試験では、300ワットのキセノン光源を備えたオリエル モデル81150日光シミュレーターを用い、その放射出力は、平均的な強度の約2倍の日光スペクトルに近い。養殖プリスター真珠1個の半分をシミュレーターに4.5時間かけ、もう半分はそれと比較するために暗い部屋に安置した。

図12.

この養殖アワビ貝プリスター真珠は、半分はブルーのポリマーで充填され、もう半分は無色のポリマーで充填されている(左)。切断面からは、真珠層の下にある二層の薄いコンキオリン層(無色のポリマーにブラウニッシュの外観を与える)を観察することができる。この層は、ブルーのポリマーが真珠の色に及ぼす影響を最小限に抑えるために十分であった。2つともフェイス・アップで見ると(右)、色の差は識別できなかった。サンプルはエンプレス アバロン社提供。マハ デマジオ撮影。



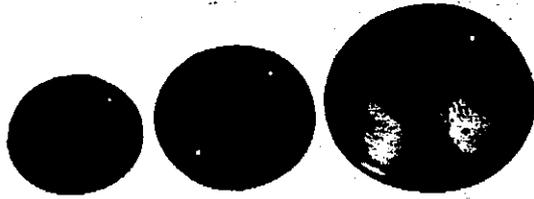


図13.

これら3個は、1998年に販売されていた、典型的な張り合わせ養殖アワビ貝プリスター真珠である。サンプルのサイズは9.82~9.98×3.35mmから15.30~15.46×5.33mmあった。エンプレス アパロン社はこれを(左から右へ)「ジェム」、「A」及び「B」とグレーディングした。「B」グレードの製品には「オレンジピール」効果が見られる。サンプル提供はキングス ランサムのベティ スー キング。マハ デマジオ撮影。

結果

色 マッケンジーによると、サンプルの地色には、それらのほとんどはグリーンから「ピーコック」グリーン・ブルー、さらには、深い「空色」ブルー、そして、稀に深いバイオレティッシュブルーがあった。二次色及びオーバートーンはピンク、パープリッシュピンク、パープル、イエロー、及びオレンジ等であった。一般的には大きな養殖プリスター真珠よりも小さな方が色が濃い、と報告されている。研究サンプルの色は鮮やかで、強いイリデッセンスがあるため、色が表面を移動したり転がったりしているように見えた。このサンプルの地色は、ブルー、グリーン、パープル及びピンクの組合せであった。ブルー、次にグリーンが最も優勢な色相となっており、サンプルのほとんどは、これらの色で覆われていた。サンプル2個は深い「空色」ブルーで、サンプル1個はパープルであった。パープルまたはパープリッシュピンクからピンクの領域を表すものもあった。2個のサンプルは、ブルーとグレーの組合せであった。パープル、ピンク、イエロー、ブルー及びグリーン of オーバートーンが観察された。小さなサンプルにはブルー、大きなサンプルにはグリーンが多く見受けられたが、サイズと色の関係については判明しなかった。サンプルの色の強さは全て、同様に見えた。

光沢 マッケンジーの報告によると、それらの光沢には、滑らかな質感からガラスの質感まであり、反射については、鏡のように拡散して見えた。研磨した研究用サン

プルは、他の種類の真珠と比較すると、強い程度から極めて強い程度の光沢まであり、光沢および反射の記述についてはマッケンジーの記述と一致した。コンキオリン層が反射した光は、メタリックのような外観を与えた。未研磨サンプルの表面には、有機物質による極めて薄い層と、光沢を鈍らせているホワイトティッシュの付着物があり、これらは研磨中に除去されるものである。

表面の特徴 表面を10倍に拡大してみると、幾つの特徴があることが判明した。1個のサンプルはコンキオリンの大きなダークブラウンの斑点があったが、滑らかで強い光沢も持っていた。他の6個のサンプルには、それよりも小さく、分散しているコンキオリンの斑点、または幾つかの暗い小斑点があり、別の3個にはそれぞれダークブラウンからブラックのコンキオリンの帯が見受けられた(図10)。

10倍に拡大して観察すると、サンプル9個にひび割れがあることが判明した。それらのほとんどは非常に薄く、肉眼では確認できない。1個の養殖プリスター真珠には、ベースの縁付近にクレージングの小さな断片があり、1個には、ばらばらの断片に網状のひび割れがあり、6個には1本の毛髪のようなフラクチャーが見つかった。比較的に低い品質のものに見受けられた細かいひび割れのうち、2本にはポリマーの微細な痕跡が見られ、これは、既に存在するひび割れに浸透して処理中に露出するため、品質管理には役立つ。初期の収穫時に不合格となった1個のサンプルには、クラウンに大きなひび割れ、ベースの縁に大きな溝があった。

小さな瘤やみみず腫れのように見える特徴は、幾つかのサンプルに「オレンジピール」効果を与えている(図10、図13及び図14)。これらは、コンキオリン層との境界面の、真珠層表面下に見えることが最も多く、アワビ貝真珠に典型的な特徴である。拡大すると、真珠層の細胞のような構造(アワビ貝真珠では典型的)も見え(カマーリング及びフライヤー、1994の写真参照)、葡萄状に見える真珠層構造もいくつか確認できた。4個のサンプルでは、真珠層にミルク状の曇りがあり、部分的に研磨してあるサンプル2個には研磨痕があって、これらは、どちらも10倍に拡大しないと確認することができなかった。まだ貝殻に付着している未研磨ドーム2個の表面には、有機材料によりできた薄い層があった。

屈折率 屈折率を観察すると、全サンプルに複屈折率のプリングがあり、スポット値は不明瞭なものから明瞭

なものまでであった。アルファ値はサンプル22個において1.50から1.52まで変化し、これはアラゴナイト値である1.530に近かった。ガンマ値は、これより読み取りが困難だったため、正確な数値が得られたのは、ポリッシュが良好な2個のサンプルのみで1.68あり、1.685の対応しているアラゴナイト値に近かった。他のサンプルはガンマ値が不明瞭なため、信頼できる結果には至らなかった。

紫外線蛍光 長波紫外線を当てると、13個のサンプルは斑状でチョーキーな中程度のグリーニッシュイエローの蛍光、8個は弱い蛍光を示して、1個は非常に弱い蛍光であった。同様に、これより弱い反応が、短波紫外線で見られた。これらの特徴は、ブラウン(1985)がアワビ貝真珠について報告した特徴と一致する。

張り合わせ石の特徴 各張り合わせ石のそれぞれの層は拡大して識別することができた(再び図9参照)。観察された層は、処理についての項目で述べたものと一致した。検査したサンプルのうち、裏打ちする前にその表面を均一にするために用いる、グレーのポリマーの外部層があったのは2個だけであった。

真珠層及びコンキオリン マッケンジーの報告によると、エンプレス パールの真珠層の厚さは、プリスタードームのクラウンでは通常0.15から0.25mm、貝殻に付着するベースの周囲では2mmに達する。切断した3個の張り合わせ石の各真珠層は、クラウン頂部で0.13mmから0.40mmの厚さがあった。ドームのベースを各切断面で測定すると、0.10~0.15mm(再び図9参照)から0.30~0.50mmとなった。貝殻に付着していた箇所でも最も厚さのあった真珠層は、ファッション加工中に研磨により除去されている。ドームの半分がブルーのポリマーで充填され、もう半分が無色のポリマーで充填されているプリスターには、まだ貝殻の突縁が残っていた。真珠層は、クラウン頂部で0.20~0.25mm、貝殻に付着していた箇所では0.80~0.90mmあった。

真珠層を、強力な光ファイバー照明を用いて拡大せずに検査すると、サンプル22個のうち5個は、光が容易に透過する、顕著に薄いかまたは半透明の領域を表した。この5個のうち2個は、初期に収穫した試験用サンプル(両方とも不合格)、1個(同様に不合格)は半分に切断されており、残りの2個はジュエリー品質のサンプルであった。この最後のサンプル2個のうち1個は、ガードル付近に透明な断片があり、透過

光及び反射光を通して暗いポリマーが見えた(図14)が、枠にベゼル・セットしてしまえばジュエリーの外観を損なうことはない。

追加のサンプル7個は、様々なサイズの薄い半透明の領域を示した。サンプル5個は、光ファイバー照明を用いると、真珠層を通してポリマーの無数の気泡が見えた(図15)。上述したジュエリー品質の真珠1個を除き、販売可能な品質のサンプルには、反射光(真珠を見る日常的な状態)によって、真珠層の欠陥を肉眼で確認できるものはなかった。

半分に切断した3個のサンプルは拡大せず、強力な光ファイバー照明をドームに当てて検査した。着色ポリマー及びそれに伴う気泡が真珠層を通してどの程度見えるかは、真珠層の厚さではなくコンキオリン層の存在の有無及びその厚さによって決定される。厚いコンキオリン1層または比較的薄いコンキオリン2層によって、真珠層からポリマーへの光の通路が効果的に遮断される。ポリマーの低い明度は光の透過を遮断するために役立つ。これは、半分はブルーのポリマーで充填され、もう半分は無色のポリマーで充填された、養殖プリスター真珠を用いた検査によって明らかであった。このサンプルは2層のコンキオリンを含み、強力な光ファイバー照明は、ブルーのポリマーを含む半分は通過しなかったものの、無色のポリマーを含むもう半分は内部を照明した。コンキオリン層が存在しない、あるいは薄い1層のコンキオリンしか含んでいないサンプルでは、光が着色ポリマーの内部へと透過でき、これが真珠層を通して輝く。このように照明されたポリマーは、強力な光ファイバー照明がなければ見えなかった。

図14.

この張り合わせ養殖アワビ貝プリスター真珠には、ベースの縁付近に真珠層の透明な断片があり、それを通してポリマーが暗く見える。拡大すると「オレンジピール」効果も見える。サンプルはキングス ランサムのベティスー キング提供。シェーン F. マクレアー撮影の顕微鏡写真。倍率12倍。



明るい上からの照明では、コンキオリンが非常に薄い
か、存在していないサンプルの着色ポリマーをわずかに
照らすものの、中程度の照明では光ファイバー照明
を用いた時ような反応は生じなかった。通常の観察状
態では、気泡は見えなかった。同じタイプのブルーの
ポリマーが、全サンプルに使用されているようであつた
が、真珠層を通して観察してみると、ポリマーがグリーン
に見える張り合わせ石もあった(再び図15参照)。

コーティング及び染料の検査 全ドーム表面を拡大し
て、コーティング及び染料を施した痕跡がないか調べ、
そのうち4個に最先端の異なる検査方法を実施した。
極めて薄いポリマーの膜(数ミクロン以下)や有機染料
を検出対象としてはいたが、これらの技術を駆使して
も検出は不可能であつた。アワビ貝の真珠層に特有
の物理的特性を研磨によって得られる強い光沢と組
み合わせると、これらサンプルの表面には、無色の
コーティングを施したような透明感のある外観が得ら
れる。10倍に拡大すると、真珠層の構造はGIA GTLで
見た天然アワビ貝真珠での構造と一致し、染料が凝
固している痕跡はなかった。

熱反応テスターを使用して加熱したが、ポリマー
のコーティングに特有の臭気や溶解特徴は生じな
かった。燃焼点まで加熱すると、表面から薄い板状の
破片が剥がれ落ちた。GIA GTLスタッフメンバーの経
験に基づくと、これは真珠層の典型的な反応である。
37%のHCl溶液の滴を真珠層のドーム表面に落とし、
拡大して調べると、瞬時に激しく発泡し出すことが観
察された。このような一瞬の反応から保護できるような
厚みを持つ、ポリマーのコーティングに期待がかかる。

表面を薄く削った破片のX線粉末回折パターンは、
アラゴナイトを示した。これらの小球状サンプルの
FTIRスペクトルでは、ポリマーは確認できなかった(こ
の方法を用いても、極めて薄い膜は検出できない)。
IR拡散反射率は、ポリマー検出には余り役割を果たさ
なかった。ラボラトリーには、真珠に関する有益なデー
タベースがまだ構築されていなかったためである。しか
し、ファッション加工を施したアワビ貝プリスター張り
合わせ石と、未処理のアワビ貝殻とのスペクトルには
識別可能な差がなく、ポリマーの存在は確認されな
かった。ラマン スペクトルとESEM画像では、認識して
いたポリマーの存在は証明されず、真珠層断面の
ESEM画像においては、プリスター張り合わせ石と未
処理のアワビ貝との表面構造に、識別可能な差が見
受けられなかった。

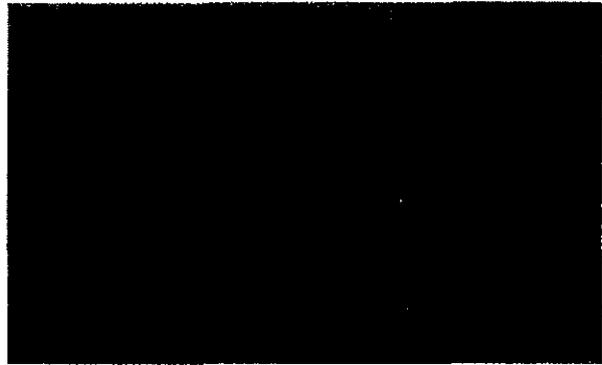


図15.
クラウンを通して、強力な光ファイバー照明を透過させて
真珠層を検査すると、サンプル5個では真珠層を通して
ポリマーの無数の気泡が見えた。真珠層を通して照ら
されたブルーのポリマーが、一部ではグリーンに見えた。
サンプルはエンプレス アバロン社提供。
ジョン I. コイブラ撮影の顕微鏡写真。倍率40倍。

EDXRF分析では、真珠の成分であるカルシウム
(Ca)及びストロンチウム(Sr)以外に、臭素(Br)、ヨウ
素(I)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、鉄(Fe)及び硫黄(S)が存
在することが判明した。このサンプルの真珠層は比較
的薄いので、層の下にあるポリマーとその染料の組成
が結果に関連しているのは、明白であつた。それを確
認するため、未処理のハリオティス アイリスのアワビ貝
と、サンプル中の1個で露出していたブルーのポリ
マーを別個に検査した。貝殻にはCa、Sr、Br及びIが
存在した。Cu及びZnはポリマーのみに存在した。ポリ
マーと貝殻の双方に、少量のFeが存在した。(Sの分
析は、後者サンプルでは実施しなかった。)養殖プリス
ター真珠のEDXRFスペクトルは、一部の真珠で色処
理を示す重元素(例えば銀またはテルル)が見あたら
ず、この方法では有機染料は検出できない。

耐久性 マッケンジーの主張によると、この製品の靱性
及び耐久性は非常に高いが、どの養殖真珠の場合も
そうであるように、その手入れ及び取扱いには注意を
必要とする。養殖プリスター真珠張り合わせ石を熱湯
に入れてはならない。ひび割れが生じて張り合わせた
層が分離してしまうことがある。肉眼で確認できるひび
割れ、着色ポリマーが見えてしまうような透明部分、及
び真珠層が非常に薄い部分は、張り合わせ養殖プリ
スター真珠の外観ばかりでなく、耐久性にも影響を及
ぼす。サンプル1個のドーム表面を引っ掻いてみると、
中程度の抵抗力を持つことがわかり、モース硬度計で
の値は4となる。貝殻製品の中には日光により退色す
るものもあるが、彼の観察では、この製品においては

どれも退色することはない。張り合わせ養殖プリスター真珠の半分を太陽光シミュレーターに4.5時間(直射日光に換算すると約9時間)当ててみたが、短時間での退色は認められなかった。

販売及び流通

マッケンジーは、1996年2月にツーソンで開催された宝石ショーにおいて、エンプレス パールをデビューをさせた(図16)。卸売レベルでは、エンプレスパールは「マベ」、「半球形真珠」または「ハーフ・パール」として取り引きされている。これらはサイズ、色、光沢及び表面特徴によって、それぞれ価格を設定される。彼は、この3つの特徴をベースにした、この製品のための、100ポイント制のエンプレス パール「ポイント制・評価規準」グレーディング システムを、1995年に特別に開発した。希少性や望ましさに応じて各属性にポイントを割り当てる。色へ与えるポイントについては希少性のみとしている。

同社が現在使用している品質グレードは、「ジェム」、「A」、「B」及び「C」である。マッケンジーは、最高グレード、つまり「ジェム」、「A」及び「Bの上」のみがエンプレスパールとして販売可能であるとしている。エンプレスの名前で販売可能なパールの中の約5%が「ジェム」グレードと評価され、40%が「A」グレード、56%が「B」グレードである。「Bの下」グレード及び「セミ・パーフェクト」と呼ばれる「B」の分類にも属さない養殖プリスター真珠は、オーシャン レインボー[®]という名前ですターリング シルバーと組み合わせたジュエリーに加工し販売され、これはクライストチャーチにあるオーシャン レインボー社の製品である。

エンプレス パールは、ニュージーランド、オーストラリア、米国、台湾、イギリス、イタリア及び中東の卸売業者と直接取り引きされる。現在における最大の市場は米国となっており、ニュージーランドがこれに続く。高品質であるエンプレス パールは、高いカラット数を持つ金やプラチナ、ダイヤモンド及びカラー 宝石を使用するファイン ジュエリーと組み合わせられている(例えば表紙の写真、図1及び図17参照)。

養殖バロック真珠

現在の研究において最も盛んに行われている1つは、バロック珠、とりわけ球形の養殖真珠をアワビ貝の体内で養殖することである。この3年半の間、エンプレス

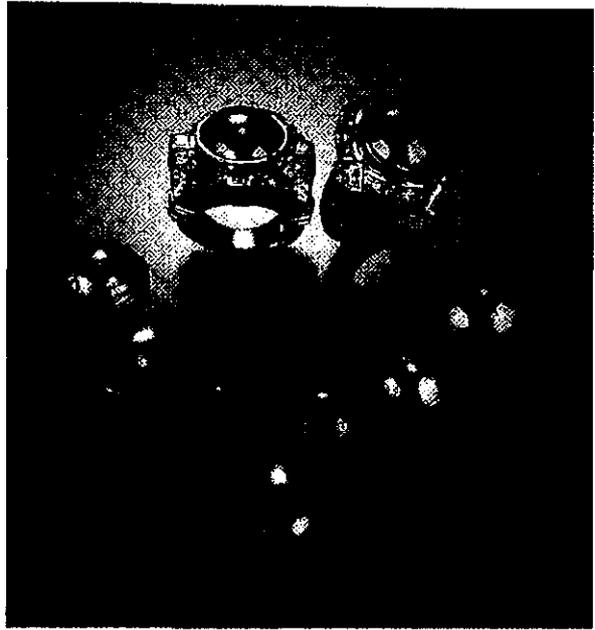


図16. エンプレス パールズ[®]は、1996年のツーソン宝石鉱物ショーで初めて披露された。それぞれが「ジェム」グレードであるアワビ貝の「マベ」(最大直径約13.5mm)をセットした、18Kの金の指輪は、ニューヨーク州ユニオン シティにある、A&Sホールセール ジュエラーズがデザイン及び製造したものである。サンプルはエンプレス アバロン社提供。ロバート ウェルダン撮影。

アバロン社はこの研究に約35万USDドルを投資しており、この未知の養殖真珠を産出しようと、2,000個のアワビ貝に球形の核を移植してきた。

マッケンジーは、ミシシッピ川のアワビや白蝶貝、つまり南洋養殖真珠生産に使用している、大きなサイズでゴールド リップをもつ貝殻から、加工した球形の核を用いて実験を行い、同様の結果を出してきた。最適な核のサイズは6mmで、この使用により8mmの養殖真珠が採れる。核は、現在白蝶貝から加工されている。マッケンジーによると、最終的には6~8mmの核を使用して、8~10mmの養殖真円真珠が収穫される見込みである。核のサイズを上げると、貝が脱核する率が高くなる。工程には4、5分を要して、アワビ貝1個につき1つの核を挿入する。作業に使用する道具、技術及び貝の中に挿入する正確な位置は特許によって保護されており、それらは、独自の研究により開発されたものである。

アワビ貝の強力な筋肉の力によって、ビーズ(核)が脱核されることがなければ、通常は、このビーズに十分な品質の真珠層、及び形状をもたらすことができる。今日までに生産された全ての養殖バロック真珠



図17.
この18Kのイエロー及びホワイト ゴールドのネックレスには、5個の「A」グレードの丸いエンプレス パールと1個の22×15mmのペア シェープが含まれる。このネックレスは、ダイヤモンド、ルビー及びサファイアでアクセントがつけられている。アラスカ州アンカレッジのヒュー パワー デザインズがデザイン、製造をした。写真：©TKO スタジオ、ニューヨーク。エンプレス アバロン社提供。

は、厚さが最大2～3mmの真珠層を持つ。ビーズを用いた方がより大きな刺激を与えるため、この場合、真珠層は養殖ブリスター真珠よりも厚くなる。

マッケンジーによれば、全ての養殖バロック真珠は、円錐形のような輪郭から球形へと変化を見せる完璧なバロックである。結果は予備的なものだが、成功に導いた大きなきっかけがあった。著者は、1998年2月に開催されたツーソン宝石ショーで、有核養殖バロック真珠7個を見る機会があったためである(図18)。

エンプレス アバロン社は、外套膜組織挿入養殖バロック真珠の実験も行っている。有核真珠を成長させる箇所と同じ、内臓付近に組織を移植する。マッケンジーによると、その結果に生じる養殖真珠は薄くて湾曲しており、爪のような形で部分的には中空である。外観からは、天然アワビ貝真珠と識別することは不可能である。現在までのところは商業的な生産は行われていない。

検討

【マベ】ブリスター真珠は、養殖真珠で最初に採れたタイプで、13世紀には、既に小さな鉛やスズなどを用いて作った宗教的偶像など、様々な形を持つ核がマザー・オブ・パールで覆われるように真珠貝に移植されていた(カマリング'その他、1990;ファンクボナー、1991;ウェプスター、1994)。最近では、半球形の貝殻のビーズを大きなピンクターダ ペンギン(マベ貝 日本)や白蝶貝(オーストラリア)に移植し、張り合わせてジュエリーに使用できる大きなブリスター真珠が生産されるようになった(クラウニングシールド、1982;タブリュ、1985;ファーン、1986)。これらはマベ真珠と呼ばれる。通常は、ブリスターのドームを半透明な材料を用いて内側からコーティングし、マザー・オブ・パールのビーズを挿入した後、残りの空洞を無色の接着剤で充填してマザー・オブ・パールの裏材を付ける(例:クラウニングシールド、1982;タブリュ、1985参照)。

今日では、あるタイプの真珠層を持ち、真珠貝を加工した裏材を張り合わせた養殖ブリスター真珠をマベと呼ぶことが多く、通常は、エポキシまたは別のポリマー樹脂でドームを充填するだけである。エンプレスパールは、その張り合わせの性質がこのマベに似ているため、エンプレス アバロン社では、その製品を「マベ」と呼ぶことが一般的となっている。エンプレス社の工程方法は、着色したポリマーを使用してドームを充填するが、真珠層の内面については、従来から、マベの工程において一般に行われているようなコーティングは施さない。概して、張り合わせ養殖アワビ貝ブリスター真珠は、強い色、高いイリデッセンス、及びグリーンニッシュ イエローの紫外線ルミネッセンスにより他のタイプと分別することができ、透明な真珠層は、その独特な葡萄状の特徴および細胞状の構造(高倍率で確認できる)を持ち合わせている。

養殖ブリスター真珠は、ハリオティス ルフェセン、ハリオティス フルゲン、ハリオティス カムチャッカナ、ハリオティス ディスカス、ハリオティス ジャイガンティア及びハリオティス セイボルディイ等、他のアワビ貝類を使用した生産も行われ、「マベ」にファッション加工されている。著者は、ピーター ファンクボナー博士がGIAに寄贈してくれたハリオティス ルフェセン(北米西海岸に棲息するレッドのアワビ貝)を使用した「マベ」を検査する機会を得た。このサンプルは、真珠層のドームをマザー・オブ・パールと貝殻のベースに、透明な接着剤を用いた非常に薄い層で直接取り付けら

れていた。他の層やドームに使用された充填剤は、確認されなかった。魅力的な色を備えた、ハリオティスアイリスのプリスターでは圧倒的に多いブルーの色相と比較すると、シルバー及びピンクの色相が強かった(再びカマーリング及びフライヤー、1994の写真を参照)。光沢は強く、わずかにサテンのような質感を持っていた。

【コンキオリンが外観に与える影響】 コンキオリン層の存在の有無やその厚さが、反射する光及び色の性質を決定する。ブルーのポリマー使用では、光の通過を遮断するために十分な厚さのコンキオリン層を有する、このような張り合わせ石においては、フェース・アップの外観に影響を与えなかった。コンキオリンが鏡面のような役割をし、通常の明るさの上からの光を真珠層を通して見る者へと反射させ、ライト リターン、色及びイリデッセンスを最大にする。比較的薄いコンキオリン層を持ったこのサンプルのフェース・アップの色は、ブルーのポリマーによって多少影響を受ける可能性があった。しかしながら、中程度の薄さのコンキオリン層でも鏡面のような役割を果たしたため、この着色ポリマーは、強力な光の下でしか識別することができなかった。切断後、半分はブルーのポリマーで充填し、もう半分は無色のポリマーで充填したプリスターのドームを検査してみると、この結論が裏付けられた。双方をそれぞれフェース・アップで検査しても、色の違いは識別できなかった(図12)。

逆に、コンキオリン層が存在がしない場合、その魅力を強くアピールする視覚効果が失われてしまい、また、層が非常に薄い張り合わせ石においては、光がポリマーの充填剤に吸収されてしまった。このような真珠は色及びブリリアンスが弱いばかりでなく、着色ポリマー中に吸収されてしまった光が、真珠のフェース・アップの色に影響を及ぼした。反射光を使って慎重に目視検査をすると、これらは切断された不合格サンプルや品質が粗悪なもので、いずれの場合も、ポリマーが一因となるブルーイッシュの背景色を示したが、影響の程度については結論に至らなかった。

【表面処理の検査】 強い光沢と透明な真珠層を兼ね備えているために、その「マベ」がポリマー コーティングを施されているのではないかと、疑念を抱かせることがある。また鮮やかな色は、染色したものではないかと誤解を生むこともある(染色されているこれまでのマベの中には、このアワビ貝の産物に酷似しているものがある[R. ケイン、私信、1998])。本研究過程において



図18.
ビーズ挿核をしたバロックのアワビ貝真珠を初めて養殖した実験において、1998年2月にこのような不規則なシェーブが産出した。アワビ貝がビーズにかけた圧力が妨げとなって、真珠層が核全体を包み込むことができなかった。サンプルはエンプレス アバロン社提供。
マハ デマジオ撮影。

は、コーティングも染料も一切検出されなかった。最先端技術を用いた検査は全サンプルに対して行ってはいない。そのため、極めて薄いポリマーの膜や有機染料は、可能な範囲で実施した検査では検出できなかったという可能性はあるものの、生き生きとした色、透明感及び強い光沢を持ち合わせているのは、アワビ貝が産んだ真珠層独特の特徴である。

【耐久性】 エンプレス社の製品については、総合的な耐久性検査は実施しなかったが、マベの硬度は比較的低いものが多く(3.5~4)、そのドームの真珠層はとても薄い。強い衝撃でひび割れが生じることがあるので、着用している時は注意しなければならない。この製品は、ペンダント、エンハンサー、ネックレスの留め金、ブローチ、及びイヤリング等、破損する恐れが少ない箇所に用いる方が最善であると考えられる。指輪は、時々着用するだけにとどめることをお勧めする。

結 論

エンプレス アバロン社は、ニュージーランドのハリオティス アイリスに特有の、生き生きとした色と虹のようなイリデッセンスを兼ね備えた、養殖プリスター真珠の商業生産を行っている。1997年には、6,000個の商業品質の養殖プリスター真珠を収穫し、サイズは最大直径12mmで、1998年にも同様な品質の真珠の収穫が見込まれる。従来から行っている、真珠貝から作り出され

るマベと同じ張り合わせ工程を用いて、養殖ブリストター真珠を貝殻から切り離し、ブルーのポリマーを充填した後にマザー・オブ・パールで裏打ちを施して、バフ研磨により強い光沢を与える。このような「マベ」22個を検査したところ、この製品を張り合わせるのに必要な、様々な構成要素や真珠層の特徴が明らかになった。コンキオリンは「マベ」のフェース・アップの外観に重要な役割を果たしていた。コンキオリン層が極めて薄いか存在していないものでは、ドームの充填に使用したブルーのポリマーが真珠層の色の外観に影響を及ぼすことがあり、コンキオリン層が比較的厚い場合は、本来の鮮やかな色やイリデッセンスが最大限に引き出される。全サンプルを拡大して検査し、その一部を用いて最先端とされる検査を実施したが、表面処理の痕跡は見あたらなかった。

これらアワビ貝から採れた「マベ」には、そのサイズ、色、光沢、及び表面のプレミッシュに応じて、価格が設定される。エンプレス アバロン社は、さらに高品質のものをエンプレス パールと命名し、国際市場で販売を行っている。(米国ではエンプレス アバロン パール)。品質が比較的低いものについては、オーシャンレインボーという名前で販売している。アワビ貝の産物

は、他のマベと同様に用心して着用し、取り扱いねばならない。

研究は現在も継続中であり、貝の死亡率が低下し、生産歩留まりは上昇して、真珠層の蓄積がさらに管理可能となる見込みが大きい。ビーズまたは外套膜組織を挿入した、養殖アワビ貝バロック真珠を商業的に生産する方法を模索中である。

謝辞: 著者は、情報、サンプル及び写真を提供して下さった、ニュージーランドのクライストチャーチのエンプレス アバロン社のリズ及びマイケル マッケンジー、サンプルを提供して下さった、カリフォルニア州ソーサリートのキングス ランサム のベティス キング、顕微鏡写真撮影、助言及び検査を実施して下さった GIA GTL のシェーン マクレアー、X線粉末回折分析をして下さった GIA GTL のディノ デジョンノ、EDXRF分析をして下さった GIA 研究部門のサム ミュールマイスター、FTIR 拡散反射率及びラマン スペクトルを採集して下さった GIA 研究部門のシェーン エレン、ESEM 画像を作成して下さった クラウス ヘドガード、文献調査に助力して下さった リチャード T. リディコート ライブラリー & インフォメーション センターのスタッフ メンバー及びカールスバッド市立図書館のレイラ ドーリーに感謝いたします。

REFERENCE

- Bigger abalone pearls in 1992. (1991) *Hong Kong Jewellery*, Vol.2, No.50, p.90.
- Bostwick L.P. (1936) Growing pearls in the laboratory. *The Gemmologist*, Vol.5, No.54, pp.143-149.
- Brown G. (1985) The abalone and its pearls. *Australian Gemmologist*, Vol.15, No.11, pp.400-403.
- Brown G. (1997) New Zealand's Empress Pearl® - An abalone pearl par excellence. *Jewellery World*, Vol.16, No.2, pp.36-38.
- Cox K.W. (1962) California abalones, family *Haliotidae*. *California Department of Fish and Game Fish Bulletin*, No.118, 133 pp.
- Cropp D. (1997) Abalone pearls from Bass Strait. *Australian Gemmologist*, Vol.19, No.9, pp.375-379.
- Crowningshield G.R. (1982) Cultured 3/4 blister pearls. *Gems & Gemology*, Vol.18, No.1, pp.36-38.
- Fankboner P.V. (1991) Pearl culture in abalone. *Infofish International*, No.4/91, July/August, pp. 52-55.
- Fankboner P.V. (1994) *Process for Producing Pearls in Abalone and Other Shell-Bearing Mollusks and Nucleus Used Therewith*. U.S. Patent Number 5,347,951, Sept. 20, 33 pp.
- Fankboner P.V. (1995) Abalone pearls: Natural and cultured. *Canadian Gemmologist*, Vol.16, No.1, pp.3-8.
- Farn A.E. (1986) *Pearls: Natural, Cultured and Imitation*. Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, England, 150 pp.
- Haldane D. (1992) The mystery of the missing mollusks. *Los Angeles Times Magazine*, January 5, pp.23-26.
- Howorth P.C. (1978) *The Abalone Book*. Naturegraph Publishers, Happy Camp, CA, 80 pp.
- Kammerling R.C., Koivula J.I., Kane R.E. (1990) Examination of an interesting cultured blister pearl. *Australian Gemmologist*, Vol.17, No.5, pp.174-175.
- Kammerling R.C., Fryer C.W. (1994) Lab notes: Abalone "mabe" pearl. *Gems & Gemology*, Vol.30, No.4, p.268.
- McGraw-Hill (1987) *Encyclopedia of Science and Technology*. 6th ed. McGraw-Hill Book Co., New York, pp.4, 22-23, 587-588.
- McKenzie L. (1996) The Empress Pearl® - A New Zealand cultured half-pearl. *Australian Gemmologist*, Vol.19, No.8, pp.336-338.
- McLean J.H. (1969) *Marine Shells of California*. Los Angeles County Museum of Natural History Science Series 24, Zoology No.11, 104 pp.
- Nieson T.M. (1994) *Benchcomber's Guide to Southern California Marine Life*. Gulf Publishing Co., Houston, TX, 192 pp.
- SFU marine biologist claims world record for culturing mother-of-all (abalone)-pearls (1996) *Simon Fraser University News*, Jan. 18, pp.1-2.
- Taburiaux J. (1985) *Pearls: Their Origin, Treatment & Identification*. Chilton Book Co., Radnor, PA, 247 pp.
- Ward F. (1998) *Pearls*. Gem Book Publishers, Bethesda, MD, 64 pp.
- Webster R. (1994) *Gems: Their Sources, Descriptions and Identification*, 5th ed. Rev. by Peter Read, Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, England, pp. 500-558.