平成 30 年度水産学技術賞

花珠生産技術の開発と環境に配慮した真珠養殖の実現化

渥 美 貴 史

三重県東京事務所

Development of technique for sustainable high quality pearl production

TAKASHI ATSUMI

Mie Prefectural Government Tokyo Branch Office, Chiyodaku, Tokyo 102-0093, Japan

三重県の英虞湾は真珠養殖発祥の地として知られており、英虞湾を中心とする真珠養殖は、日本の真珠養殖業界の発展に貢献してきた。しかし、長年の真珠養殖により英虞湾の環境は悪化し、負酸素化が頻発するようになった。近年では、ヘテロカプサ・サーキュラリスカーマ (*Heterocapsa circularisquama*) の赤潮¹⁾や赤変病²⁾の発生によりアコヤガイの大量へい死が起こる等、養殖環境はさらに悪化した。そのため、養殖業者は安定的な経営ができず、養殖業者数は減少し、真珠の生産量、生産額も低迷している。また、養殖業者の高齢化も深刻になっている。本稿では、高品質真珠の生産率向上のための生産技術の開発と、環境に配慮した持続可能な真珠養殖の実現に向けた取り組みについて紹介する。

1. 花珠（はなだま）生産技術の開発

真珠の品質を決定する要素には、マキ、テリ、色、キズ・シミ、形がある。³⁾ 本稿では、これらの全要素が優れた真珠を「本研究における花珠（以下、花珠）」と呼び、大きさは問わない。これまでも品質向上のための技術開発がなされてきたが、花珠の生産率は挿核手術数の10%程度と低い。⁴⁾ 真珠養殖は、大きく分けると仕立、挿核手術、養生、養成、真珠採取の5つの工程からなる。³⁾ 本研究における花珠生産技術は、挿核手術、養生、養成の工程に着目して開発した3つの技術を体系化したものである。つまり、1) 挿核手術時のピース選択技術で、マキ、テリ、色のベースをつくるピースを適切に選択し、2) 低塩分養生技術で真珠形成初期のキズ・シミ形成を抑制し、3) 母貝飼育管理技術でマキとテリを上げるといった一連の技術である。本技術は、養殖業者がこれまで培ってきた勘と経験に基づいた技術に科学的根拠を与えることで、より適切な作業管理を可能

にし、花珠生産率の向上へと導くものである。以下に開発した3つの技術について概要を記す。

挿核手術時のピース選択技術⁵⁾：本技術は、マキ、テリ、色の向上に貢献する。挿核手術とは、アコヤガイの外套膜小片（ピース）と真珠核（核）を、別のアコヤガイ（母貝）の生殖巣内に挿入する工程をいう。³⁾ ピースは、真珠のマキ、テリ、色に影響を与えることが知られている。現在、多くの養殖業者は、外套膜縁膜部外面にある褐色の細い線（色線）が中心となるようにピースを採取している。しかし、異なる部位をピースとして使用した真珠の微細構造や色について定量的に調べられた研究は乏しかった。そこで、色線外側の部位、色線を挟む部位、色線内側の部位の3種類のピースを使用して真珠の生産を行い、各真珠の真珠層全体の厚さ、真珠層一層の厚さ、黄色度を測定した。その結果、マキ、テリ、色の良い真珠を生産するピースの採取部位として、色線を挟む部位が最適であることがわかった。今後、ピースの採取部位に悩む養殖業者がいなくなることを期待する。

低塩分養生技術⁶⁻¹⁰⁾：本技術は、キズ・シミの無い、真円真珠の生産率（無キズ珠率）の向上に貢献する。養生とは、挿核手術された貝を流れが穏やかな湾奥の漁場に垂下し、手術後1-2週間飼育する工程をいう。³⁾ 養生中、挿入されたピースの外面上皮細胞は伸張・増殖し、核を取り囲んで外面上皮細胞の袋（真珠袋）を形成する。¹¹⁾ その後、真珠袋内で核上に真珠層が積み重ねられ真珠となる。キズは、外面上皮細胞と核の間に隙間をもつ凸状の真珠袋が形成されることにより生じる。シミは、外面上皮細胞と核の間に血球や生殖細胞等の有機物が挟み込まれて形成される。^{12,13)} キズ・シミがある真珠は花珠にはなり得ない。我々は、挿核手術直後の貝を塩分25の海水入り循環型ろ過水槽で8日間養生させるこ

と（低塩分養生）により、現行法である海上養生よりも無キズ珠率を飛躍的に向上させる技術を開発した。一例であるが、低塩分養生を行った場合の無キズ珠率は、海上養生よりも2.5倍高くなった。⁷⁾ また、低塩分養生によるキズ・シミ形成低減機構に係る基礎的な知見も得られた。低塩分養生を行うと真珠袋の形成が、海上養生や通常海水養生（塩分 33 海水入り水槽養生）よりも遅くなることが判明した。⁹⁾ このことから、低塩分養生による真珠袋形成の遅延が、無キズ珠率を向上させる一因と考えている。低塩分養生技術には、水槽施設整備の初期投資が必要という課題があるものの、現在 17 の養殖業者が使用している。無キズ珠率を向上させ、地元品評会で賞を受賞する養殖業者も現れる等、成果も出始めてきた。最近の陸上養殖の拡がりにより、水槽施設整備費用が安価になれば、本技術の普及も進むと期待している。

母貝飼育管理技術¹⁴⁾：本技術は、マキとテリの向上に貢献する。赤変病の発生以降、日本産貝と中国産貝の交雑貝が母貝の主流となっているが、交雑貝の真珠形成特性に関する知見は乏しかった。そこで、2014 年 5 月に日本産貝と交雑貝に挿核手術を行った後、7 月から 11 月まで毎月 1 回、貝を生かしたまま体内の真珠に ALC でマーキングした。12 月に真珠を採取し、各月の真珠層全体の厚さや真珠層一層の厚さを測定した。その結果、真珠層全体の厚さは、各貝とも 8 月が最も厚く、水温低下とともに薄くなった。真珠層一層の厚さは、各貝とも 8 月から 11 月まではほぼ一定で、12 月になると一層の厚さは顕著に薄くなった。このように真珠層の成長は時期により異なることが明らかになった。日本

産貝と交雑貝の間では、真珠層全体の厚さ、真珠層一層の厚さともに、日本産貝が交雑貝よりも厚かった。今後、母貝や時期による真珠形成特性の差異を理解し、適切な飼育管理を行うことにより、マキやテリの良い真珠の生産率向上が可能になると考えている。ただし、本研究を行った年は涼しい夏の年であったため、日本産貝が交雑貝よりも常に真珠形成能力が高いかどうかは追試が必要である。

2. 環境に配慮した真珠養殖の実現化

真珠養殖は魚類養殖と比較すると、無給餌で行うため養殖環境に与える影響は小さいと考えられる。しかし、近年、英虞湾では真珠養殖密度の高い湾奥部を中心に、化学的酸素要求量 (COD) が底生生物に影響があるとされる 30 mg/g を超える高い値となっている。¹⁵⁾ このことから、真珠養殖による環境の悪化は明白である。そこで、1) アコヤガイのろ過摂取、2) アコヤガイや付着生物の排泄物、3) アコヤガイのへい死、4) アコヤガイの体内蓄積および真珠採取、5) 貝掃除による影響を調査し、真珠養殖が英虞湾の環境に与える影響について検討した。¹⁶⁾ その結果、真珠養殖は海中の植物プランクトン等の懸濁物を集積し、筏周辺の極めて狭い範囲に有機物を沈降させ、底質を悪化させる作用が大きいことを定量的に明らかにした（図 1）。¹⁷⁾ そこで、環境に配慮した真珠養殖の実現に向けて、養殖業者、地元自治体、研究機関と協働して、貝掃除の際の洗浄排水処理と真珠採取後の貝肉の陸上処理による英虞湾への負荷低減に力を入れてきた。貝掃除の洗浄排水処理技術として

図 1 英虞湾の真珠養殖に関連する物質の流れ（年間量）¹⁷⁾

TOC：全有機炭素，TN：全窒素，TP：全リン，POC：粒子状有機炭素，PN：粒子状窒素，NH₄-N：アンモニア態窒素

フィルター式排水処理機を開発した。本処理機の使用により、洗浄排水からの負荷を約50%減らすことができる。設置には約10万円（当時）が必要であったため、本処理機の普及は十分に進んでいないのが現状である。ただし、貝掃除の洗浄排水をフィルターやネットに通す等により、できる限り負荷を減らしてから海へ流す養殖業者は次第に増えてきている。また、真珠採取後の貝肉の陸上処理は、養殖業者の所有地に埋める等の方法で行っており、貝肉の有効活用はできていなかった。最近、真珠採取後の貝肉を原料としたコンポスト化技術が開発された。¹⁸⁾ 今後は貝肉コンポストを地元農家に使用してもらい、生産された農産物を地元ホテルやレストラン等で調理提供されるような地域内循環を目指したい。

真珠養殖において、高品質真珠の生産率向上が最重要課題であることは言うまでもない。しかしながら、近い将来、真珠はきれいなだけでは購入されない時代が到来すると感じている。その理由として、「持続可能な開発目標 (SDGs)」の達成に向けた取組の活発化がある。SDGsは、全世界の人々が地球上の誰一人として取り残さず、持続可能で多様性のある社会を作っていくために国連で採択された2030年を期限とする取組目標である。この世界共通の目標を達成するために、日本でも政府・企業等、様々な主体が取り組みを活発化させている。今年3月に開催された平成31年度日本水産学会春季大会においても、新たに「持続可能な開発目標 (Sustainable Development Goals; SDGs) と水産学研究」の部門が設けられたことは記憶に新しい。また、ヨーロッパを中心に「エシカル消費」も広がりを見せている。エシカル消費とは、生産から消費までの過程において環境や社会に配慮した商品等を積極的に消費する活動である。エシカル消費は、SDGsの12番目の目標（つくる責任・つかう責任）の達成につながる取組である。このような世界の流れの中で、真珠養殖もSDGsの達成を踏まえて行わなければ、世界の消費者から真珠の価値が認められなくなる可能性がある。そのため、先に述べた「環境に配慮した真珠養殖」を実現するための取組を積極的に進め、SDGsの12番目の目標や14番目の目標（海の豊かさを守ろう）の達成に貢献する必要がある。この取組を進めるためには、養殖業者、地元自治体、研究機関等の協働が不可欠である。幸いなことに、昨年6月に英真湾全域を包括する志摩市が、SDGsの達成への取組を進めることを掲げて「SDGs未来都市」に選定された。今後は、志摩市のリーダーシップに期待するとともに、本研究で開発した技術をさらに普及させ、一日も早く環境に配慮した持続可能な真珠養殖が実現するよう取り組んでいきたい。

謝 辞

三重県内の真珠養殖関係者の皆様、古丸明教授はじめ研究チームの皆様、三重県水産研究所の皆様には、研究遂行にあたり多大なるご協力、ご支援をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

文 献

- 1) Matsuyama Y, Nagai K, Mizuguchi T, Fujiwara M, Ishimura M, Yamaguchi M, Uchida T, Honjo T. Ecological features and mass mortality of pearl oysters during red tides of *Heterocapsa* sp. in Ago Bay in 1992. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1995; doi:10.2331/suisan.61.35 (in Japanese with English abstract).
- 2) Kurokawa T, Suzuki T, Okauchi M, Miwa S, Nagai K, Nakamura K, Honjo T, Nakajima K, Ashida K, Funakoshi S. Experimental infections of a disease causing mass mortalities of Japanese pearl oyster *Pinctada fucata martensii* by tissue transplantation and cohabitation. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1999; doi:10.2331/suisan.65.241 (in Japanese with English abstract).
- 3) 和田浩爾. 「真珠の科学」真珠新聞社, 東京, 1999.
- 4) 青木秀夫, 林 政博, 岩城 豊, 山本満彦, 伊藤孝男, 竹内章浩, 出口明彦, 小賀史哉, 西川一生, 野村清孝, 大山清孝, 山下雅彰, 岩城秀夫. 日本産アコヤガイと交雑アコヤガイの養殖特性および真珠品質の比較. 全真連技術研究会報 2007; **21**: 1-5.
- 5) Liu X, Sato Y, Komaru A, Atsumi T, Awaji M, Yamamoto T, Higuchi K, Iwahashi Y, Nagai K. Characteristics of pearls produced by implantation of different mantle area pieces. *Aquacult. Sci.* 2017; doi:10.11233/aquaculturesci.65.61 (in Japanese with English abstract).
- 6) Atsumi T, Ishikawa T, Inoue N, Ishibashi R, Aoki H, Nishikawa H, Kamiya N, Komaru A. Improvement of the production of high quality pearls by keeping post-operative pearl oysters *Pinctada fucata* in low salinity seawater. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2011; doi:10.2331/suisan.77.68 (in Japanese with English abstract).
- 7) Atsumi T, Aoki H, Tanaka S, Komaru A. Effect of post-operative holding duration in low salinity water on pearl quality. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2014; doi:10.2331/suisan.80.761 (in Japanese with English abstract).
- 8) Atsumi T, Ishikawa T, Inoue N, Ishibashi R, Aoki H, Abe H, Kamiya N, Komaru A. Post-operative care of implanted pearl oysters *Pinctada fucata* in low salinity seawater improves the quality of pearls. *Aquaculture* 2014; **422-423**: 232-238.
- 9) Atsumi T, Aoki H, Tanaka S, Komaru A. Treatment effects during the post-operative care on the rate of pearl-sac formation in the pearl oyster *Pinctada fucata*. *Aquaculture* 2018; **483**: 154-162.
- 10) Atsumi T, Tanaka S, Aoki H, Komaru A. Improvement of the efficiency of high quality pearls by post-operative pearl oysters *Pinctada fucata* which implanted two or four small nuclei and mantle grafts per oyster in low salinity seawater. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2019; doi:10.2331/suisan.18-00015 (in Japanese with English abstract).
- 11) 町井 昭, 中原 皓. 真珠袋の組織学的研究Ⅱ 季節による真珠袋形成速度の差異. 国立真珠研報 1957; **2**: 107-112.
- 12) Ogimura T, Futami K, Katagiri T, Maita M, Goncalves A.

- T., Endo M. Deformation and blemishing of pearls caused by bacteria. *Fish. Sci.* 2012; **78**: 1255–1262.
- 13) 青木 駿. 異常真珠の出現防止に関する研究. 真珠技術研究会会報 1966; **53**: 1–204.
 - 14) Muhammad G, Atsumi T, Sunardi, Komaru A. Nacre growth and thickness of Akoya pearls from Japanese and Hybrid *Pinctada fucata* in response to the aquaculture temperature condition in Ago Bay, Japan. *Aquaculture* 2017; **477**: 35–42.
 - 15) 増田 健, 藤原正嗣, 栗山 功, 西川次寿. 英虞湾漁場環境調査-II 英虞湾汚染対策調査. 平成 29 年度三重県水産研究所事業報告, 三重県水産研究所, 三重. 2019; 42–45.
 - 16) 国分秀樹, 渥美貴史. 英虞湾における養殖場環境の現状と課題. 「真珠研究の最前線」(淡路雅彦, 古丸 明, 船原大輔編) 恒星社厚生閣, 東京. 2014; 73–86.
 - 17) 渥美貴史, 増田 健, 山形陽一. 真珠養殖とその環境への影響. 「海洋と生物」(千葉 賢, 前川行幸, 松田 治編) 生物研究社, 東京. 2008; 335–340.
 - 18) Higuchi K, Nagai K, Hattori F, Maeyama K, Segawa S, Honjo T. Compost from pearl culture waste: method of composting and effective use. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2016; doi:10.2331/suisan.15-00066 (in Japanese with English abstract).