

アコヤガイを用いた内湾環境修復技術の開発

— 研究の背景 —

川井 仁、内田 浩*、粕谷 智之、山口 仁士

Study on Environmental Restoration in Enclosed Water using the Pearl oyster, *Pinctada fucata martensii*. Background for the Study.

Hitoshi KAWAI, Hiroshi UCHIDA, Tomoyuki KASUYA and Hitoshi YAMAGUCHI

Key words: Feeding activity, Shell activity, Chlorophyll-a concentration,

Dissolved oxygen concentration, Omura Bay

キーワード: 摂餌活動、殻体運動、クロロフィル a 濃度、溶存酸素 (DO) 濃度、大村湾

閉鎖性内湾の問題

一般に、内湾は港としての立地条件、海運の便、漁場としての役割等の要因から人間活動が集積しやすく、農業、畜産、事業場あるいは一般家庭など周辺地域からの汚濁物質の流入による影響を受けやすい¹⁾。そのため、閉鎖性が強い内湾においては、有機物質の分解などによる溶存酸素 (DO) の消費が大きく、溶存酸素の供給が乏しい底層においては貧酸素化が起り、魚介類等の生物に悪影響を及ぼす。さらに貧酸素化が進行すると無酸素状態となり、嫌気性分解によって生物に有害な硫化水素などが生成される。その結果、底生生物は斃死し、生態系に大きな打撃を与えるばかりでなく、海面養殖などの漁業にも被害をもたらす²⁾。そのため、閉鎖性海域における貧酸素化への対策が求められている。

全国の内湾におけるこれまでの施策は、陸域からの流入負荷を削減するための排水基準の設定、水質総量規制の実施などである³⁾。しかしながら、閉鎖性海域における環境基準の達成率は全国的に横ばい状況である⁴⁾。その原因としては、これまでの対策が、陸域からの流入負荷削減を主としており、内湾環境そのものへの対策が遅れているためと考える。そのため、これからの内湾環境への対策は、従来のように陸域からの流入負荷を制限するばかりでなく、内湾に堆積している有機物あるいは栄養塩類を取り除くことが重要であると考えられる。

長崎県における内湾環境

閉鎖性海域の中で長崎県に面している海域は、大村湾、長崎湾、佐世保湾、伊万里湾、橘湾、志々伎湾、並びに有明海および島原湾の7海域（有明海および島原湾を1海域としている）であり、その中で最も高い閉鎖度を示しているのは大村湾である⁵⁾。

大村湾は長崎県の本土中央に位置しており、全国88箇所の閉鎖性海域の中でも5番目に高い閉鎖度を示す。さらに外海とは佐世保湾を介して繋がっており、母湾である佐世保湾とは狭小な二つの瀬戸で連結する典型的な袋状の内湾である。そのため水質は悪化しやすく、昭和40年以降都市化の進展や干潟の消失などが原因で、汚れの指標である化学的酸素要求量 (COD) は、昭和51年以後から環境基準 ($2.0\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) を超過した状態が続いている。さらに、湾域の水温は気温の影響を受けやすく、夏期の表層海水温度は 30°C を超え、冬期は 10°C を下回るなど季節変動が大きく、また毎年のように、秋期に青潮 (溶存酸素量が極めて少ない水塊) が発生する等、厳しい漁場環境にある⁶⁾。一方で、スナメリやカブトガニなど国・県の絶滅危惧種に選定された希少野生生物が生息しており、生息環境保全の観点からも環境修復の必要性は高いといえる⁷⁾。

大村湾のような閉鎖性内湾における環境修復は、陸域からの流入負荷を削減することが必要であることはもちろんだが、それに併せて湾全体の物質循環を念頭に置いた対策が必要である。具体的には、これまで内湾に流入し、その後外海へ流出せず湾内に堆積してい

*長崎大学水産学部

表1 長崎県の海面漁業・養殖業種類別生産量および生産額の過去5年データ

	漁業種別	平成12年	平成13年	平成14年	平成15年	平成16年
生産量	海面漁業	317,681	299,968	278,477	287,028	287,202
	海面養殖業	28,460	26,504	23,448	25,564	24,592
	合計	346,141	326,472	301,925	312,597	311,794
(単位 t)						
生産額	海面漁業	85,152	75,541	78,780	77,428	77,915
	海面養殖業	42,110	35,567	33,212	31,202	27,797
	合計	127,263	111,108	111,992	108,630	105,712
(単位 100万円)						

る富栄養化物質を海産資源の形にして湾外に取り上げることが望ましいと考えられる。そのため、内湾における漁業被害の主な原因である貧酸素化を解消することが重要であると考えられる。貧酸素化が解消されれば、底生生物をはじめとする様々な魚介類が棲息し続けることができると考えられる。その結果、魚介類が増殖し、最終的には富栄養化物質を漁獲物として湾外に取り上げることが可能になると考えられる。

しかしながら、人為的に貧酸素化を解消し続けるためには、機械等を利用することから維持費が必要となり続けることが大きな問題となる。そのため、貧酸素化を解消しながら機械等の維持費を上回る利益が得られる方法が理想的であると考えられる。

長崎の経済状況

長崎県は歴史的な建造物が多く存在し、日本でも有数の観光県であることから、観光を中心とした第三次産業が盛んである。一方、県内には600余りの島々と、入り組んだ海岸線に囲まれた自然豊かな所であることから、農業や水産業といった第一次産業も盛んに行われている。しかしながら、長崎県における一人当たりの県民所得は全国47都道府県中45位（平成15年度）である⁸⁾。このように長崎県は経済的に厳しい状況が続いていることから県内の産業を振興し、経済を活性化することで、県全体を活性化する必要がある。

長崎県の産業を振興するにあたり、長崎県の水産業は全国でもトップクラスであり、海に囲まれた本県の特性を大いに活用できるとの観点から水産業への振興が効果的であると期待される。

長崎県における水産業

長崎県は海岸線の長さが全国の12%にあたる4,195kmに及び、北海道に次ぎ全国で2番目の長さとなっている。この海岸線に面した広大な海域には、九州西方を北上する対馬暖流、多くの島々、複雑な海底地形によって好漁場が形成され、内湾から沖合までその漁場環境を活かした多種多様な漁業が営まれている⁹⁾。平成16年における都道府県別の海面漁業の生産量は全国第3位、生産額は北海道に次いで全国第2位である¹⁰⁾。しかしながら、長崎県内における過去5年間（平成12年～16年）の海面漁業・養殖業種類別生産量および生産額は表1に示すとおり減少傾向にある¹¹⁾。さらに、最近の長崎県における水産業は、水産資源の減少、担い手の減少あるいは高齢化など厳しい状況に直面している。このことから、本県は「長崎県長期総合計画」に基づき、平成12年8月策定の「長崎県長期総合計画」を補完する個別計画として「長崎県水産業振興基本計画」を策定している¹²⁾。当該計画では、これまでの生産拡大の方針を見直し、「本県の美しい海を守り、水産資源の適切な管理と利用による持続可能な新世紀の水産業をめざす」との基本理念の下、水産業を持続するための基本的要件は「漁場の安定」、「経営の安定」、「漁業・漁村の継承」の実現であると考え、豊かな食材や憩いの場の提供等県民生活への貢献を念頭に置きつつ、新世紀初頭における今後10か年の本県水産業の再生の礎となる基本的施策の展開方向等を提示している。

水産業を持続するための基本的要件として挙げられた「漁場の安定」、「経営の安定」および「漁業・漁村の継承」を具現する一つの方法として、限られた海域で安定した生産が可能な海面養殖が有効であると考えられ

表2 平成16年度長崎県内の海面養殖業種類別生産量および生産額

漁業種類	生産量 (単位 t)	生産額 (単位 100万円)	生産額/生産量 (単位 万円/t)
魚類等養殖	20,843	19,654	94
真珠養殖	10	6,171	61,710
牡蠣養殖 (から付き)	1,071	319	30
のり養殖 (生重量)	1,088	276	25

る。長崎県の海岸線は多くの島々、岬と湾、入江から形成されており波が穏やかな海域が多いことから海面養殖を行うには理想的であると考ええる。

カキ養殖を用いた内湾環境修復

ところで、長崎県の代表的な閉鎖性海域である大村湾の支湾である形上湾に流入する、あるいは既に海底に堆積している窒素やリン、炭素といった富栄養化物質を、水産資源生物の形に変換して湾外に取り出し環境を修復する実験が、当研究センターによって平成15年度～平成17年度までの3年間実施された。この実験は無餌給型のカキ養殖と海底からの曝気を組み合わせて貧酸素化を解消しつつ、富栄養化物質を湾外へ除去するという試みで行われており、この結果、曝気を行った養殖イカダではカキは養殖イカダが沈むほどに大きく成長し、DO 濃度は成層期においても表層はもちろん底層においても良好に維持されていた。

このようにカキを用いた先行実験の結果から、海底からの曝気によって成層期においても DO 濃度が良好に維持できること、さらに養殖生物であるカキの成長にも効果があったことが確認された。このことから養殖の対象を他の魚介類に置き換えても十分な成果が得られると期待される。

新技術の開発

カキを用いた先行実験の結果を受け、ここでは県の主要産業の一つであり、表2¹³⁾に示すように、高い経済効果が見込める真珠養殖と海底からの曝気を組み合わせることで、従来よりも高品質な真珠の生産と内湾環境修復を両立させる技術の開発について研究を行うこととした。

長崎県における真珠生産は、全国でもトップクラスであり、そのほとんどはアコヤガイを使った真珠養殖によるものである。県内の真珠養殖は対馬をはじめ、西彼半島周辺、大村湾など県内の広範囲にわたって実施され

ていることから、本技術の開発によって、長崎県下の真珠産業に大きく貢献できるものと期待される。

アコヤガイを使った真珠生産

1 真珠の生産プロセス

アコヤガイは通常数え年で呼ばれ、その年採苗された貝を稚貝、以下2～4年貝と呼ばれる。性的には満1年、つまり2年貝から産卵を行う。挿核施術ができるのは3年貝からで、5年以上のものは真珠質の分泌が衰えること、歩留まりが低いことから使われない。真珠生産に使われるアコヤガイは、挿核される以前の貝を母貝、それ以後の貝を作業貝(玄貝)と呼び、挿核後、半年から3年程度養殖後、取り揚げ(浜揚げ)られる¹⁴⁾。

2 真珠の品質

真珠の品質は形状、色、てり(表面光沢)、巻き(真珠層の厚み)、しみ、きず、サイズなどの各要素の総合されたものによって決まる¹⁵⁾。形状、しみ、およびきずについては人為的制御が極めて難しいとされているのに対し、てり、巻き、サイズは養殖環境によって大きく影響を受ける。例えば、てりに関しては、作業貝を浜揚げする年に「化粧巻き漁場」あるいは「仕上げ漁場」と呼ばれる漁場に移し10月～2月に浜揚げすることで良くなる¹⁴⁾。また、母貝の成長並びに真珠質の分泌が望まれる環境条件に関しては、養殖環境の植物プランクトン量が豊富であることが報告されている¹⁶⁾。このことから餌料が豊富な環境で、アコヤガイの摂餌活動が良好であれば、アコヤガイは大きく成長し、巻きの良い真珠が生産されると推察される。

3 真珠のサイズ

挿核する玉(核)は通常直径7～9mm程度の球形であり、30～40年ものドブガイの殻から削りだしたものが多く用いられている。真珠のサイズを1mm大きくすると価格はほぼ倍増することが知られており、挿核する玉を大きくすることが大きなサイズの真珠生産につながり、水揚げの向上をもたらす。しかしながら、一定サイズの母貝に通常よりも大きな玉を挿核することは、その

後の作業員の成長と生残の著しい低下をもたらし、極めてリスクの大きい試みに終わることが多い。このことから、真珠サイズをあげるためには母貝そのもののサイズをあげることが最重要であるとされている。

海底からの曝気による高品質真珠生産

海底からの曝気は、養殖環境を向上させ、アコヤガイの摂餌活動を良好にすることでアコヤガイの成長・生残並びに高品質真珠の生産に繋がると考えられる。しかし、真珠生産までに3年を必要とすることから、曝気の効果を実証するために以下に示す3つの仮説を実証することとした。

- ① 海底からの曝気によって、養殖環境が向上する
- ② 養殖環境が向上すれば、アコヤガイの摂餌活動が良好になる
- ③ アコヤガイの摂餌活動が良好であれば、真珠の品質（サイズ、巻き）は向上する

仮説の検証は、まず実験室内での検証を優先的に実施することにした。すなわち、室内実験の検証結果を確認した上で、次の段階である実海域における検証に進展するか否かを判断することにした。したがって、仮説検証の順番は、室内実験により検証を行う②を行い^{17), 18)}、次に実海域で検証を行う①を、最後に③に取り組むこととした。

養殖環境の向上については、村上ら(1989)¹⁹⁾が内湾の漁場において最低限維持しなくてはならない DO 濃度を $3.0\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$ ($4.29\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) と指摘している。このことから、内湾環境修復に関しては、実際の養殖海域において最も DO 濃度が低下しやすい成層期に、海底から曝気を行うことで底層の DO 濃度が $3.0\text{mL}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上に維持できることを実証する。

参考文献

- 1) 環境庁水環境研究会:内湾・内海の水環境, 9~56, (1996)
- 2) 鈴木輝明:沿岸の環境圏, 475~479, (1998)
- 3) 環境問題の現状と政府が環境の保全に関して講じた施策, 第3章, 第4節, 2 閉鎖性海域, 平成17年度版環境白書

- 4) 環境問題の現状と政府が環境の保全に関して講じた施策, 第3章, 第1節, 1水環境の現状, 平成17年度版環境白書
- 5) 財団法人国際エメックスセンター:日本の閉鎖性海域 (88海域) 環境ガイドブック, (2001)
- 6) 長崎県水産部漁政課:平成16年度長崎県水産白書, 99~100, (2005)
- 7) 長崎県県民生活環境部:「大村湾環境保全・活性化行動計画」, (2003)
- 8) 長崎県県民生活部統計課:長崎100の指標ー比べてみればー(2006年改訂版), (2006)
- 9) 長崎県水産部漁政課:平成16年度長崎県水産白書, 2~3, (2005)
- 10) 2006年度版の長崎県水産要覧
- 11) 長崎県県民生活環境部統計課:長崎県統計協会, 平成17年度版長崎県勢要覧, (2006)
- 12) 長崎県水産部漁政課:長崎県水産振興基本計画, (2001)
- 13) 長崎県県民生活環境部統計課:長崎県統計協会, 平成17年度版長崎県勢要覧, (2006)
- 14) 木村三郎:浅海養殖60種, 199~218, (1965)
- 15) 宮内徹夫:真珠の養殖, 高島真珠養殖所 301~308, (1967)
- 16) 関政夫:養殖環境におけるアコヤガイ, *Pinctada fucata*, の成長および真珠品質に影響を及ぼす自然要因に関する研究, 三重県立水産試験場研究報告, 第1号, 32~149, (1972)
- 17) 川井仁, 他:アコヤガイを用いた内湾環境修復技術の開発ーアコヤガイの摂餌活動並びに殻体運動の計測に関する検討ー, 長崎県環境保健研究センター所報, 資料, (2006)
- 18) 川井仁, 他:アコヤガイを用いた内湾環境修復技術の開発ーアコヤガイの殻体運動と摂餌活動との関係ー, 長崎県環境保健研究センター所報, 報文, (2006)
- 19) 村上彰男, 他:漁場の適正溶存酸素濃度の検討, (社)日本水産資源保護協会, 漁場環境容量策定事業報告書 (第1分冊), 931~1003, (1989)