

# 噴火湾ホタテガイ養殖における採苗の良否に影響する要因について (エルニーニョ・ラニーニャの影響)

馬場 勝寿・菅原理恵子・奥村 裕弥

キーワード：ホタテガイ、採苗、春季ブルーム、成長不良、エルニーニョ、ラニーニャ

## はじめに

噴火湾ではホタテガイ養殖が始まった1970年代前半から採苗の安定化を目的として、多くの関係機関が様々な調査を行い(表1)、漁業者に情報を提供しています。これらの貴重な調査結果をとりまとめ、採苗の良否に影響する要因について解析と考察を行ったので報告します。

表1 関係機関とその調査項目 (近年のもの)

機 関	調 査 項 目
渡島北部指導所*	G S I・浮遊幼生 (沿岸)・環境
胆振指導所*	G S I・浮遊幼生 (沿岸)・環境
栽培水試普及指導員	浮遊幼生 (沖合)・環境
栽培水試生産技術部	母貝生殖能力
函館水試金星丸	浮遊幼生 (沖合)・環境
函館水試調査研究部	浮遊幼生 (沖合)・環境 卵巣卵質・母貝成長

\*：地区水産技術普及指導所

G S I = 生殖巣重量 ÷ 軟体部重量：性成熟の度合いを示す指数。

## 種苗密度と生殖巣発達期の餌量および母貝の成長不良との関係

各関係機関により得られたデータを解析した結果、2月のクロロフィルa濃度(ホタテガイの餌である植物プランクトン量をしめす指標)と母貝の成長不良年であるか否かの2要因がその年の種苗密度(採苗器100g当たりのホタテガイ種苗の付着数)に最も大きく影響していることがわかりました。過去17年間(1992~2008年)の種苗密度と2月のクロロフィルa濃度および母貝の成長不良年との関係を図1に示しました。生殖巣発達期であ

る2月の餌量が少ないと採苗不良になり、多いと採苗が良好になります。生殖巣発達期に餌が少ないと卵に十分な栄養が供給されないため、卵や幼生の生き残りが悪く、採苗不良になると考えられます。また、母貝の成長不良年は2月のクロロフィルa濃度から予測される値よりも種苗密度が低くなります。卵の栄養は餌からだけでなく、母貝に蓄積された栄養からも供給されるので、母貝の成長不良年にはより多くの餌が生殖巣発達期に必要なためと考えられます。

ここでは、採苗状況と環境変動を関連づけて把握するために、採苗不良年と採苗良好年を単に種苗密度だけで区別せずに、2月のクロロフィルa

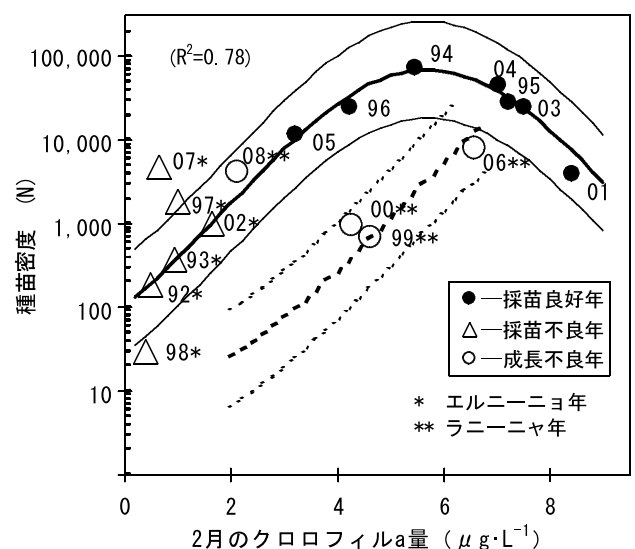


図1 種苗密度と2月のクロロフィルa濃度および母貝の成長不良年との関係  
太線は予測線、細線はランダムエラーの90%信頼区間(N=採苗器100g当たりの種苗数、マーク横の数字は西暦の下2桁)

濃度が低くて種苗密度が低い年を採苗不良年とし、2月のクロロフィル a 濃度が高くて種苗密度が高い年を採苗良好年としました。また、母貝の成長不良年は2月時点で八雲定点における貝柱重量の平均が12.5g 未満の年です。

2月の餌量が多すぎるとやや種苗密度が下がります。これは卵が栄養過剰状態になるためと考えられます。この考えは、卵サイズが大きいとかえって受精率やD型幼生への移行率が低くなるという結果<sup>1)</sup>からも推察されます。

では、採苗不良年や成長不良年に、母貝ではどのような異常が起こっているのでしょうか。ホタテガイの卵巣には壊死卵と呼ばれる異常卵がしばしば観察されます(図2)。この壊死卵は形がいびつで、最終的に内容物が卵巣内に漏れだし、周りの正常な卵にも悪影響を与えるといわれています。

函館水試ではこの壊死卵の卵巣に占める割合(壊

死卵率)により卵巣卵質を評価し、その年変動や地域変動を観察しています。その結果、この壊死卵率は成長不良年や採苗不良年に高く(図3-a)、種苗密度と有意な相関がある(図3-b) ことがわかりました。一方、2008年は成長不良年であり、湾全体としての浮遊幼生量も少なかったにもかかわらず、壊死卵率はそれほど高くありませんでした。したがって、壊死卵率はある程度母貝の状態を反映していますが、母貝の状態を評価しきれない年もあるので、他の方法による卵巣卵質の評価手法を検討する必要があると考えています。

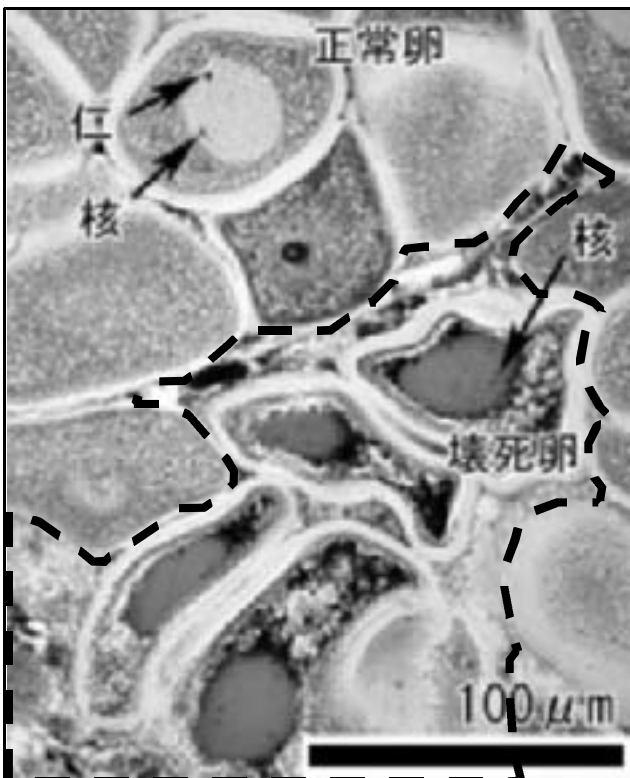


図2 卵巣の組織写真(点線で囲った部分が壊死卵で占められている部分)

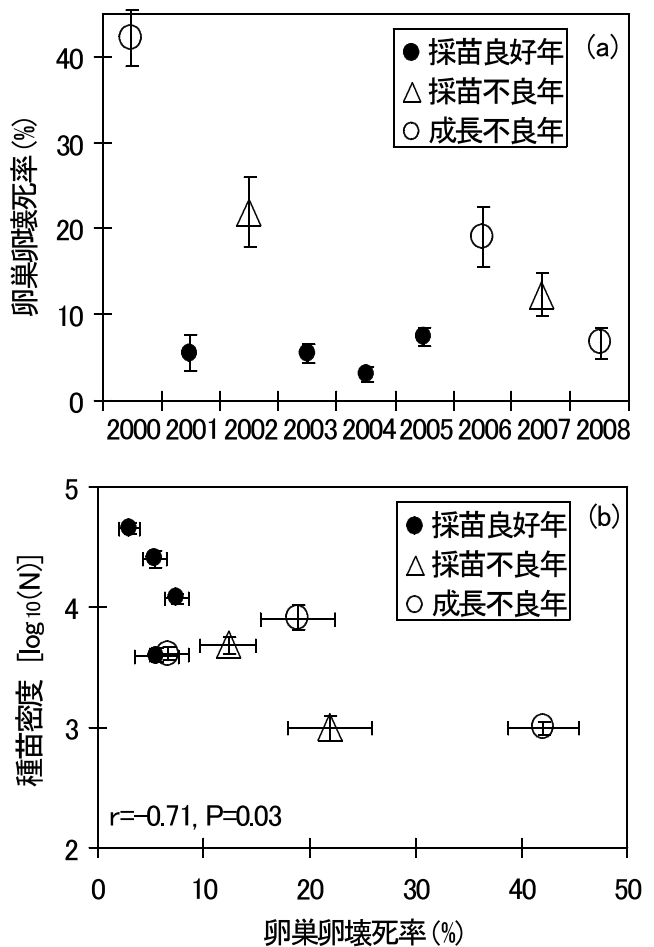


図3 (a) 卵巣卵壊死率の年変動、(b) 卵巣卵壊死率と種苗密度の関係  
図中の縦棒と横棒は標準偏差

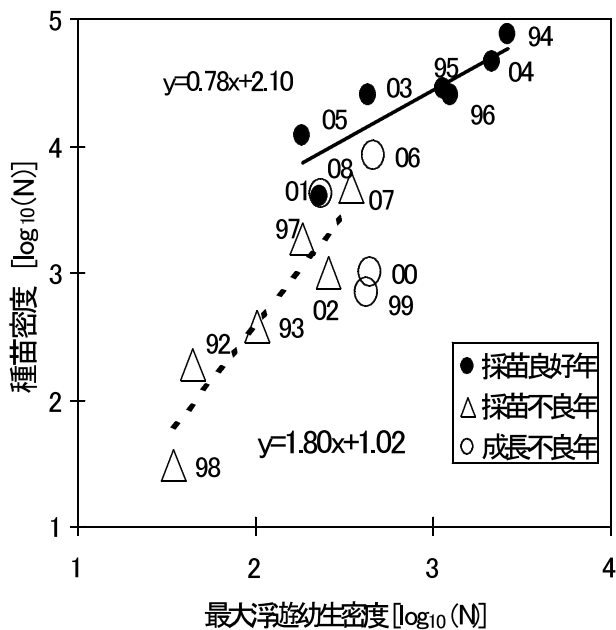


図4 種苗密度(N=採苗器100g当たりの種苗数)と沿岸部での最大浮遊幼生密度(N=1 m<sup>2</sup>当たりの浮遊数幼生)の関係

図4に種苗密度と浮遊幼生密度の関係を示しました。採苗良好年と採苗不良年では両者の関係式が違うことから、生殖巣発達期の餌量は浮遊幼生の出現密度だけでなく浮遊幼生の生残にも影響していると考えられます。

#### エルニーニョ・ラニーニャとの関係

エルニーニョとは赤道直下東太平洋の水温が通常よりも高い状態が継続する現象で、ラニーニャは逆に低い状態が継続する現象です。両方とも地球規模で各国の気象に影響を与えます。2月の餌量が少なく種苗密度が低い年(採苗不良年)はエルニーニョ年に、種苗密度に影響するほど著しい成長不良年はラニーニャ年に起きています(図1)。ここでは春(3~5月)に、エルニーニョが起きていた年をエルニーニョ年、ラニーニャが起きていた年をラニーニャ年としました。

噴火湾では、毎年1~3月に植物プランクトンの増殖が始まり、3月にクロロフィルa濃度がピー

クに達します(図5-a)。これを「春のブルーミング」と言います。噴火湾ではエルニーニョ年(採苗不良年)には「春のブルーミング」の開始が遅れ、生殖巣の発達期である2月の餌量が少なくなるため、採苗不良になると考えられます。

エルニーニョ年に日本では冷夏暖冬になる傾向があります。噴火湾でもエルニーニョ年に冷夏暖冬になり、さらに冬に雪が少なく風が弱く、春も暖かいことが八雲町に設置されている気象庁のアメダスのデータにより確認できます。エルニーニョ年(採苗不良年)に噴火湾では冷夏暖冬のため秋~冬(11~1月)の鉛直混合が弱く、秋~冬にも植物プランクトンが増殖します。その後、植物プランクトンは一度消失し、3月にもう一度増殖します(図5-a)。この秋~冬の植物プランクトンの増殖時に栄養塩が消費され、春のブルーミングに必要な栄養塩が底層水から再び供給されるのに時間がかかるため、春のブルーミングが遅れると考えられます。海洋学で解説されている「春のブルーミング」のメカニズム(例えば「臨界深度モデル」)では冷夏暖冬の年は「春のブルーミング」は早くなると解釈されます。ところが、噴火湾では前述のようなメカニズムにより、逆に遅くなります。

このようにエルニーニョ年には採苗不良になる可能性が高くなりますが、秋~冬に餌である植物プランクトンが増大するため(図5-a)、成長は比較的良く(図5-c)、1~4月に長万部から落部にかけて行われているEU輸出向けの出荷には好適な年になるといえます。

ラニーニャ年(成長不良年)はホタテガイの成長が8月以降低く、低成長が翌年1月まで続きます(図5-c)。ラニーニャ年に日本の夏は猛暑になる傾向にあります。噴火湾でもラニーニャ年(成長不良年)には夏に水温が高く20℃を超える日が

続きます (図5-b)。ホタテガイの成長に好適な水温は4~15℃といわれており<sup>2)</sup>、この夏の高水温がホタテガイの成長を低下させると考えられます。また、夏に高水温だと栄養塩の枯渇している暖かい表層水が分厚くなる (季節躍層深度が深くなる) ため、鉛直混合による底層からの栄養塩の供給が

遅れます。その結果、餌である植物プランクトンは増殖せず、秋~冬も低成長が継続すると考えられます。

このようにラニーニャ年には成長不良になる可能性が高くなり、1~4月に行われるEU輸出向け出荷には不適な年になります。

採苗不良年や成長不良年の2~3月のGSIは採苗良好年よりかなり低ですが、4月にはほぼ追いついています (図5-d)。このような年は母貝の生理的負担が大きいと考えられ、耳吊り作業後のへい死等に注意する必要があります。

気象庁はエルニーニョ監視海域の海面水温の長期予測を出しています ([http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/elnino/kanshi\\_joho/kanshi\\_johol.html](http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/elnino/kanshi_joho/kanshi_johol.html))。2008年12月まで、監視海域の水温は基準値付近で推移すると予測されています。このまま基準値付近で推移すれば、来年はエルニーニョでもラニーニャでもない年、つまり採苗良好年になるかもしれません。

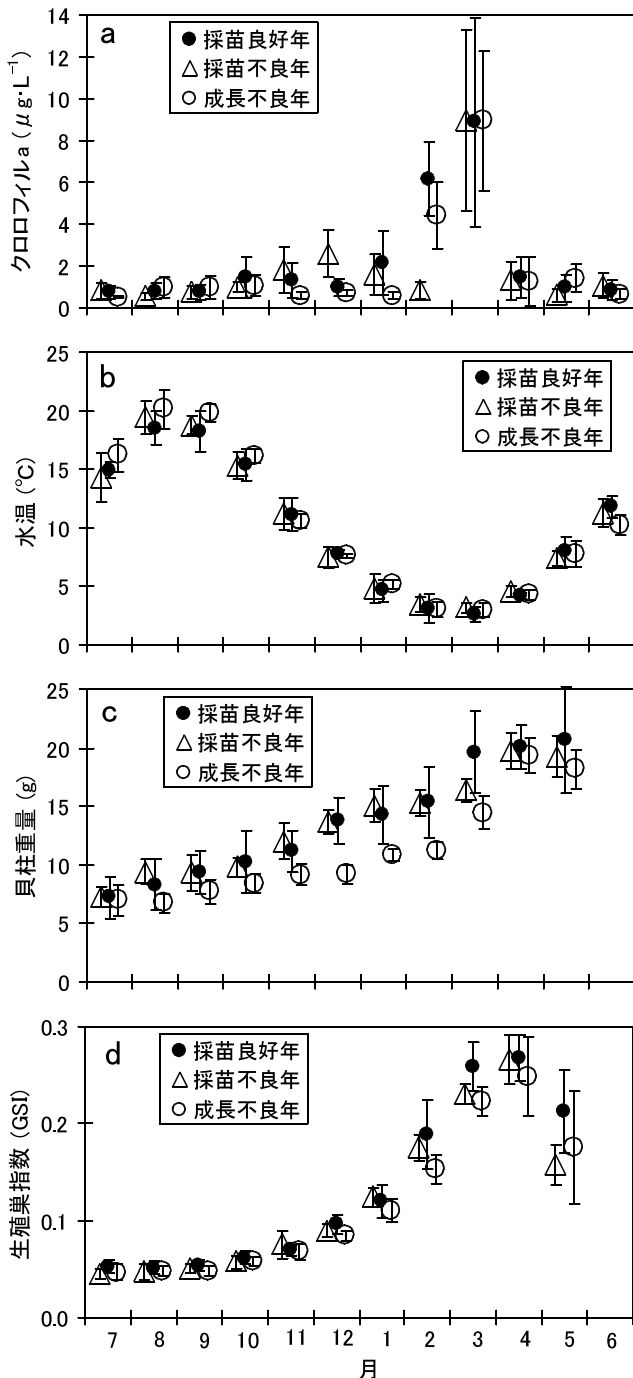


図5 水温、クロロフィルa濃度、貝柱と生殖巣指数 (GSI) の季節変化

### その他の要因1 (表層水の渦)

図1をよく見ると、2007年や2008年など予測の線から外れている年があります (両年とも良い方に外れています)。これは生殖巣発達期の餌量や母貝の成長不良の他に、種苗密度に影響を与える要因があることを示しています。そのうちの一つが「表層水の渦」です。ホタテガイの産卵期から浮遊幼生期にかけて、噴火湾では塩分がやや低く暖かい海水が表層を覆うようになります。この表層水は「噴火湾夏季表層水」と呼ばれ、浮遊幼生はこの中に浮遊しています。噴火湾で夏季表層水の蓄積が進むと時計回りの渦が形成されます。この表層水の厚さと渦の形成時期には年変動が大きいことが近年の函館水試試験調査船金星丸による調査で明らかになってきました。そして、予測から外れ

た2007年と2008年は採苗時期に渦が形成されていないことがわかっています。

図6は噴火湾における沿岸部と沖合部の浮遊幼生密度を渦の形成が早かった2006年(予測が当たった年)と形成が遅かった2008年(予測が外れた年)で比較したものです。2006年は沖合部の幼生密度が沿岸部の2.4倍あり、多くの浮遊幼生が渦に取り込まれ湾全体に分散したことを示しています。一方、2008年は沖合部の密度が沿岸部の0.3倍(30%)しかなく、渦が形成されなかったため浮遊幼生の大部分は沿岸部にとどまったことを示しています。つまり、2月のクロロフィルa濃度が低いか母貝の成長不良で採苗不良になりそうな年でも、表層水の渦形成が遅れば浮遊幼生が沿岸部にとどまり、採苗不良から免れると考えられます。

この表層水の渦の形成時期は、現在のところ予測出来ません。今後は、この渦の形成時期の予測について検討していく必要があります。

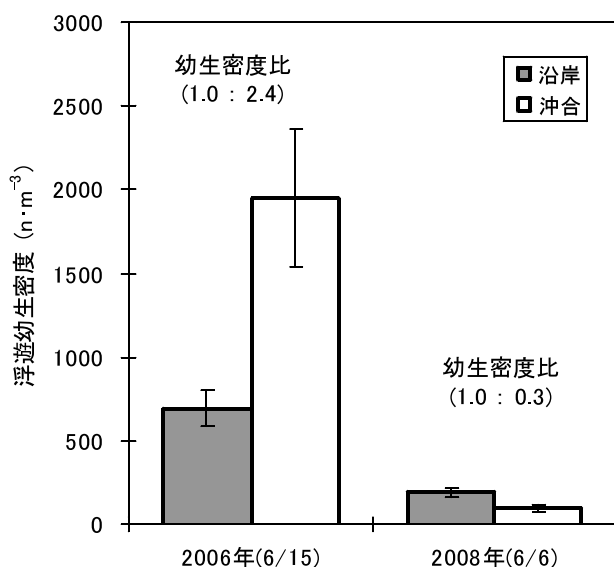


図6 浮遊幼生密度の沿岸部と沖合部の比較  
2006年：表層水の渦が強かった年（予測が当たった年）、2008年：渦の形成が弱かった年（予測が外れた年）

## その他の要因2（産卵の遅れ）

2005年は冷たい沿岸親潮水が季節はずれの4月下旬から5月にかけて湾内に侵入したため、沿岸部で低水温状態が続き、ホタテガイの産卵が遅れました(沿岸親潮の侵入は通常2~3月)。噴火湾では通常4月下旬から5月上旬に産卵しますが、2005年は渡島側では6月上旬、胆振側では5月下旬に産卵しました。八雲地区での卵巣卵の壊死率は4月5日時点で5.9%、5月10日には9.1%でしたが5月30日には53.5%に急増していました。このように産卵の遅れは卵巣卵質の著しい悪化を招き、採苗不良の原因になる可能性があります。実際に1992年には季節はずれの沿岸親潮の侵入により産卵期が遅れ、著しい採苗不良になったことが報告されています<sup>3)</sup>。一方、2005年の場合2007年や2008年と同様表層水の渦の形成時期が遅かったことがわかっており、浮遊幼生が沿岸部に保持されたため採苗不良には至らなかったと考えられます。

## 否定された要因1（浮遊幼生の湾外流出）

浮遊幼生の湾外流出が採苗不良の原因ではないことは、初めて深刻な採苗不良が起きた1992年から指摘されてきました<sup>3)</sup>。ホタテガイの浮遊幼生期に金星丸による噴火湾の環境調査が1998年から本格化し、湾外流出についても検討されてきました。その結果、湾外流出のメカニズムがいくつか提唱されましたが、いずれも規模が小さく、湾全体で採苗不良を引き起こすものではないと考えられました<sup>4)</sup>。

## 否定された要因2（強い南西風「ヤマセ」）

ホタテガイの浮遊幼生期に強い南西の季節風「ヤマセ」が毎年2~3回吹きます。「ヤマセ」が吹くと、浮遊幼生は表層水と共に渡島側から胆振側に吹き寄せられ、渡島側では深所から冷たい水が湧

昇します(渡島側では浮遊幼生がいなくなります)。

「ヤマセ」終息後、反時計回りの沿岸流により浮遊幼生は渡島側に戻ってきますが、「ヤマセ」前よりも幼生密度が低下します。この幼生密度の低下が浮遊幼生の少ない年に採苗不良を助長すると考えてきました(特に渡島側で)。ところが、2008年の「ヤマセ」時にも同様の現象が起きましたが、この「ヤマセ」により、発達を始めていた表層水の渦が一時消失したため、渦の形成が遅くなりました。そのため、2008年は渦による浮遊幼生の沖合部(湾央部)への分散が小さく、浮遊幼生が沿岸部に保持されたと考えられます。その結果、2008年は浮遊幼生の全体量が少なかったにもかかわらず採苗が良好になったと解釈されます。つまり、浮遊幼生の分散(希釈)には、「ヤマセ」よりも「表層水の渦」の方が影響が大きく、渦の形成を遅らせる可能性のある「ヤマセ」は必ずしも悪者ではないと考えられます。

### 否定された要因3 (母貝不足)

近年噴火湾では地撒き等による底生貝が減少し、また、養殖貝は2歳の産卵期前までにほとんど出荷(新貝出荷)されてしまうため、「母貝不足が採苗不良の要因では?」という声がありました。ところが、母貝量の指標と考えられる2歳貝(残存貝)の出荷量と種苗密度には全く関係がなく、母貝不足は採苗不良の原因とは考えられませんでした。もちろん母貝量が極端に減少する事態は避けなければなりません、現状の噴火湾の養殖形態でも大量採苗に必要な母貝量は確保されていると考えられます。

### おわりに

以前、試験に使うため種苗を漁師さんに分けてもらったことがあります。その時に大量の種苗を

見て驚き、噴火湾の豊かさに感動しました。この豊かな海に係わる仕事をしていることを誇りに思うと同時に、この豊かさを維持するためにもしっかり仕事をせねばと襟を正す思いでした。採苗の良否には年変動が大きく、いろいろ苦労もあるなか、採苗安定化に向けて地道な努力をしている各地区水産技術普及指導所等の関係機関の皆様に敬意を表します。また、最近では種苗の湾内確保に向けて、胆振側と渡島側の漁師さんたちの協力関係が強くなっていると聞いています。このことから、種苗の湾内確保に関して、明るい未来を感じます。これからも種苗の湾内確保と採苗の安定化にむけて一緒にがんばりましょう。

### 【文献】

- 1) 平成13~16年度栽培センター事業報告書
- 2) 水産増養殖叢書6 (日本水産資源保護協会)
- 3) 試験研究は今、No.136
- 4) 平成13~15年度函館水試事業報告書

(ばばかつひさ・すがわりえこ・おくむらひろや  
函館水試調査研究部 報文番号 B2295)