

平成 27 年度

広島県立総合技術研究所  
水産海洋技術センター  
研究成果発表会

発 表 要 旨

平成 28 年 2 月 3 日（水）

広島県立総合技術研究所  
水産海洋技術センター

平成 27 年度 広島県立総合技術研究所水産海洋技術センター  
研究成果発表会次第

日時：平成 28 年 2 月 3 日（水） 13 時 30 分～16 時 00 分

場所：ホテル広島ガーデンパレス（広島市東区光町 1-15）白鳥

1 開会あいさつ

2 基調講演（13:40～14:20）

「豊かな海の創生－私の提言」

広島大学大学院生物圏科学研究科 教授 山本 民次 氏

【ポスターセッション・休憩】（14:20～14:35）

3 研究成果発表（14:40～15:40）

（1）低塩分処理技術による魚類の新たな飼育方法

水産研究部 川口 修

（2）かき採苗安定化に向けた新たな取り組み

技術支援部 相田 聡

（3）アユ冷水病の病原機構の解明と防除技術の開発

水産研究部 永井 崇裕

4 情報提供（15:40～16:00）

技術支援制度等の情報提供

技術支援部 西井 祥則

5 閉会あいさつ

# 豊かな海の創生－私の提言

広島大学大学院生物圏科学研究科  
教授 山本民次

1978年に始まった瀬戸内海環境保全特別措置法（ここでは「旧瀬戸法」と略す）では、高度経済成長にともなって瀕死の海とまで言われた瀬戸内海をきれいにするための最重要施策は、負荷量の削減であった。当時、陸域からの物質の負荷を削減してきれいな海にすれば魚が戻ってくると誰しも思っていた。しかし、海はきれいになったけれど、魚は戻ってこないことが現実で、これ以上負荷量を削減したら、水産業は壊滅する懸念が生じている。いわゆる「貧栄養化」である。

昨年（2015年）10月2日に公布・施行された改正瀬戸内海環境保全特別措置法（ここでは「新瀬戸法」と略す）では、上記の懸念、つまりこのまま負荷量の削減を続けていては生物の生産に甚大な影響を及ぼすことが懸念されたため、目標を水産資源の持続的な利用の確保に置き、軸足を負荷削減による水質の保全から、藻場や浅場の再生・創出、底質改善、窪地の修復という具体的施策に移した（図1：基本計画）。これは賢明な方向転換であるが、少し遅すぎたと私は思う。水産分野ではすでに10年も前から気がついてきたことであるが、環境行政にその実態が届き、理解が進むまでに10年かかったと言える。

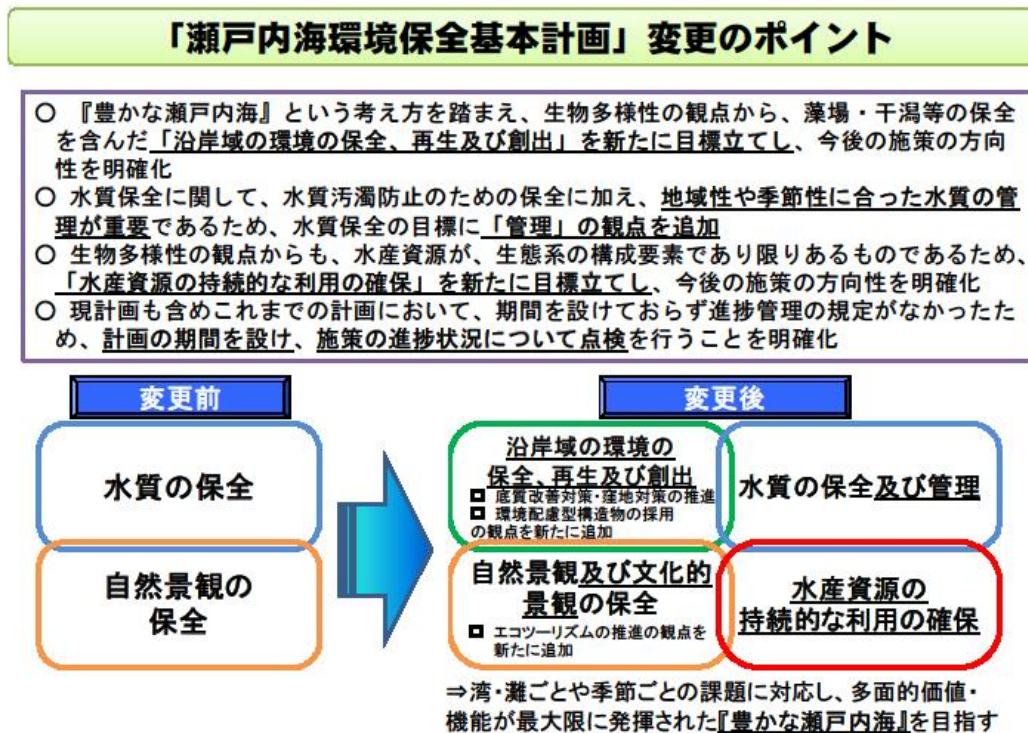


図1. 改正瀬戸内海環境保全特別措置法に基づく基本計画の概要.

この新瀬戸法には「豊かな海」というキャッチフレーズが登場した。重要なキーワードのはずであるが、その定義はいくら読んでも出てこない。第二条の二に「人の活動が自然に対し適切に作用することを通じて、美しい景観が形成されていること、生物の多様性及び生産性が確保されていること等その有する多面的価値及び機能が最大限に発揮された豊かな海」となっている。どうやら長いフレーズの最後にある「豊かな海」にかかる前の修飾部分全てが「豊かな海」の定義のようである。そのように見ると、「豊かな海」の意味としては、これまで言われてきた「里海」の概念がほぼ取り込まれたものとなっている。

しかし、上記の文言はきれいに流れるので、なにげなく読むと見落としてしまうが、下線部分の「生物生産性」と「生物多様性」を両立させるのは簡単なことではない。というか、同所的には不可能である。我々の農耕の歴史においては、生産性を上げるために生物多様性を犠牲にしてきたわけであり、生物多様性を意識して（上げるために）人手を加える（手入れをする）という行為をしたことは無いからである。生産性を上げる過程で、同時に多様性が上がるのであれば良いが、それは不可能である。なので、このたびの新瀬戸法で、上述のように「水産資源の持続的な利用の確保」ということを目標とするのであれば、生物多様性は犠牲にせざるを得ない。私が考える「豊かな海」とは、簡単に言ってしまうと「魚介類が獲れる海」である。

ただ、同所的でなければ、生物生産性と生物多様性とを同時に高めることは可能である。ではどうしたらよいか？新瀬戸法の第二条の二の3には、「瀬戸内海の環境の保全に関する施策は、・・・（中略）・・・瀬戸内海の湾、灘その他の海域ごとの実情に応じて行われなければならない。」とある。生物多様性を空間的不均一性、つまりモザイク的な空間構造にすれば高められるということである。具体的にイメージすれば、広島湾はカキがたくさん獲れる生産の海とし、安芸灘は藻場を増やすことでさまざまな生物がいる多様性の高い海、とすることである。湾・灘ごとのきめ細やかな対策ということなので、瀬戸内海全体を「1つの閉鎖性内湾」として扱ってきた旧瀬戸法からは大きな飛躍である。

農学の分野では、栄養分が足りなければ作物が育たないというのは当然の理である。何か1つでも栄養成分（元素）が足りなければ、貧弱な作物しか採れないというのは有名な「リービッヒの最小律」である。しかし、複雑な食物連鎖構造をもつ自然生態系において、栄養を付加した場合、あるいは栄養を減らした場合、生態系の構造がどのようになるのかということは簡単に予想がつかない。とりあえず食段階を4つ（栄養塩、藻類、小動物、魚）と考え、簡単なモデルで表すところから始めるのが良い。それだけでも、我々の考えも及ばない結論が得られることを講演で示す。理学分野は「生物多様性」を金科玉条と捉えているようであるが、食べられる魚が獲れない海は私は受け入れがたい。

このことは漁業者だけの問題でなく、我々みんなが考えなければならないことである。今回、貴重な時間を与えて戴き、私見を交えて話しをさせて戴けることに感謝申し上げますとともに、瀬戸内海あるいは広島湾の海をどうすべきか（どうしたいのか）という議論が盛り上がり、議論の内容が少しでも今年度末の府県計画に盛り込まれることを期待する。

# 低塩分処理技術による魚類の新たな飼育方法

副主任研究員 川口 修

## ねらい

水産海洋技術センターでは、漁獲等によって外傷を受けた海水魚を、通常の海水よりも低い塩分の飼育水で処理（以下、低塩分処理）することによって延命・外傷回復（外傷悪化の抑制）の効果が得られることを明らかにした。本発表では、その効果やメカニズム、利用方法について紹介する。

## 概要

### 1 低塩分処理技術による延命メカニズム

外傷を受けたオニオコゼを通常の海水で飼育すると、外傷が大きいほど血中のナトリウム濃度が高くなる傾向にあった（図1）。また、致死的な外傷を与えたオニオコゼを海水と低塩分水で飼育したところ、海水では血中ナトリウム濃度が上昇して大量に死亡したのに対し、低塩分水では血中ナトリウム濃度が通常レベルに維持され死亡も見られなかった（図2）。これらの事から、浸透圧に近い濃度の飼育水で飼育することによって生残率が上昇したと考えられた。ただし、有効な塩分濃度は魚種によって異なることも明らかとなっている。

### 2 低塩分処理技術による外傷回復（外傷悪化の抑制）効果

漁獲されたクロダイを8日間、従来技術（海水飼育）と低塩分処理をした場合、従来技術では鱗が剥げ、血が滲み、鰭がボロボロになる個体が散見されたのに対し、低塩分処理では、漁獲直後と同じ良い外見を維持していた（図3）。人工的に鱗を一部剥いだメバルを従来技術と低塩分処理した場合、15日後に従来技術では傷部が化膿している個体が見られたのに対して低塩分処理では全て良好な修復過程にあった（図4）。オニオコゼの表皮と真皮の一部をハサミで除去し、表皮の修復を観察したところ、1 cm<sup>2</sup>で外傷あれば3日程度で修復されることが分かった（図5）。

### 3 低塩分処理技術の利用方法

天候等の影響により生産が不安定で漁獲後の鮮度低下が早い天然魚は、しばしば需要と供給との間のミスマッチによる生産者側の機会損失が発生する。これを回避・緩和し、かつ高品質な活魚の供給を可能とするためには生産地市場等で蓄養することが必要であり、この時に本技術を適用することで、歩留まり、活力、外観を維持しながら7日程度の出荷調整が可能になると考えられる。このような出荷調整のほか、鮮度 PR 販売、天然種苗による養殖の前処理、希少魚のロット調整に利用できると考えられる。

## 今後の展開

普及に向けて、本技術を簡易に利用できるための技術の開発や他の技術とのマッチングを行い、より利用しやすい技術となるように研究をしている。本技術は、特許を取得／出願しており、まずは広島県の漁業者や流通関係者に利用していただきたい。

本技術の導入を検討している方は、まず、技術支援部（0823-51-2173）まで問い合わせ下さい。

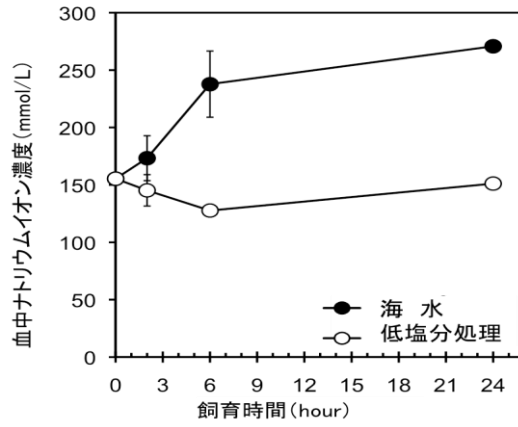
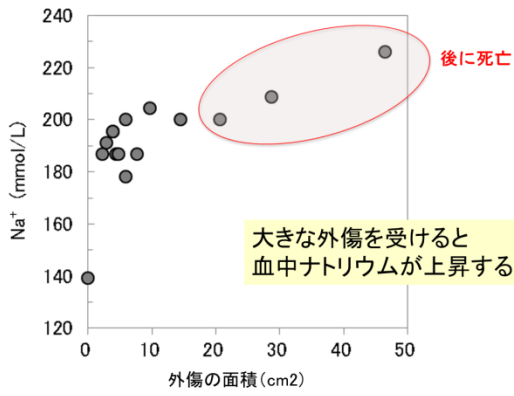


図1 魚の外傷面積と血中 Na の関係 図2 外傷魚を海水飼育と低塩分処理した場合のそれぞれの血中 Na の推移



図3 低塩分処理と従来技術で飼育した漁獲 8 日後のクロダイ



図4 低塩分処理と従来技術で飼育した鱗除去 15 日後のメバル

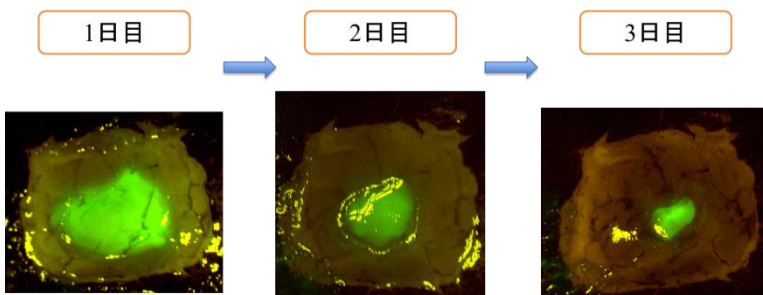


図5 オニオコゼ表皮の修復過程

# かき採苗安定化に向けた新たな取り組み

技術支援部長 相田 聡

## ねらい

広島湾はマガキの天然採苗ができる全国的にも希少な海域であり、このことは広島で全国第1位の生産量を誇るカキ養殖が発展してきた要因の一つでもある。しかし1990年代以降は数年に1回の割合で採苗不調年が発生し、カキ業界にとって大きな問題となっている(図1)。特に2014年は採苗率13%の大不調の年となり、前年の2013年(採苗率85%)と合わせた連続した不調は業界にとって極めて深刻な状況を投げかける結果となった。当センターでは、採苗不調対策として2005～2007年度に開発研究「海水流動モデルを用いたカキ採苗技術研究」を立ち上げて不調に対する提案を行ったが、今年はその研究結果に基づいた提案の実践として業界、県、広島市等の関係市町が一丸となって採苗不調の解消に向けた取り組みを行った結果、良好な採苗へと結びついたので紹介する。

## 概要

### 1) 採苗パターンの移り変わり与环境変化

広島湾におけるカキ種苗の採苗の中心は1970年代の干潟採苗、1970～80年代の広島湾北部海域での筏採苗を経て1990年代以降は大黒神島漁場での沖合採苗へと変遷している。これは夏季に広島湾北部海域から江田島湾内へ筏が移動(避難)する方式に養殖形態が変化したため、その結果産卵海域が江田島湾内に集中し、湾外に出た幼生は潮流に乗ってすぐに南下して大黒神島周辺に流出することで現在の採苗の中心が沖合となった(図2)。沖合採苗が行われる以前は7～9月までの3ヶ月間で行われていた採苗作業が沖合採苗の開始以降、ほぼ7月の1ヶ月間に短期集中して行われるようになり、この養殖形態の変化と採苗不調が発生するようになった時期がほぼ一致している。

1990年以降の環境変化で特筆されるものとしては、梅雨の不順や大型台風の頻発等が挙げられ、こうした気候変動がマガキ幼生の餌となる植物プランクトンの発生にマイナスに影響している可能性が示唆されている。天候不順年は植物プランクトンの発生規模が広島湾沿岸部に限定されて小さくなり、沖合にまで行き渡らないことが幼生と餌の分布間に大きなかい離を生じさせ、幼生の生残にも大きな影響を与えることは想像できることである(図3)。

### 2) 採苗不調原因の仮説と対策に向けた提案(シミュレーションによる幼生生残の推定)

採苗不調の原因の一つとして、餌である植物プランクトンの関与を推測したが、産業技術研究所中国センター(当時)に協力を依頼し、広島湾内各所で発生した幼生がどのように移動して生残するかシミュレーションを行い、100%採苗が安定してできていた時期(1982年)と採苗が不安定になった時期(2007年)を比較した。その結果、幼生の生残率が低下していると考えられる2007年の状況を100%採苗ができていた1982年当時と同じ幼生数にまで改善するためには、少なくとも135台の産卵用親貝筏を広島湾北部海域へ配置する必要があることがわかった(図4)。

### 3) 全県をあげた取り組みと今年の採苗結果

2015年は広島湾北部の江波～津久根島周辺海域にカキ養殖関連漁協が一致協力して親貝用筏の移動・設置を行い、餌の豊富な広島湾北部海域において人為的に幼生を発生させる取り組みを実行した。また、県や広島市などと業界による全県をあげたネットワークによって、幼生出現情報等の迅速な発信も試みた結果、ほぼ100%を上回る採苗率をもたらす結果となった(図5及び図6)。

## 今後の展開

今後も採苗安定化のためには、広島湾奥部海域において、一定量の産卵用親貝群の確保が必要である。そのためには業界が主体となり、行政や研究機関がバックアップしながら無理のない長期間継続できる仕組み作りが必要と考えられる。また今後、筏設置の効果検証を行い、その結果を取り組み内容に反映させていくことも必要である。

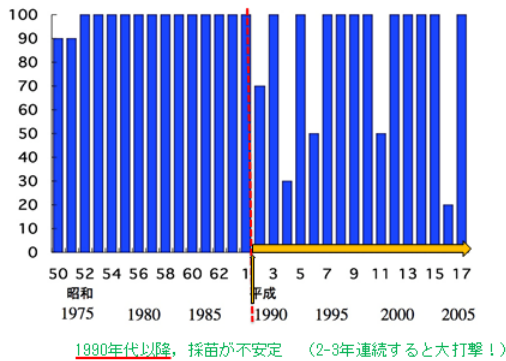


図1 広島県のマガキ養殖種苗の確保の割合

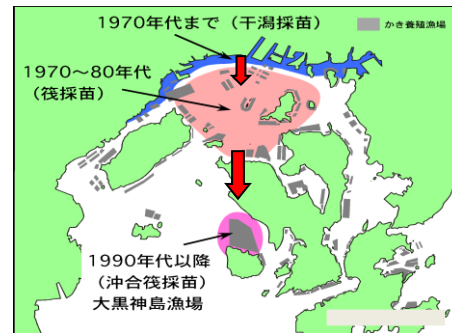


図2 広島湾のカキ採苗海域の変遷

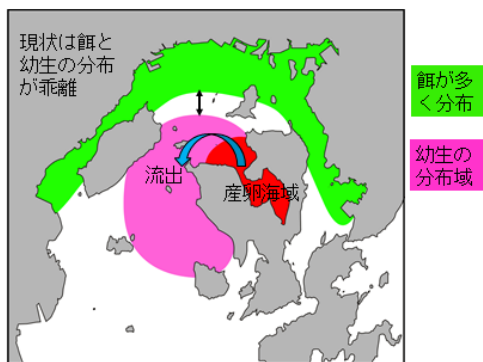


図3 広島湾内のカキ幼生と餌の分布

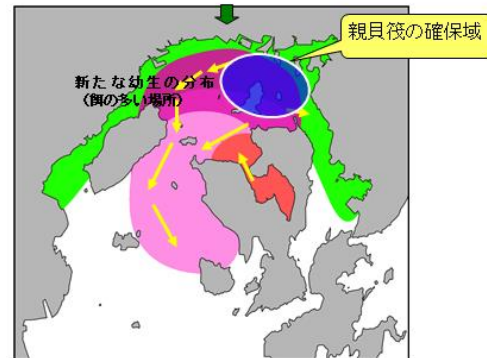


図4 新たな親貝用筏の設置提案

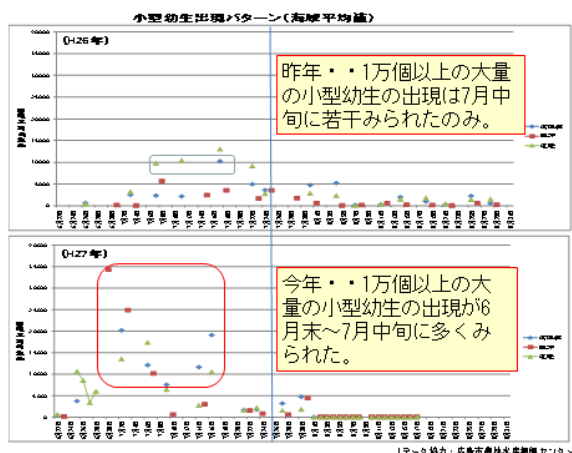


図5 昨年と今年的小型幼生出現パターン

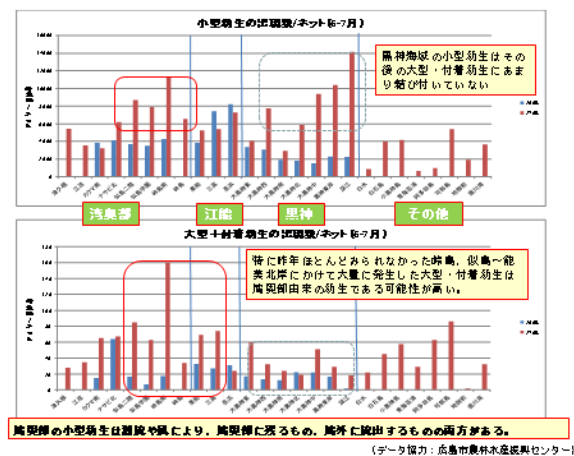


図6 昨年と今年の場合別幼生の出現



# アユ冷水病の病原機構の解明と防除技術の開発

副主任研究員 永井崇裕

## ねらい

アユの冷水病は 1990 年代前半から日本各地のアユに蔓延している細菌性疾病である。広島県では 1993 年に河川のアユでの発生が確認され、毎年被害を与えるようになった。この病気は、河川環境中に生存しやすいフラボバクテリウム・サイクロフィラムが原因となる。養殖場だけでなく河川でアユの死亡を引き起こすことから、アユ漁獲不振の一因となっている。本研究では、アユ冷水病の病原機構の解明と防除技術の開発を目的とした。

## 概要

### 1 アユ冷水病菌の病原機構の解明

フラボバクテリウム・サイクロフィラム（以下、冷水病菌）は、サケ科魚類、コイ科魚類およびアユから分離されているが、アユの冷水病菌と他魚種の冷水病菌の病原機構の違いは明らかにされていなかった。生体防御において重要な役割を果たす血清での冷水病菌の増殖性を調べた結果、アユから分離された冷水病菌はアユ血清で増殖するが、アユ以外から分離された冷水病菌はアユ血清で増殖しなかった（図 1）。冷水病菌の魚種特異性が血清増殖性（抵抗性）と関連していることを初めて明らかにした。また、冷水病菌株にはアユ系統に対して病原性の異なるタイプ（病原型）が存在することを明らかにした（図 2）。一方、冷水病菌の病原性の変化を感染実験で調べた結果、近年の冷水病菌の高病原化を示唆した（図 3）。

### 2 冷水病に対する耐性を持つアユ系統の開発

広島県では数系統のアユが種苗生産され河川放流されていた。これらのアユの冷水病感受性を野外試験で比較すると、海産交配系アユの冷水病感受性が比較的低いことが明らかになった（図 4）。冷水病感受性にアユ系統間で差のあることを見出したのは、全国的に初めてのことであった。現在では、海産交配系アユに他のアユ系統を交配させ、冷水病により強いアユが作られている（図 5）。

### 3 冷水病ワクチンの開発

河川に冷水病菌が常在していることから、河川での有効な防除法としてワクチンを求める声は大きい。これまでの実験で、ホルマリン不活化ワクチンを用いた浸漬ワクチンの野外での有効性を初めて明らかにしたが、実用化するには有効性が低かった。そこで、浸漬ワクチンの有効性を高める方法を探索した結果、酵素溶液（プロテアーゼ）で事前処理することで、浸漬ワクチンの有効性を高められることを明らかにした（図 6）。本技術は特許出願されている（特開 2014-183810）。

## 今後の展開

人工系統間の冷水病感受性の差を明らかにしたことで、冷水病感受性の低いアユが（一社）広島県栽培漁業協会生産され、河川に放流されている。現在では、冷水病にさらに強いアユの開発も行われている。また、他県でも種苗間の冷水病感受性を比較するなど同様の取り組みが行われている。一方、酵素を利用した冷水病浸漬ワクチンの効果を高める技術を開発したことで、この技術を用いた海産魚での浸漬ワクチンの開発が動物用医薬品メーカーと共同で行われている。ワクチンの使用量の多い海産魚で実用可能なことが示されれば、冷水病ワクチンでの応用も考えられる。

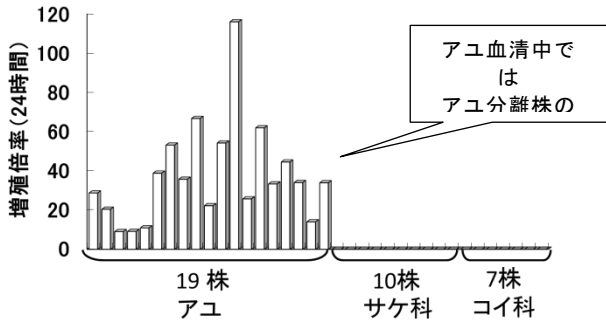


図1 アユ血清における各魚種分離冷水病菌の増殖性

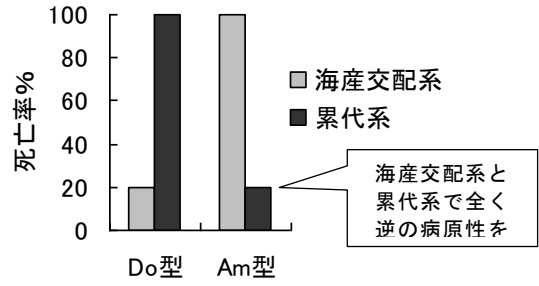


図2 Do型およびAm型冷水病菌による死亡率

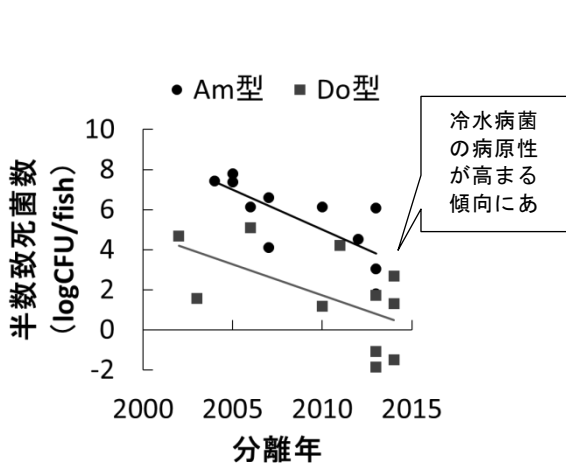


図3 冷水病菌の病原性の変化

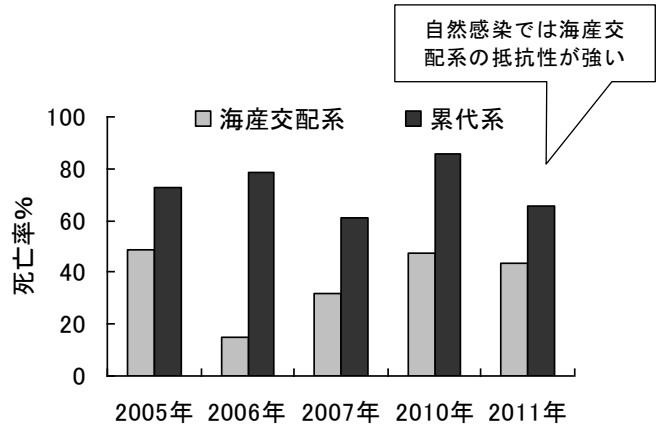


図4 野外試験による冷水病死亡率

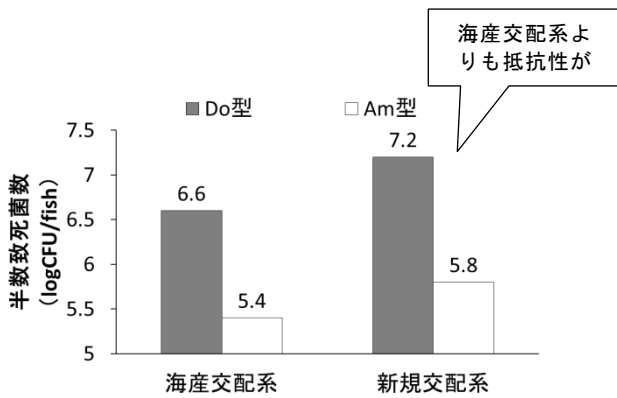


図5 冷水病により強い系統の開発

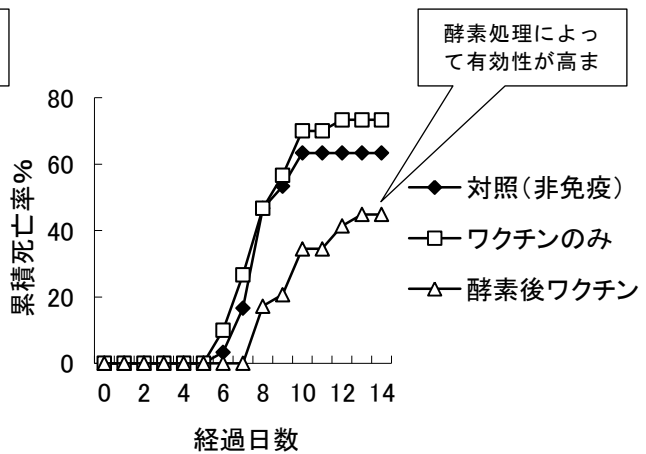


図6 アユの冷水病浸漬ワクチンの効果