

水産業の未来を拓く

FRANNEWS

Fisheries Research Agency News

2012.1
vol. 29

特集

ゲノム研究最前線

Topics

28年後に届いた漂流はがき

研究成果情報

ワムシの入手と利用タイプの現状

水産生物遺伝資源保存事業 (ジーンバンク事業)



Contents

震災復興への取り組み

東北地方における
サケ漁業と増殖事業の復旧状況



震災復興への取り組み

東北地方におけるサケ漁業と増殖漁業の復旧状況 2
福島県への調査船の派遣 5

特集 ゲノム研究最前線

水産総合研究センターの研究の現状と戦略 6
遺伝子ってなに？ ゲノムってなに？ 8
魚の染色体を見てみよう!! 10
ノリのゲノム情報解析が進展 新たに、高水温耐性に関連する遺伝子を発見 12
魚類養殖の生産性向上に有効な遺伝子を特定
筋肉量が約2倍になる品種開発が可能に 14
ゲノム情報を利用した新しい水産用ワクチンの開発 15
海洋環境へのゲノム研究の応用例 メタゲノム解析の将来展望 18

あんじいの魚菜に乾杯

第18回 冬に脂がのる旬のクロダイ
シンプルな塩焼きを香味オイルでアレンジ これがいまい! 22

研究成果情報

ワムシの入手と利用タイプの現状 24
水産生物遺伝資源保存事業(ジーンバンク事業) 25

会議・イベント報告

国際ワークショップを CLIOTOP と共同で開催 26
第16回地域水産加工技術セミナー 26
第2回サイエンスステージ 27
第4回瀬戸内海水産フォーラム 27
韓国で開催された 2011年日中韓水産研究機関長会議に出席 28
「養殖漁業の今と将来」～シニア講座で出前講義を行いました～ 28
第31回全国豊かな海づくり大会に出展 29
第50回 農林水産祭「実りのフェスティバル」に出展 29

Topics

28年後に届いた漂流はがき 30

知的財産情報

白化出現頻度が低いヒラメ家系を選ぶ
～詳細化するヒラメ DNA 情報の活用～ 31

ピックアップ・プレスリリース

クロマグロ稚魚が活発に食べる配合飼料を開発!
～天然資源に依存しない養殖技術へ一歩前進～ 32

刊行物報告

研究開発情報「北の海から」第12号 33
研究の動き 第9号 33
ななつの海から 第1号 33
瀬戸内通信 第14号 33
増養殖研究レター 第1号 33
研究の葉 33
海洋水産資源開発ニュース No.398 33
海洋水産資源開発ニュース No.399、400、401 34
平成21年度海洋水産資源開発事業報告書 No.3、4 34
おさかな瓦版 No.43、44 34

■おさかな チョット耳寄り情報 その29
チヌとクロダイ 35
■編集後記、執筆者一覧 35

表紙写真

CGによるDNA分子構造の立体モデル

水産総合研究センターは、東北地方の秋サケの漁期が始まったことをきっかけに、岩手県、宮城県、福島県、(社)岩手県さけ・ます増殖協会、岩手県定置漁業協会、水産加工流通業者などを通じて11月28日までに得られた情報をもとに、東日本大震災で被災した地域におけるサケ漁業および増殖事業の復旧状況と今後の見通しを取りまとめました。

1. サケ漁業の状況

(1) 親魚の来遊予測

岩手県、宮城県および水産総合研究センターの漁期前の予測では、今年度の太平洋沿岸へのサケ来遊数は2010年度に比べ、増加を見込んでいました(岩手県沿岸:前年比7%増、宮城県沿岸:前年比57%増、北海道から茨城県までの太平洋沿岸:前年比20%増)。

しかし、11月10日時点で、北海道の来遊数の実績は前年同期の約

95%に留まっており、とくに太平洋沿岸のえりも以東海区とえりも以西海区の落ち込みが、それぞれ前年同期の75%と86%と顕著です。これらのことから、本州太平洋岸でも来遊数が予測を下回る可能性があります。

(2) 海面漁業の復旧状況

秋サケは10年度、岩手県沿岸で1万7千トン、宮城県沿岸で5千トンが漁獲されていました。

岩手県の秋サケの漁獲を担う定置網は、11月1日までに135カ所のうち68カ所(50%)が操業中であり、今年の秋サケ漁期中には

84カ所(62%)が再開する見込みです。

宮城県では、主に刺し網と定置網で秋サケが漁獲されています。今年度、刺し網漁業は211隻のうち109隻(52%)が操業を再開する見込みです。定置網は、10月4日時点では305カ所のうち23カ所(8%)の再開に留まる見通しでしたが、10月20日時点では塩釜地区だけで20カ所の操業が確認されており、復旧が進んでいるようすがうかがえます。

(3) 漁獲状況

岩手県における11月20日までの沿岸漁獲数は1116万8千尾(前年同期比57%)と前年を下回っています。

宮城県における11月10日までの沿岸漁獲数も78万2千尾(前年同期比83%)と前年をやや下回っていますが、前年並み(前年同期比99%)の水揚げ

を記録している地域も認められます。

(4) 加工流通の復旧状況

地域によっては、加工流通業が十分に復旧しておらず、厳しい状況におかれています。

一方で、当センターが岩手県(宮古、釜石)および宮城県(気仙沼、南三陸、石巻、塩釜)で調査した結果、現時点における両県の秋サケの処理能力(主に、フィレ、イクラ、ミール加工)は、約3万7千トンに達すると推定され



志津川魚市場(宮城県南三陸町)のサケとサバの水揚げ



河川遡上したサケ親魚 (宮城県水尻川)

ました。これは両県の沿岸と河川における昨年度の来遊量の合計2万5千トンを上回り、マクロで見ると復旧に向けた関係者の取り組みが進んでいる状況もうかがえます。

2. サケ増殖事業の状況

(1) 河川における親魚捕獲の状況

岩手県では、昨年同様27河川で捕獲が実施される見込みです。岩手県における11月20日までの河川

での捕獲数は14万5千尾（前年同期比60%）となっていますが、前年度を上回る河川も少数ながら認められます。

宮城県では、昨年と同様に17河川で捕獲が実施されます。なお、被災した7河川の捕獲施設でも復旧を行い、捕獲を実施する予定です。宮城県における11月10日までの捕獲数は12万1千尾（前年同期比120%）となっています。

福島県では、10河川のうち5河川のみで捕獲が実施される予定で、主要な増殖河川である木戸川や請戸川うけどがわでは捕獲が実施されません。このため、福島県における11月10日までの捕獲数は4千尾（前年同期比5%）となっています。

(2) ふ化放流の状況

岩手県内のふ化場28カ所のうち、今年度は22カ所で種苗生産や放流を実施できる見通しですが、6カ所ではふ化放流を休止する予定です。このため、今年度の放流数は最大で3億3千3百万尾と

推定され、2008年度の放流数4億4千万尾の約75%となることが見込まれています。なお、10月10日までの採卵数は1千192万粒で、前年同期比44%となっています。

宮城県内のふ化場17カ所のすべてが、今年度も放流を実施する予定です。ただし、3カ所では種苗生産を行わず、稚魚をほかのふ化場から譲り受けて

放流する計画です。この結果、生産状況などにより変動はありますが、今年度の放流数は最大で5億6千万尾と推定され、08年度の放流数6千6百万尾の75～90%となることが見込まれます。なお、11月10日までの採卵数は2千8百万粒（前年同期比98%）となっています。

福島県内のふ化場10カ所のうち

復旧中のふ化施設：水尻川ふ化場
(宮城県南三陸町第二ふ化場)

ち、今年度は5カ所で放流を実施する予定です。ただし、1カ所では種苗生産を行わず、稚魚をほかのふ化場から譲り受けて放流する計画です。今年度の放流数は最大で960万尾程度となり、09年度の放流数4千8百万尾の約20%となる見込みです。なお、採卵実績については、情報入手できませんでした。

3.まとめ

東北地方におけるサケ漁業と増殖事業は、関係者の懸命の努力により、地震発生直後に懸念された壊滅的状况から相当程度復旧が進んでいます。しかし、来遊実績が予測を下回る地域もあり、種卵確保は予断を許さない状況です

今後も東北のサケ漁業と増殖事業が順調に進み、将来の回帰に重大な支障が生じることのないよう、関係者の取り組みに加え、当センターとしても増殖事業に対する技術的な支援を続け、サケ漁業と増殖事業の復旧状況に関するモニタリングと関係者への情報提供を行い、東北水産業の復興に向けて尽力します。



Topics

福島県への調査船の派遣

福島県水産試験場の調査指導船「いわき丸」が津波により沈没したため、福島県では、これまで行ってきた資源管理型漁業の推進に必要な海洋観測や水産資源調査などに支障をきたしていました。水産総合研究センターは、福島県から水産庁を通じて出されていた調査船の派遣・協力についての要望に応え、このたび、調査船「こたか丸」を派遣、協力することとなりました。

「こたか丸」は、10月10日に福島県小名浜港に無事到着しました。福島県水産試験場では、各種調査を再開し、当センターも調査などに協力していきます。



10月10日 こたか丸が小名浜港に入港

■「こたか丸」の概要

竣工	1995年3月
総トン数	59トン
全長	30.0メートル
航海速力	12ノット



ゲノム研究最前線

水産総合研究センターの
研究の現状と戦略

細胞の中のDNAに書き込まれた遺伝情報全体をゲノムと呼びます。つまり生命の設計図です。私たちヒトの設計図は、どうなっているのか。1990年にヒトゲノム・プロジェクトが世界で開始され、つい

に2003年、ちょうどワトソン、クリック両博士のDNA二重らせん構造説明から50周年目にあたる年、約30億の塩基からなるヒトの全ゲノム配列が明らかにされました。これには13年の歳月、多くの労力と総計約2億3千万ドルの予算がすぎ込ま

れました。これが、08年には、ワトソン博士個人のゲノムがたった2カ月、100万ドルで解読されました。これには、DNA塩基配列を分析するシーケンサーと呼ばれる機械の革新的な進歩がありました。第2世代シーケンサーの登場です(図)。世界的なゲノム解読の動きが一気に拡大しています。これまでに、ヒトをはじめマウスやイネなどの動植物、さまざまな微生物のゲノムが解読されてきています。魚類では、メダカ、ゼブラフィッシュ、フグ、トゲウオ、

タイセイヨウタラで全ゲノム配列が公表されています。

*「水産ゲノム研究戦略」

水産総合研究センターがとりまとめた「水産ゲノム研究戦略」はPDFファイルで公開しています。ぜひご覧ください。



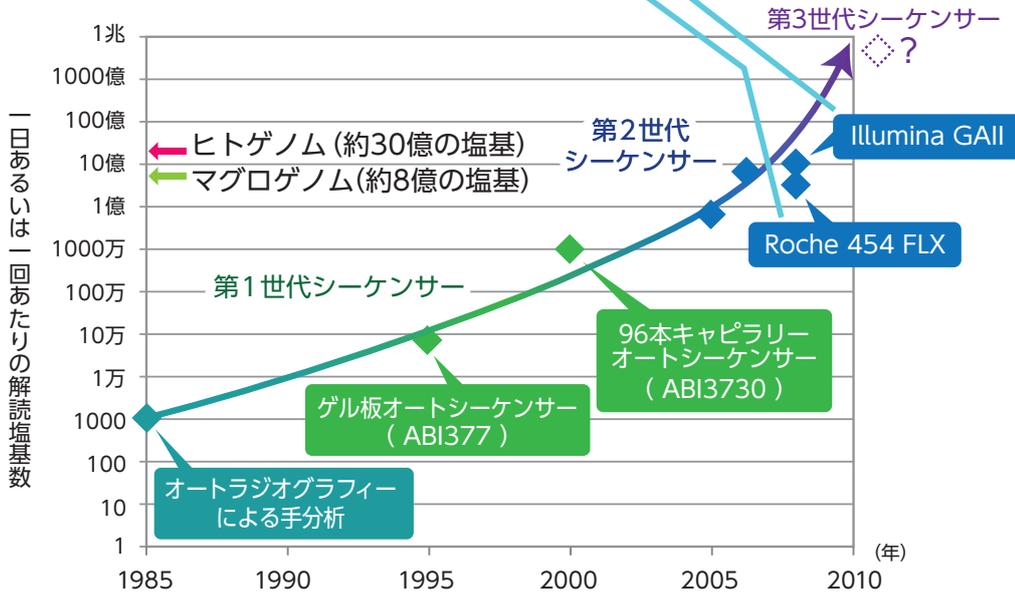
▶公開URL

<http://www.fra.affrc.go.jp/pressrelease/pr21/220331/20110228besshi1.pdf>



写真. 中央水産研究所に配備された
2台の第2世代シーケンサー

います。
その活躍の場について、もう少し具体的な例を紹介しましょう。まず、魚介類が育つ環境では、肉眼では見えない細菌やプランクトンをはじめいろいろな生物がいます。これを丸ごと全部、DNAの情報から調べています。次に魚介類。例えば、太平洋の東と西に棲んでいる同じ種類の魚が、同じ群れか違う群れかということは、資源を管理するうえで重要です。DNA上の目印（遺伝マ



ヒトゲノム計画が始まった時代と比べ、第2世代シーケンサーの登場により、解読できる塩基数は飛躍的に増加しました。マグロのゲノムは8億塩基対程度ですが、第2世代シーケンサー1回の分析でその程度あるいはそれ以上の塩基配列の情報を得ることができるようになっています。機器の進歩はめざましく、第3世代シーケンサーでは、さらに解読性能が高くなると考えられます。

図. シーケンサーの解読能力の向上

カー)を使うことによつて、群れの交流や親子の判別も可能で、すでにいろいろな魚種のマーカーを得ています。

養殖では、成長や病気への抵抗性などに関係する遺伝子を見つけて、よい魚を作るような育種へ活用が可能です。例えば、クロマグロと食用

ノリ(スサビノリ)では、すでにそのゲノム塩基配列の概要を明らかにしました。また、疾病対策では、病原体の遺伝子からワクチンの開発へ取り組んでいます。魚介類の流通では、魚介類が何という種類であるか、切り身になってもDNAから判別できます。このように、DNA情報を活用したさまざまな技術の開発が進んでいます。

当センターでは、導入された第2世代シーケンサーをフル活用しつつ、研究対象としている海洋から食卓まで、水生生物のゲノム・遺伝子の研究を進展させて、水産業の発展と水産物の安定的な供給に貢献していきます。

本特集では、ゲノム・遺伝子について解説し、その活躍の場面の中から、海洋環境、養殖技術(育種への応用例として、31ページの知的財産情報に関連記事を掲載しています)、疾病対策の最新の取り組みについて紹介します。

難易度★

遺伝子はDNAからできています

意外に思われるかもしれませんが、遺伝子とDNAは厳密には同じ意味ではありません。DNAは遺伝子の材料となる化学物質の名前であり、正式にはデオキシリボ核酸 (Deoxyribonucleic acid: DNA) と呼ばれ、細長いひものような形をしています。実際にはデオキシリボヌクレオチドと呼ばれる化学物質がいくつも連なってひものように見えているのです。

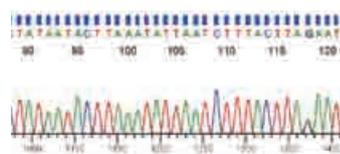
デオキシリボヌクレオチドには、アデニン、グアニン、チミン、シトシンと呼ばれる4つの種類があり、それぞれ、A、G、T、Cと表します。これらが連なる数や順番は遺伝子によって異なる



なに？ なに？



上：塩基配列を読み取る装置(シーケンサー)



下：クルマエビのDNAを読み取った結果(緑:アデニン, 黒:グアニン, 赤:チミン, 青:シトシン)

おり、それによってさまざまな遺伝子ができあがります。例えば、ヒトの唾液中の消化酵素であるアミラーゼの遺伝子では、503個のアデニン、419個のグアニン、509個のチミンと305個のシトシンからできています。また、胃で働くラクターゼの遺伝子では、それぞれ、1千536個、1千582個、1千464個、1千692個です。

難易度★★★

遺伝子の集まりをゲノムと呼びます

生き物には、たくさん遺伝子が含まれています。例えば、人では約2万2千個、大腸菌では約4千3百個と推定されています。ある生き物に含まれるすべての遺伝子をまとめて「ゲノム」と呼び、ヒトのゲノムには2万2千個の遺伝子が含まれています。

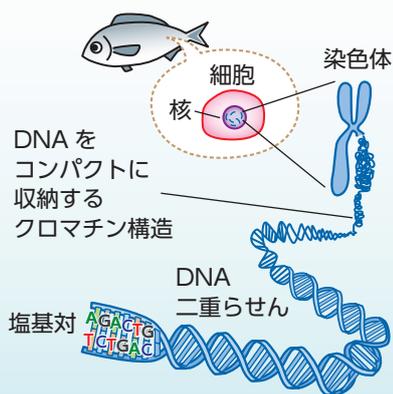
難易度★★★

一本のDNAが折りたたまれたものを染色体と呼びます

だんだんと複雑になってきましたが、生物の体の中(正確には一つの細胞の中)には、DNAが集まってできた染色体と呼ばれる物体があります。染色体は、電源のコードを束ねるように、DNAのひもが折りたたまれ、束ねられてきています。また、すべてのDNAが一つの染色体にまとめられているわけではなく、数十〜数百本に分けられています。この本数は生物によって異なる

るか、大腸菌ゲノムのサイズは460万塩基であるの用に用います。ちなみに、塩基とはここではデオキシリボヌクレオチドのことを指し、その数を表す単位にもなります。例えば、AGTCという並びの長さは4塩基と表します。

ており、例えば、ヒトであれば46本、マグロであれば48本です。



まずは言葉を知ろう！

遺伝子って ゲノムって

難易度★★★★

DNAを調べると 生物の進化の歴史が 見えてきます

塩基の並びを「塩基配列」と呼び、生物の進化の過程でゆっくりと変化しており、その違いを見ることで生物の進化を捉えることができます。例えば、ヒトとチンパンジーは進化的に近く、ゲノム全体の98%の塩基配列には違いが見られませんが、ヒトとネコではその割合は90%に下がります。最近ではDNAの分析によってクジラとカバが近い仲間であることが明らかになっています。

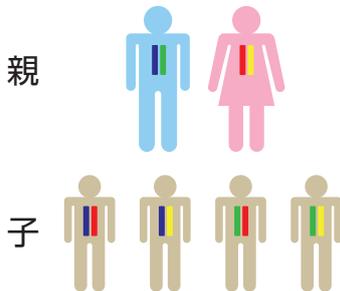
ヒト	GCTGGGCTTCCCCATCAACTTCCTCACGCTCTACGTCACCGTCCAGCACAAGAAGCTGCG...
ウシ	GCTTGGCTTCCCCATCAACTTCCTCACGCTGTACGTCACAGTCCAGCACAAGAAGCTGCG...
メダカ	GGTTGGCTTCCCCATCAACTTCCTCACTCTCTACGTCACCCCTCGAACACAAGAAGCTGCG...
トラフグ	GCTCGGCTTCCCCATCAACTTCCTCACTCTGTATGTCACCATTGAACACAAGAAGCTGCG...

ヒト、ウシ、メダカおよびトラフグのロドプシン（目の中の光に反応する物質）遺伝子のDNAの違い。灰色部分に違いが見られます。

難易度★★★★

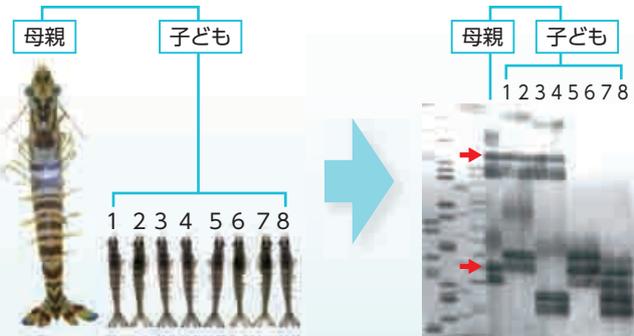
遺伝子の伝わり方には ルールがあります

遺伝子は親から子へ伝わっていく、子どもには親に似た特徴が表れます。けれども、親と子は全く同じではありません。また、同じように遺伝子を受け継いでいるはずのきょうだい同士でも、体のつくりや大きさに違いが表れます。このことは、遺伝子が伝わる仕組みに答えがあります（もちろんすべての違いが遺伝子のせいではありません）。例えば、ヒトであれば、それぞれが持つ46本の染色体のうち、23本はお母さんから、もう23本はお父さんから受け継いだものです。ですので、子どもはお母さんにも、お父さんにも似ていて、それでいて全く同じではなくなるのです。



親から子への遺伝
両親の染色体の組み合わせによって、子どもでは最大4つの異なる組み合わせが生まれます。

また、お父さん、お母さんもそれぞれ46本の染色体を持っていますので、同じきょうだいでも受け継ぐ染色体は全く同じにはなりません。例えば、お母さんの46本の染色体のうち、ある23本をお兄さんが、残りの23本を妹さんが受け継ぐ、といったようなことが起こるのです。こうした仕組みがあることで、ある生物種は短い時間にさまざまな特徴を持った個体を生み出すことができ、環境の変化を乗り越えて子孫を残してこられたのだと考えられています。個性を大切にすることは、進化のうえでも重要なかもしれません。



DNAを使ったクルマエビでの親子判別
それぞれ2種類のバンド（＝遺伝子）を持っていることが分かります。赤矢印の高さのバンドが母親から子どもに受け継がれた遺伝子を表しています。

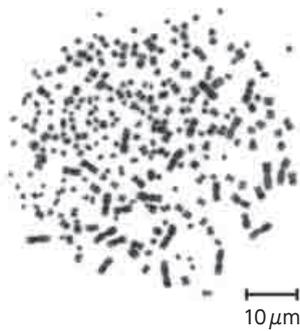
染色体を よう!!



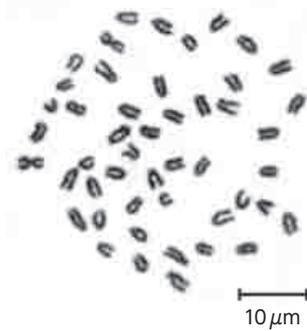
細胞が分裂するとき、核の中のDNAは少しずつ折りたたまれていき、ついには一本一本が顕微鏡でも見える太さの棒状の物体になって娘細胞むすこぶどうぶつに分配されます。この棒状に見えるものが染色体です。染色体(クロモソーム、chromosome)という名前の由来は、塩基性の色素によって染色されやすいということので、1888年、ヴァルデヤーという研究者によって名づけられました。

一般に、生物の持つ染色体の数や形、大きさは、種によって非常にバラエティーに富んでいます。このため、染色体の研究は古くから種判別などに利用されてきました。

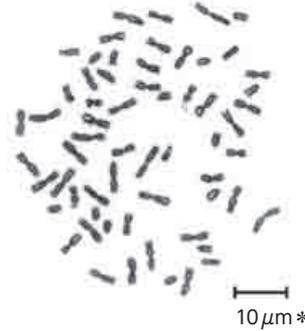
ここでは例として、ニジマス(60本、X字型の染色体が多い)、クロ



シロチョウザメ



クロマゴロ



ニジマス

写真1. 魚の染色体

マグロ(48本、V字型の染色体が多い)、シロチョウザメ(270本、小さい染色体が多い)の染色体の写真をお見せします(写真1)。どれも細

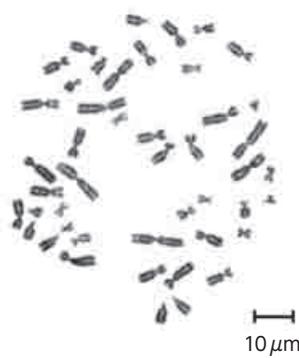


写真2. ヒトの染色体

胞1個あたりが持つ染色体ですが、その数や形などの組み合わせ(これを核型といいます)は種によって大きく違うことが分かります。ちなみに、私たちヒトは46本の染色体を持っていきます(写真2)。ヒトなどの哺乳類の染色体と比べると、魚の核型は、(1)染色体数が多い、(2)染色体のサイズが小さい、(3)似たような形の染色体から構成されている、という特徴があります。

上の写真では見分けがつかせませんが、実は魚類を含めた高等動物では、一つの細胞の中に同じ染色体が必ず一対含まれています。特殊な染色法で染色体に縞模様しま(バンド)をつけると、この対となった染色体を見つげだすことができます。これを相同染

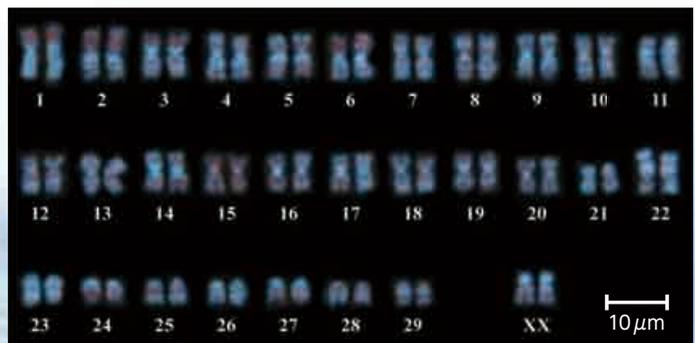


写真3. ニジマスの相同染色体を分類したもの

染色体といい、一方は父親から受け継いだ染色体、もう一方は母親から受け継いだ染色体です。どちらの染色体も基本的に同じ遺伝子を持っていることから、このように呼ばれます。

写真3はニジマスの相同染色体を分類したものです。ニジマスは60本の染色体を持っているので、30対の相同染色体があります。このうち一方の30本(1セット)は雄から受け継いだ染色体、もう一方の30本(1

* μm : マイクロメートル。1マイクロメートルは1ミリの千分の一の長さ

顕微鏡の世界を
のぞいてみると...

魚の染 見てみ

セット）は雌から受け継いだ染色体です。一般に相同染色体は、常染色体と性染色体（性別によって組み合わせが違う染色体）に大きく分けられ、次いで形や大きさの順に番号が付けられます。この個体は雌なので、1番から29番までの常染色体と、X染色体という性染色体に分類されます（雄の性染色体はX染色体とY染色体になります）。なお、前述した染色体の1セットを「ゲノム」と呼び「n」で表します。このため、ニジマスの核型は $2n \parallel 60$ と表現されます。概念上、ゲノムにはその生物が必要とするすべての遺伝情報が一とおりそろっている

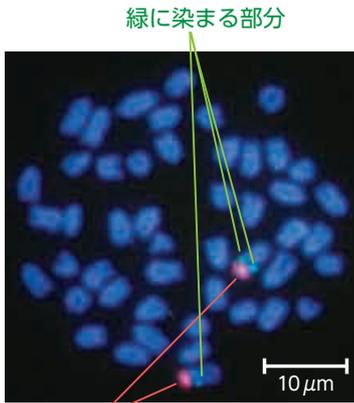


写真4. ヒラメリボゾームで調べた2種類の遺伝子

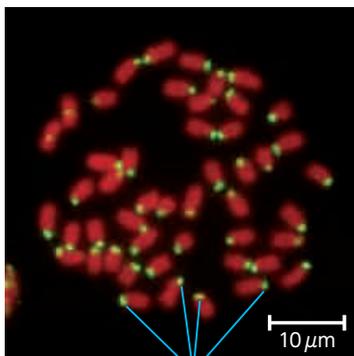


写真5. クロマガロ動原体

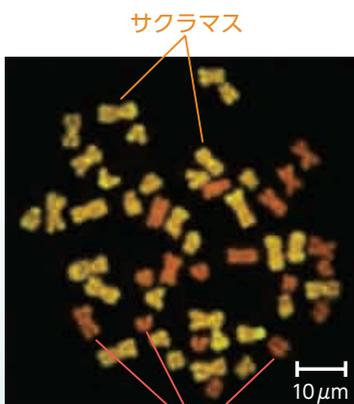


写真6. ニジマスとサクラマスの交雑種の

ので、ゲノムを構成するすべてのDNAを解読することにより、生命の仕組みを解き明かそうという研究とくに「ゲノム解析」と呼びます。最近ではインサイチュールハイブリダイゼーション法（染色体に含まれている特定のDNAを蛍光色素で染めて検出する方法）を用いて、遺伝子やDNAの染色体上の位置を調べる研究も行われています。例えば、写真4は染色体上の位置を調べた例です。この場合、一方の遺伝子を赤色に、もう一方の遺伝子を緑色に染めて検出しています。このような分析により、ヒラメではこれら2種類の遺伝子が同じ染色体（1番染色体）上に並んでいるということが分

かります。また、写真5はクロマゲロで、細胞分裂で染色体の分離に必要な働きを持つ「動原体」という特殊な線り返しDNAからできていた部位を検出したものです。緑色に染まった部分が動原体の位置を示しています。この結果から、動原体はすべての染色体に共通して必ず1カ所だけあることが分かります。写真6は、サクラマス（ $2n \parallel 66$ ）雌とニジマス（ $2n \parallel 60$ ）雄を掛け合わせた雑種が持っている異種の染色体を染め分けたものです。サクラマス由来の染色体を黄色に、ニジマス由来の染色体をオレンジ色に染めて検出しています。これにより、雑種が両親（種）から染色体をどのように受

け継いでいるのかを調べることができきます。この雑種の場合は、理論上、雌親のサクラマスから33本、雄親のニジマスから30本の染色体を受け継ぐはずですが、受精後に一部の染色体を失った結果、ニジマス由来の染色体（オレンジ色）を18本しか持っていないことが分かります（このためふ化前に死んでしまいます）。以上のように、染色体の研究からは、DNAの分析だけでは分からないような情報、とくに遺伝子やDNA配列の位置を調べることができません。このような取り組みを通して、現在、水産総合研究センターではクロマゲロで遺伝子の地図を作ろうと努力しています。

ノリのゲノム情報解析が進展

新たに、高水温耐性に 関連する遺伝子を発見

ノリ養殖業でもっともよく栽培されている紅藻類の海藻「スサビノリ」（写真1）は北方系の種類なので、高水温に弱いという性質があります。そのため、近年の高水温により秋の漁期の開始が遅れる傾向にあり、とくに2007年には1カ月も遅れるなどの問題が発生したため、環境変化に対応したノリ優良品種の作出が求められています。また、スサビノリが、高温に対して生理的にどのように反応するのかは明らかではありませんでした。

水産総合研究センターでは、日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社、日本ソフトウェアアマネジメント株式会社と共同で、これまでに



葉体の長さは、野生種は20センチ程度ですが、養殖種は1メートルになることもあります。幅は数センチから十数センチ、厚さは数十マイクロメートル程度です。

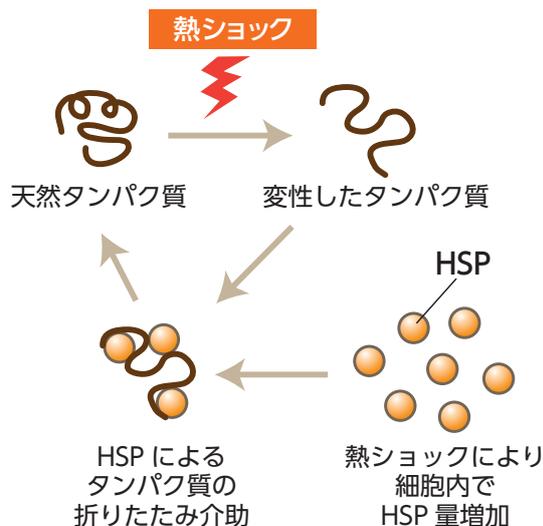
写真1. スサビノリ

ノリ養殖業の主要対象種であるスサビノリの全ゲノム塩基配列の概要を解説し、その情報を研究に活用しています。このたび、高水温に対するスサビノリの生理的な反応を分子レベルで調べたところ、ノリが高水温

* 1

熱ショックタンパク質 (HSP: Heat-Shock Protein)

生物が高温などのストレスにさらされたとき、量が増えて熱によるタンパク質の変性を抑えたり、壊れたタンパク質を修復したりする働きのあるタンパク質。さまざまな種類があり、分子量（炭素原子の重さを12としたときの各分子の比較的な重さのこと。タンパク質は炭素、水素、酸素、チッ素、イオウの原子から作られている）によって分類されています。例えば分子量が約7万のHSPはHSP70、約2万のHSPはHSP20と呼ばれています。高等植物では、HSP100やHSP20が高水温耐性に大きな役割を持っていることが知られています。



熱ショックタンパク質 (HSP) の働きの概念図



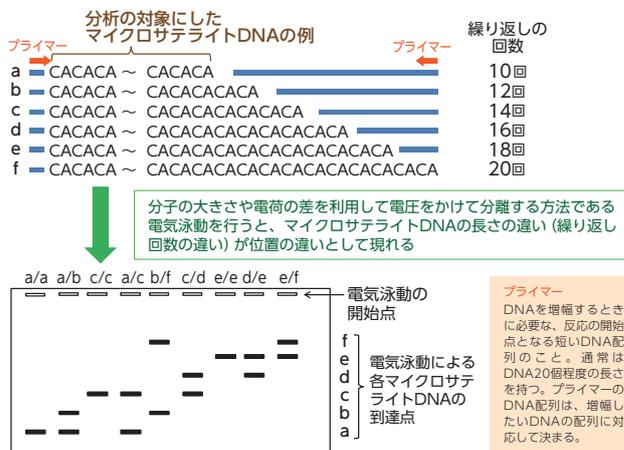
にさらされた時に生体を守るために働くと考えられる熱ショックタンパク質（*1）遺伝子を3つ発見しました。さらに、ノリ遺伝子全体の中から、外見では全く見分けがつかないノリ製品を識別するための目印となるマイクロサテライトDNA（*2）マーカー候補も多数取得することができました。

これらの熱ショックタンパク質遺伝子がノリに存在することが明らかになったことから、今後、これらの遺伝子の働きをさらに調べることで、より、高温耐性のメカニズム解明や、高温耐性を持つ新たな優良品種の作出に役立てることができそうです。また、作り出した優良品種の国内における育成者権を保護するためにも、製品でノリ品種を識別するDNAマーカーを役立てることができそうです。

* 2

マイクロサテライト DNA

全遺伝子を構成するDNAの中で2つから5つのDNAの単純な繰り返しとなっている部分。繰り返し回数や種類が多いため、個体識別や集団構造解析などの有用な目印として用いられています。また、有用な遺伝子の染色体上の位置情報を取得するためにも利用されています。



左図はCA（シトシンとアデニン）の繰り返しからなるCAリピートの例で、この場合の繰り返し数は10～20回です。電気泳動を行うと、マイクロサテライトDNAの長さの違い（繰り返し回数の違い）が位置の違いとして現れます。この違いにより、個体や品種、種の違いを区別することが可能となります。横軸は、分析した9個体が持っている、分析の対象にしたマイクロサテライトDNAの種類（a/a、a/bなど）を表しています。縦軸は、マイクロサテライトDNAの電気泳動の開始点からの移動距離を表していて、短いマイクロサテライトDNA（繰り返し回数が少ない）ほど長い距離（下側）に移動します。

ゲノム上に存在するマイクロサテライトDNAの例

魚類養殖の生産性向上に有効な遺伝子を特定

筋肉量が約2倍になる品種開発が可能に

家畜では長い年月をかけた伝統的な選抜育種によって高産肉性（肉が多くとれる性質）、高成長などの品種改良が進んでいます。家畜に比べて育種の歴史が短い魚類では、優良品種の開発がほとんど進んでいません

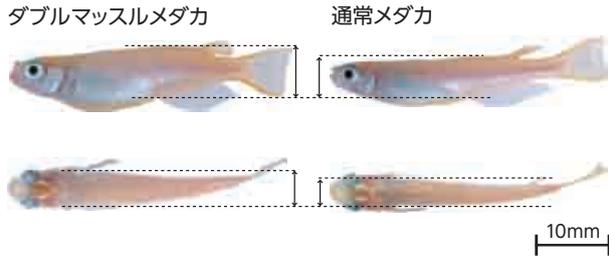
ん。一個体が大量の種を作る農作物では、紫外線、放射線や化学物質を用いて自然には低い頻度でしか起こらない突然変異を、より高頻度で起こさせて優良な品種の選抜を行う突然変異育種法によって数多くの品種が作出されています。この突然変異育種法を、水産総合研究センターは、世界に先駆けて、魚類の優良品種の開発に応用する研究を行ってきました。

子を調べたところ、高産肉性のウシの品種として知られている「ダブルマッスルウシ（*2）」と全く同じように、ミオスタチン遺伝子に一部分が変異している遺伝子を持つメダカを発見しました。このメダカの筋肉量は、通常のメダカに比べて、体長あたりの筋肉量（可食部位量）が1.5〜2倍多いことを確認しました。

今回の成果から、ミオスタチン遺伝子の変異は、魚でもウシと同様に筋肉量を増大させることが明らかとなりました。また、農作物に用いられる突然変異育種法を利用して、魚類でも高産肉性品種を含むさまざまな優良品種が開発できることが示されました。

当センターと慶應義塾大学の研究グループは、突然変異を人為的に起こさせて、さまざまな遺伝子を持つメダカを作り出しました。これらのメダカについて、筋肉量の調整に関わるミオスタチン（*1）遺伝子

これらの手法により、長い時間がかかる選抜育種を効率的に行うことができるようになります。



ダブルマッスルメダカ（左側）と通常メダカ（右側）ともに同週齢（ふ化後18週目）の雄ですが、ダブルマッスルメダカは、通常メダカより体高、体幅が増加し、全身の筋肉量が多くなっています。

写真. ダブルマッスルメダカ（左側）と通常メダカ（右側）



図. 生産性向上の模式図

ゲノム情報を利用した 新しい水産用ワクチンの開発

水産用ワクチンの普及

私たちの血液中には抗体と呼ばれるタンパク質があります。抗体は病原体に強く結合し、病原体を無毒化します。予防接種や感染により病原体やその成分が体内に入ると、私たちの体はそれを記憶し、以後は抗体が効率よく産生されるようになります。

す。この現象は「免疫がついた」などと表現されます。つまり、病原体による感染症を起こしにくくなります。毒性を無くした病原体などを私たちがワクチンとして接種するのはこのためです。魚類でもワクチンを接種することで感染症を予防できることが分かっています。

水産用ワクチンは、サケ科魚類のレッドマウス病(*1)の病原体である *Yersinia ruckeri* に対するものが1976年に世界で初めて実用化されました。以来、魚類に対するワクチン研究が世界中で積極的に行われています。日本でも、これまでに6種類の魚類病原体に対するワクチンが承認・販売されるまでに至りま

*1 ミオスタチン…筋肉細胞の増殖分化に重要な役割を持ち、筋肉が多くなるように抑制する働きがあります。この遺伝子が損なわれると筋肉量が増大することが知られています。

*2 ダブルマッスルウシ…優れた産肉特性を持っていてウシで、ピエモンテ種などがあり、脂肪が

少なく軟らかい肉を生産することから、ヨーロッパでは高く評価されています。このダブルマッスルウシは、ミオスタチン遺伝子に欠損があることが明らかにされています。近年、日本の和牛でも、ミオスタチン欠損個体が選抜育種により作出されています。

低価格で



てっさ 一皿

品種改良



*1 レッドマウス病…病原細菌 *Yersinia ruckeri* がサケ科魚類に感染することで発生する病気です。1950年代にアメリカの養殖ニジマスに発生し、北アメリカのロッキーマウンテン地方病とされています。60年にはオーストラリアでも発生が確認され、70年代後半にはヨーロッパにも広がりました。本菌は病原性が高く、感染した魚は動作が緩慢になり、体色の黒化や口部周辺の発赤などの外観症状を示します。

した。これらのワクチンの普及により、年間200億円の感染症被害額が100億円まで軽減されました。同時に、抗菌剤などの水産用医薬品の使用量も大幅に減少し、食品としての安全性の確保、環境への負荷や経費の軽減といった副次的な効果もたらされました。今後も水産用ワクチンはますます使用されるようになるでしょう。

水産用ワクチンの問題点

日本の水産養殖場では、ウイルス性、細菌性、真菌性および寄生虫性の感染症を合わせると、実に50種類以上の病原体により被害が発生しています。それに対し、国内では、いまだ6種類の魚類病原体に対するワクチンが開発されているだけです。その理由の一つとして、魚類病原体を含めた海洋微生物の多くが培養困難（難培養性）であることが挙げられます。日本で承認されているすべての水

産用ワクチンは、大量に培養した病原体を殺して利用する不活化ワクチンです。ゆえに、いまだ多くの難培養性魚類病原体に対してワクチンが開発できずにいます。

ブリの細菌性溶血性黄疸

難培養な魚類病原細菌が引き起こす感染症に、ブリの細菌性溶血性黄疸があります（写真1、2）。この感染症は1980年代から養殖ブリに発生し、西日本一帯に広く見られるようになりました。出荷直前の大型魚で発病が顕著なため、経済的損失が大きく（2007年推定被害額



写真1. 黄疸菌の電子顕微鏡写真
(スケールは2.0マイクロメートル)



写真2. 病魚
ひ臓（赤色の矢印）の腫大や溶血によるエラ（黄色の矢印）の退色が観察される

約4億円以上）、ノカルジア症、レンサ球菌症、類結節症と並び、ブリ養殖の最重要疾病となっています。これら細菌性疾病のうち、レンサ球菌症と類結節症についてはすでに効果の高いワクチンが市販されています。ノカルジア症についても大学や製薬メーカーによってワクチン開発が進められています。

一方、ブリ細菌性溶血性黄疸原因菌については、これまで多くの研究

者が培養法の改良を試みてきましたが、高価な培地を用いても極少量しか培養できず、不活化ワクチンの開発に手がつけられずにいました。

ゲノム解析技術の進歩とリバーズワクチノロジー

近年のゲノム解析技術の進歩によって、細菌の全ゲノム解読が短期間に行えるようになりました。これまでに1千5百を超える菌株の全ゲノム配列が解析され、アメリカ国立生物工学情報センターのデータベース上で閲覧することができま

す。細菌のゲノム上に存在する遺伝子の予測や遺伝子がDNAの塩基配列として暗号化しているタンパク質の性質を予測するプログラムも開発されており、細菌ゲノム情報の医学分野への応用が期待されています。

その一つに、リバーズワクチノロジー（Reverse Vaccinology）があります。リバーズワクチノロジーとは、病原体を構成する成分のうち、ワクチン効果に関わる成分（例えば、

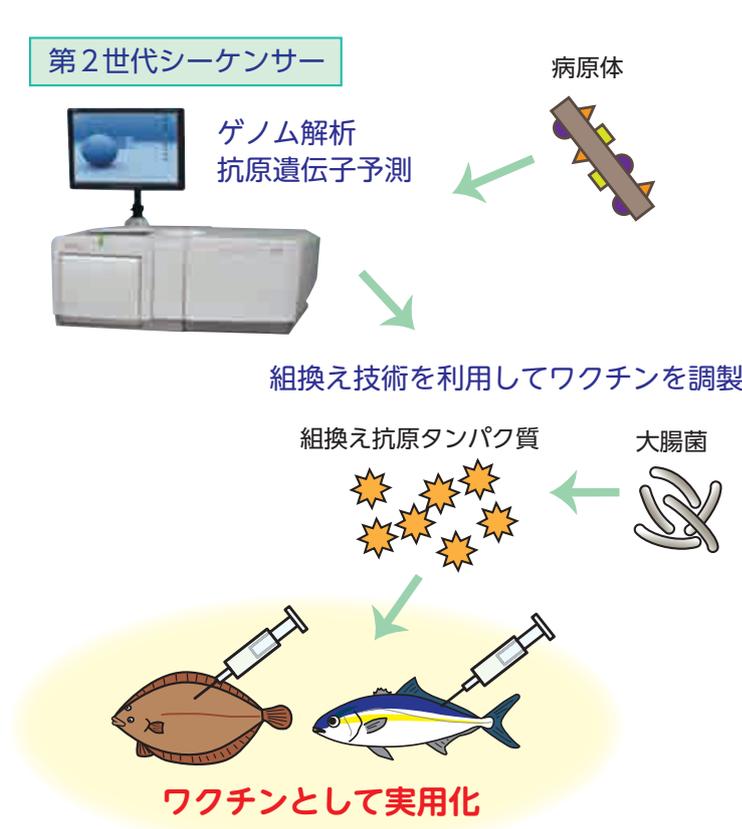


図1. リバースワクチノロジーによるワクチン開発

宿主の抗体で認識されやすいタンパク質(質)をゲノム情報などから予測し、その成分を組換え技術を利用して合成することでワクチンを効率的に開発するという概念です。これを水産用ワクチン開発に応用できれば、ブ

チンが開発できるのです(図1)。
**ブリ細菌性溶血性
 黄疸ワクチン開発に挑戦**
 平成22年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業の「遺伝子情報を利用した難培養性病原体に対するワクチン技術の開発」で、

水産総合研究センターを中核機関とし、東京海洋大学および大分県農林水産研究指導センター水産研究部の協力を得て、ブリ細菌性溶血性黄疸のワクチン開発が本格的に始動しました。

これまでに、第2世代シーケンサーを利用して、本病原細菌のドラフトゲノム解析(ゲノム配列の概要の解読)に成功し、2.0 Mbp(*2)程度のゲノムを持つことや、ゲノム上には1千5百個以上の遺伝子が存在することを明らかにしました。同時にワクチンとなり得るタンパク質を作り出す遺伝子の予測を行い、数百個の候補遺伝子を選抜することができました。現在は、大腸菌を利用して候補遺伝子から組換えタンパク質を調製し、ワクチン効果を確認するための試験を進めています。

この事業を期に、水産用ワクチン開発技術が向上し、より多くの魚類病原体に対するワクチンが開発できるようにになると期待されています。



ワクチンの投与

*2 b p : 病塩基対(base pair)の単位。塩基にはアデニン(A:adenine)、シトシン(C:cytosine)、グアニン(G:guanine)、チミン(T:thymine)の4種類があり、その水素結合の数の違いから、AとT、GとCが結合してペアを作っています。このペアのことを塩基対といい、DNAの長さ(遺伝子のサイズ)を表す単位として使われています。1 Mbpは百万塩基対をあらわします。

海洋環境へのゲノム研究の応用例

メタゲノム解析の将来展望

地球と同等かそれ以上の高度な文明を持つ宇宙人が、地球を発見し、初めて地球を見た時に、「青くてなんて美しい星だ、この惑星にはどのような生命体が存在するのか？」という疑問を抱くと思います。地球表面の約7割が海洋でおおわれています。



す。もし宇宙人がいたとしたら、地球の海洋には、どのような生命体があるのか（何種類）いるのか調べたいといへん興味を持つと思います。2008年から11年にかけて相次いで商品化された第2世代シーケンサー（生物の持つゲノム情報、塩基配列を読む機械）の登場により、生命科学とバイオ産業に大きな変革が起きています。第2世代と呼ばれるシーケンサーは、従来型シーケンサーの数十〜数百倍の性能を發揮します。このようなシーケンス革命の到来により、大量に得られるゲノム情報をフル活用した新しい技術を用いれば、海洋に何種類の生物がいるのかに対する解答が、それほど難しくなく得られるようになってきました（図1）。

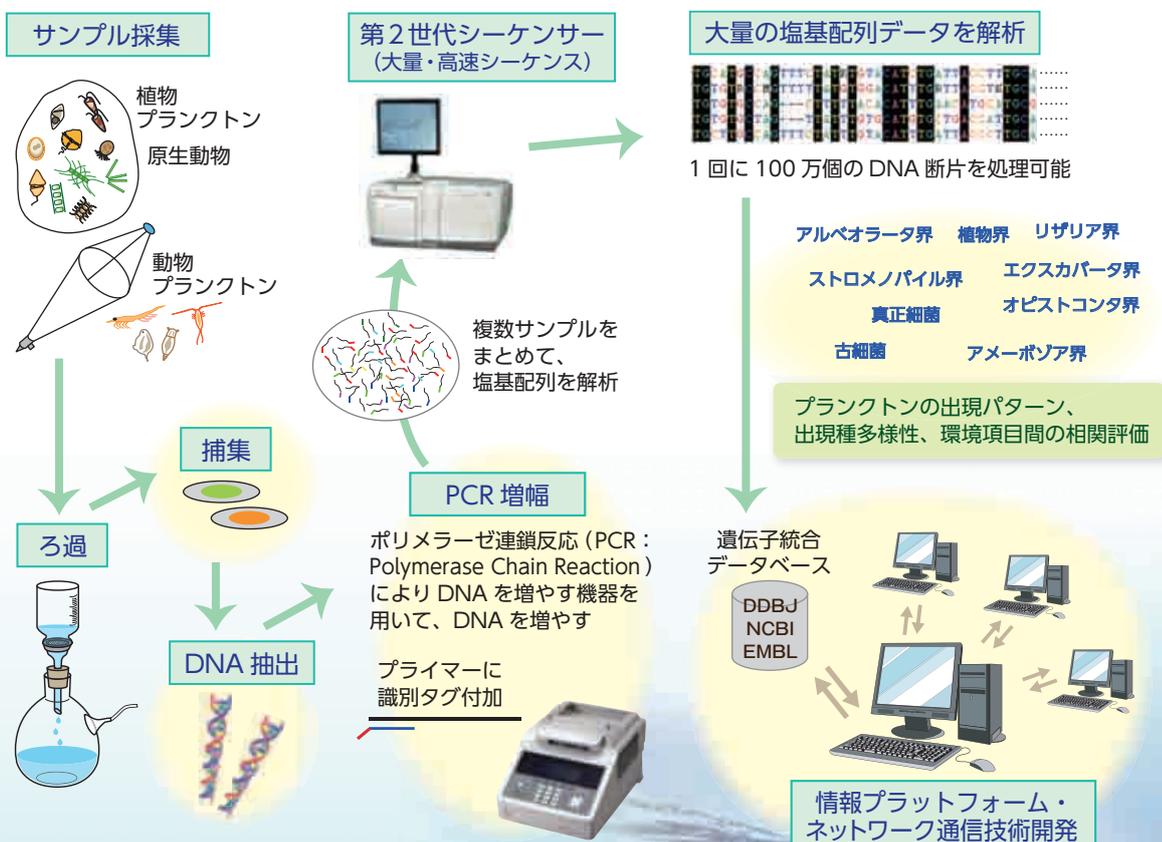
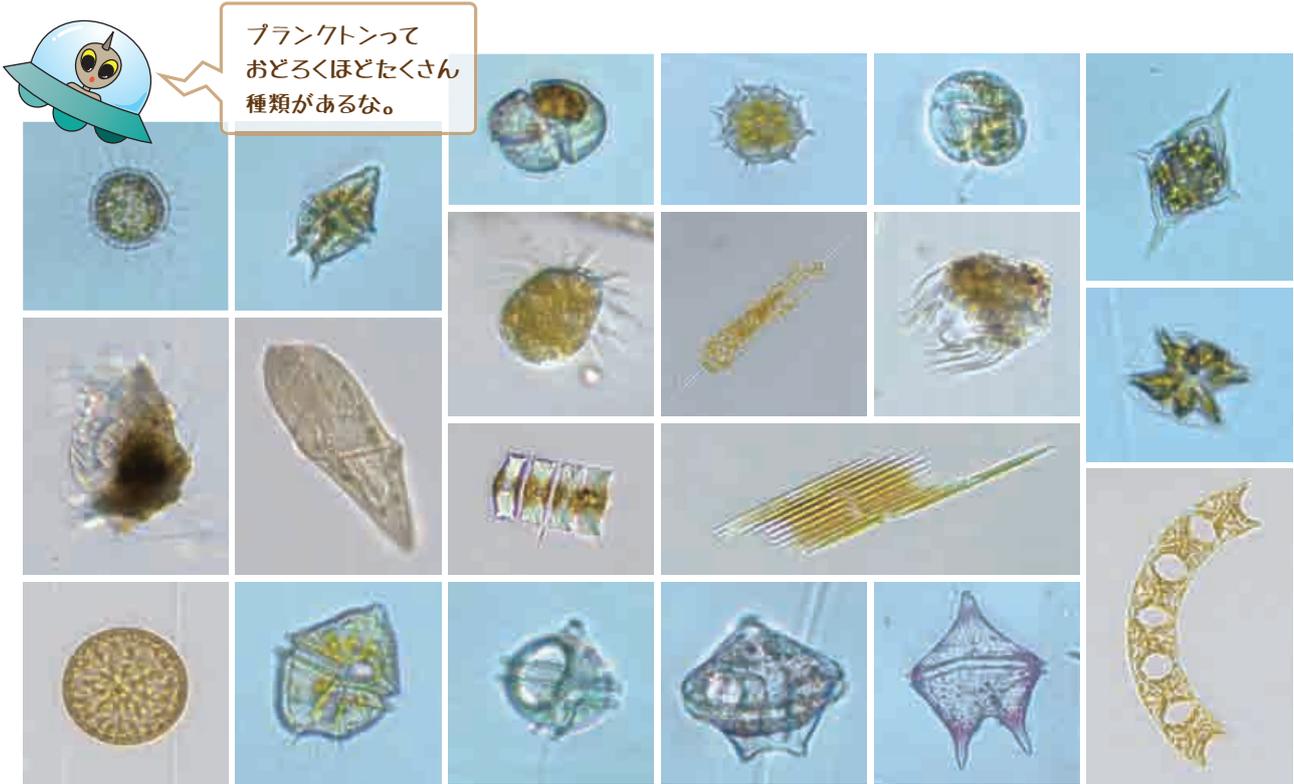


図1. プランクトンメタゲノム解析手法の概念図



プランクトンって
おどろくほどたくさん
種類があるな。

図2. 日本沿岸に出現するプランクトン

測定機器の進歩により、これまで培養が困難であった微生物や植物プランクトンについても、これらから抽出したDNAの塩基配列を直接決定することが可能となりました。このように、天然環境サンプルから直接回収された遺伝子群について解析する手法をメタゲノム（*1）解析とよびます。第2世代シーケンサーの活用により、海水中に出現する動物プランクトンの大部分の検出が可能となりました。手法を用いて、環境中の生物の集団をまとめて解析して、生物から見た海域の特徴などの比較を行いました。

海洋に出現する プランクトンの種類数と モニタリングの実情

最近の研究で、例えば藻類はおよそ11の植物門に分類されています。

細胞の形態情報（かたち）、葉緑体の組成と構造、生活史、遺伝子配列などが、分類の基準となっています。比較的大型（2千〜5百マイクロメートル）の植物プランクトンでは、ゲノム情報を登録したデータベースは充実してきましたが、採集した地点などの詳しい情報が登録されておらず、10マイクロメートルより小型の超微細種の情報になると、何種類いるのかいまだに不明です。少し、顕微鏡で観察するだけでもたくさんの種類がいることが分かります（図2）。

また、動物プランクトン・無脊椎動物群（貝類、ゴカイなど）は、植物プランクトン同様、さわめて多様な動物群を含み、分布域、生活史などの生態も多様性に富んでいて、数万種数の存在が推定されています。動物プランクトンに特化したデータベースもあり、形態情報とゲノムの

*1 メタゲノム…メタ(meta)とは、「高次の」という意味のギリシャ語で、「遺伝情報全体」を意味する「ゲノム」という

言葉に、「高次」を表す接頭語「メタ」を付けて、10年ほど前に命名されました。

生物群	門数	綱数	属・種数	配列数	不明配列数	検出成功率	相同性(%)*				総配列数
							最小値	最大値	平均値	標準偏差	
藻類	9	28	492	606	113	81.2	83.7	100	97.3	3.1	13,750
纖毛虫	1	5	39	51	13	76.5	90.3	100	97.2	3.1	1,439
原生生物	-	-	99	150	51	66.0	85.1	100	95.5	4.0	2,079
動物	16	31	167	167	0	100.0	86.6	100	97.5	2.4	2,014
菌類	-	-	45	62	17	72.6	84.9	100	97.8	2.9	117
不明	-	-	0	522	522	0.0	84.3	100	96.9	3.1	13,902
生物群全体			842	1,558	716	54.0	83.7	100	97.0	3.1	33,301

見つかった異なる配列

* 第2世代シーケンサーによる解析で得られた各配列を遺伝子データベース上で検索し、最も類似した配列とその相同性を比較した場合の最小値、最大値、平均値および標準偏差を示す。

地球人も高度な文明を持ち、技術革新が日進月歩だ！



現種の記録と出現種の解析を行うことで、全出

表1. 広島湾におけるプランクトンメタゲノム解析結果の概略(予備的検討の結果)

第2世代シーケンサーによる プランクトン出現種の 分子モニタリング

すべての海洋プランクトンの染色
体上にDNAの塩基配列として暗号
化されている共通の遺伝子領
域について遺伝子増幅を
行い、第2世代シーケ
ンサーを用いた配列解

情報の総合化をめざした取り組みが
行われています。
都道府県の海洋・水質調査をして
いる研究機関では、1970年代前
半から、浅海定線調査事業などを利
用して日本沿岸の環境モニタリング
を実施しており、その中で、動植物
プランクトンのモニタリングを行っ
てきました。動植物プランクトンの
データは蓄積されてきたのですが、
優占種の情報がほとんどであり、希
少種や微細な植物プランクトンの情
報はほとんどない状況にあります。

ツリガネムシ、ラップムシなどの
纖毛虫では1門5綱39個の配列で属
名・種名の判別が可能であり、アメー
バなどの原生生物門では150個の
異なる配列が検出されたうち、99個
で属名・種名の判定が可能でした。
動物界(海産無脊椎動物+魚類)では、
167個の異なる配列が検出され、

多様性の比較をしてみました
(表1)。2009年に
広島湾から表層海水を5回
採集し、海水中各250ミ
リリットルに出現したプラ
ンクトン種の約3万個(総
配列数・3万3千301
個)の配列について調べ
てみました。その結果、
1千558個の異なる配列
が検出され、植物プラン
クトンと海藻については、
606個の異なる配列のう
ち、492個について9門
28綱に分類される生物群で
属名・種名を判別すること
ができました(表1)。

奇妙な生命体がたくさんいるな！



驚いたことに、海綿、クラゲ、ホヤ、
貝類、ゴカイなど多数の動物門など
に属する種が検出され、すべての配
列で属名・種名の判定が可能でした。
一方で、不明な生物群(菌類
の下段)としてどの生物門にも属
さない522個の異なる配列が検
出され(不明な生物群の総配列

さまざまな生物門に属する海産無脊椎動物

数・1万3千902個)、配列数(1千558個)の34%、全総配列数(3万3千301個)のうちの42%に及びました。

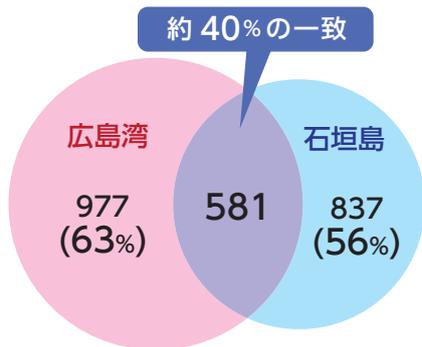
しかし、広島湾で、今回、遺伝子データベースでの未登録の真核生物(細胞で核膜に包まれた核を持つ生物群。細菌類と藍藻類を除く大多数の生物がこれに含まれる)として検出された配列のほとんどが登録済みの配列か、それにごく近縁の種であり、遺伝子データベースでの検索の結果、第1位を示した配列の相同性の平均値は96~97%を示しました。この結果は、これまで種や属の記載がなされていない生物群が多数存在すること、また、今回得られた配列と同一種か、少なくとも近縁種の配列登録があることを示しています。

第2世代シーケンサーによる モニタリングのこれから

海洋に生存・分布する多種多様な生物群のすべての種について、その形態的な特徴と遺伝情報を記載する

ことは不可能なことです。従って、今後、これら未登録の真核生物がどのような生物群と近縁であるか類別して整理するような、新たな解析技術の開発や記載方法の検討を行うことで、これらの配列を今後の生物多様性の解析に有効利用する必要があると考えています。今回、1リットル程度の海水から約1千500個(種)もの遺伝子を検出する技術開発に成功しました。また、多数の有害・有毒プランクトンだけではなく、汚染指標となる動物群も多数検出されました。

本手法を用いると、海域の富栄養化の程度や底質の汚染度の比較もおそらく可能であり、外来種・侵入種の鋭敏な検出にも有効な手法であると思います。出現する生物群の特徴から、その海域の環境評価が可能です。また、動植物プランクトン、原生動物の分布域の把握や



BLAST 検索というプログラムにより、最も類似性(相同性)の高い値を示した塩基配列(平均95%以上)について、国際塩基配列データベースへの登録データから生物種名を決定し、その登録番号について、広島湾と石垣島で同じものが含まれているのかを比較しました。

図3. 広島湾・石垣島サンプル間の多様性比較

異なる生態系における生物多様性の差もこれまで以上に、明瞭に示すことができると予想しています。例えば、魚類などの餌場・産卵場となる藻場、貝類の繁殖に必要な干潟域、砂浜における細かい砂と砂に挟まれた海水空間、サンゴ礁域、深海域、太平洋上に位置する小笠原諸島、北は北海道から南は石垣島、親潮や黒潮の流軸域、あるいは汚染の進行した海底泥とそうでない海底泥など、例を挙げだしたら、比較した環境はとてたくさんあるのです。

石垣島で広島湾と同様に調査・解析した結果から、両海域の多様性を比較しました。約40%で一致が見られたものの、出現種にかなりの差があることを見いだしました(図3)。

このように、本解析は、海洋生物の分子モニタリング(*2)手法として最もパワフルな手法の一つであり、海洋に分布するほとんどすべての生物を検出・記録することが可能です。また、出現種の検出だけではなく、定量性(出現密度の算出)を加味することで、新たな海洋プランクトンのモニタリング手法としての活用が期待されます。近い将来、多くの試験研究機関などでの動植物プランクトンの出現モニタリングにも活用できるよう、技術開発を継続したいと考えています。

*2 分子モニタリング…DNAなどの分子の手がかりとして生物の種類やその数を調べること。



うま
これが旨い!

冬に脂がのる旬のクロダイ シンプルな塩焼きを香味オイルでアレンジ



クロダイ

クロダイはスズキ目タイ科クロダイ属に分類

され、北海道南部以南の日本と朝鮮半島、台湾、中国中南部の東アジアの沿岸域に分布し、琉球列島には生息していません。

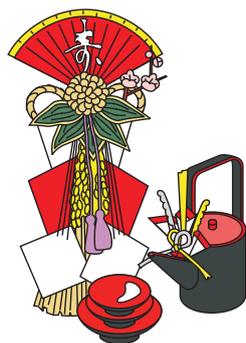
環境への適応力が強い魚で、水温が3〜30℃の広範囲の水温に耐え、淡水に近い塩分濃度の低い海水でも生息可能です。濁りにも強いことから沿岸の水深50メートル以浅の内湾や岩礁域に多く生息しています。また、雄から雌に性転換をすることが知られていて、全長25センチ程度までの1〜3歳までは雄で、その後雌になります。産卵期は春から初夏です。雑食で、小魚やエビカニ類、貝類、海藻などなんでも食べます。

クロダイは大きくなると全長

50〜60センチ以上になり、おおむね全長30センチまでのサイズがよく漁獲され、流通しています。漁獲量は全国で4千トン前後です。漁獲量第1位は広島県です。近年では広島湾などで増え、アサリや養殖ノリの食害の被害などが報告されています。

クロダイはおいしい魚で、白身で旨味うまみがあることからさまざままな料理に使えます。刺し身や塩焼き、潮汁しほじゆのみならず、油との相性も良く、ムニエルなども人気があります。広島では「チ又飯」と呼ばれる炊き込みご飯が最高で、ほかのタイの炊き込みご飯よりもご飯に粘りが出てダシもよくしみてうまいごはんです。岡山の「かけ飯」という煮ほべした身をクロダイのダシで煮た野菜と一緒にご飯にぶっかけで食すものも最高です。しかし、クロダイはなんでも食べ

るので少し磯臭い場合があります、市場ではあまり人気がなく、一般的に安い魚です。そのため、料理の工夫次第でいろいろ楽しめます。お徳な魚とも言えます。また、冬から春にかけて越冬するため、蓄積された脂がのったクロダイは格別で、まさに旬です。今回は、クロダイの旬のおいしさがストレートに分かるように、シンプルに塩焼きにして、香味野菜やハーブの香りを移した香味オイルを使ったスペシャルな逸品を紹介します。簡単で香りよく、おいしいクロダイの香味焼きを楽しんでください。





あんじいレシピ

クロダイの塩焼き香味オイル掛け



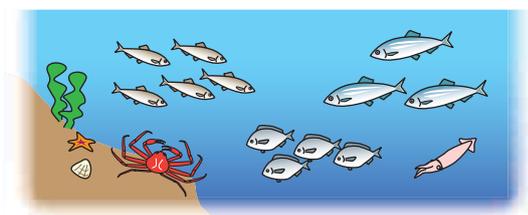
材料(4人分)

- クロダイ 大1尾あるいは中2尾
- ニンニク 1かけ
- ショウガ 1かけ
- 万能ネギ 1本
- ローズマリー 適宜
(5~6センチ程度)
- ミニトマト 適宜
(一箱:8個程度)
- 生バジル 適宜
- 柑橘類 適宜
- 天然塩(化粧塩も) 適宜
- バジル粉末 適宜
- オリーブオイル 適宜
(香味オイル:大さじ5杯、
ミニトマト焼き用は適宜)

作り方

1. 薬味のニンニク、ショウガをスライスし、万能ネギは5センチ程度に切りそろえておく。
2. クロダイはウロコと内臓を取り、水道水でよく洗ったら水気を取る。オリーブオイルがしみやすいように身に切れ目を入れ、天然塩とバジル粉末を適宜振りかける。焼いたときにヒレがこげないように、化粧塩としてヒレには多めの塩をすりつけておく。
3. 下処理のすんだクロダイは魚焼きグリルなどで皮がカリッとなるまで焼き、皿に盛りつける。
4. クロダイを焼いている間に、フライパンでオリーブオイルを熱し、「1」を少し焼き目が付くぐらいに焼いて取り出す。ミニトマトも軽く焼いて、盛り皿にトッピングする。同じフライパンでローズマリーを軽く熱し、香りをオリーブオイルに移す。
5. 盛りつけたクロダイの上に、「4」の香味オイルを回しかけ、生バジル、焼き目が付いたニンニク、ショウガ、万能ネギを盛ればできあがり。好みで柑橘類をそえて。

できたての熱々が一番。ほどよく焼けた皮目のざくつとした食感と、ほっくりしっとりとした脂ののった身を楽しめます。香味オイルに浸し、一口食べて目を閉じれば、“豊かな海”の風景が脳裏に広がります。



ワムシの入手と利用タイプの現状

シオミズツボワムシ（以下、ワムシ）は、種苗生産機関で海産魚のふ化仔魚が最初に食べる動物プランクトンとして利用されています。



写真. 国内の種苗生産機関で利用されているワムシの3タイプ
超小型タイプがSS型、小型タイプがS型、大型タイプがL型と総称されている

①ワムシの周年維持培養の有無
周年維持培養は、小規模でも労力と経費を要することやワムシの輸送技術が発達したことにより、実施機関が減少しています。周年維持培養の「無し」が06年度は46%、今回が49・3%とやや増え、ほぼ半数の機関で周年維持培養していないことが分

②周年維持培養を行っていない機関のワムシの入手先
最も利用されている入手先は「水産総合研究センター」で、06年度が60・0%、今回が54・6%と共に半数以上を占めていました（図2）。

③各機関で主に利用しているワムシのタイプ
「S型のみ（SS型を含む）」が06年度は48・0%、今回が53・7%と増えました（図3）。近年始まったハタ類やカワハギなどの種苗生産に不可欠なSS型ワムシの需要が増加したためと推測されます。

今回の調査結果から、小型ワムシの重要性が再認識され、また、種苗の飼育環境も多様化していることから、これらの飼育環境に最適な小型のワムシ株の選定や、その安定的な量産化に向けた研究開発をより深化させる必要があります。

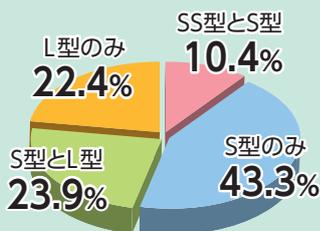


図3. 調査対象機関で主に利用しているワムシのタイプ
(調査機関数：67機関)

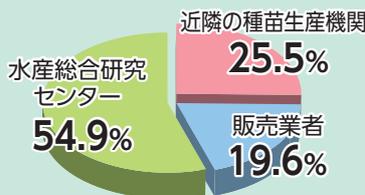


図2. 元種培養を行っていない33機関のワムシ株の入手先
(調査ワムシ数：51株)

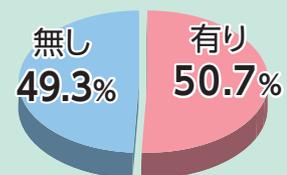


図1. ワムシの周年維持培養の有無
(調査機関数：67機関)

水産生物遺伝資源保存事業(ジーンバンク事業)



図1. ジーンバンク事業の構成

3つのサブバンクをそれぞれの機関が分担しています。センターバンクは各サブバンク情報の取りまとめや、有償配布の窓口をしています

ジーンバンク事業は下記ウェブサイトよりご覧いただけます。

▶ URL : <http://nria.fra.affrc.go.jp/bank/index.html>

ジーンバンク事業は、「産業への利用および研究素材としての活用」を目標として2001年度から行われており、11年度からは、多くの海産魚類の種苗生産に必須の生物餌料であるワムシ類も加え、新たに体制を整えました(図1)。

この事業では、保存している株の特性を調査し、産業や研究に有効利用できると思われる株について、有償(手数料)で配布しています。過去5年間の実績では、148株(1年間に約30株)の配布がありました。今年度は、9月末までに50件を超える有償配布の申し込みがありました。

配布先は、公的種苗生産機関のほか、養殖業を営む民間企業や水産・生物分野の大学など研究機関もあり、事業で保有している株の利用価値がしだいに認められてきていると考えています。

保存している株に求められる第一の要望は、増殖力を保持し、再生産が容易で、いわゆる「元種」として養殖産業に実用化できることです。そのためには、常に再生能力を評価することが大切で、例えば、生物餌料サブバンクでは、定期的に増殖試験を行い、高密度に増殖する株を選抜し、高密度に培養したサンプルを配布しています(図2)。

■ワムシの場合



大きさが異なるワムシ株

■植物プランクトンの場合



高水温に耐性のあるキートセロス株

5~10リットル容器に梱包して送ります



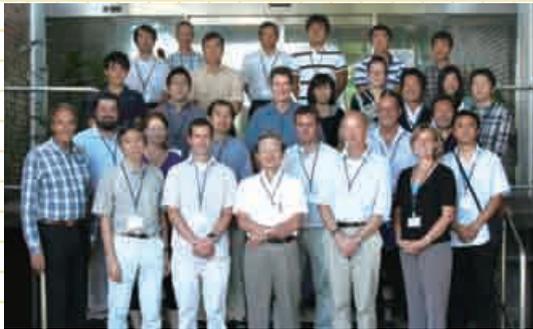
植物プランクトンには、当面使用する培養液を付けています

図2. 大きさが異なるワムシ株や、貝類の餌となる微細藻類株を高密度に培養し、5~10リットルの容器に入れて配布しています。これを「元種」にして拡大培養できます

国際ワークショップを CLIOTOPと共同で開催



CLIOTOP (Climate Impacts on Oceanic Top Predators) は、マグロ類などの食物連鎖の高位に位置する高次捕食者に対する気候変動の影響をメインテーマとして、2006年から10年間の予定で活



ワークショップに参加した各国の研究者たち

動する GLOBEC/IMBER 傘下の国際研究計画です。

水産総合研究センターは、2011年9月20～23日に静岡市の国際水産資源研究所で、国際ワークショップ「クロマグロ及び関連種の初期生活史、加入戦略に関する比較生態研究と海洋高次捕食者の資源変動に対する環境変動の影響」を開催しました。日本、アメリカ、オーストラリア、スペインから39人の研究者が参加して22件の発表があり、海洋環境変動がクロマグロなどの仔稚魚や海産ほ乳類などの分布、食性に及ぼす影響について、活発な議論が行われました。今後、これらの成果を取りまとめて発表するとともに、次のステップへ向けて研究が進展することが期待されます。

第16回 地域水産加工技術セミナー

水産総合研究センターでは、水産庁や地域と協力して、地域のための水産利用加工や関連情報を分かりやすく提供する水産加工技術セミナーを各地で開催しています。

2011年10月15日に第16回となる今回のセミナーを、「食べり～ね、^{ばかん}馬関の魚はぶちうまい！ 一 下関の売れ筋を磨く 一」をテーマとして、水産大学校（下関市）で開催しました。本セミナーとしては2004年に続き2回目の下関市開催で、主催は当センターおよび水産庁のほか、水産大学校、下関唐戸魚市場仲卸協同組合、山口県漁業協同組合、^{ばえどまり}下関南風泊水産団地協同組合、社団法人下関水産振興協会、下関ふく連盟、下関市豊浦町水産加工業協議会で、地元の方々にも数多く企画段階から参画してもらいました。

当日は、山口県を中心として遠方では長崎県や鹿



セミナー会場のようす

児島県からも、漁業協同組合員や水産業界関係者、試験研究機関の方、学生など約150人の参加者があり、熱心に講演を聴いていました。また、会場となった講義棟では、同日開催された水産大学校主催の「下関フードテクノフェスタ」で、地元企業の水産加工品の展示も行われました。

第2回 サイエンスステージ



ハカセが身近な魚について分かりやすく解説しました



水産総合研究センターの
マスコット、ふっくん(左)とふーちゃん(右)

水産総合研究センター 中央水産研究所一般公開のプレイベントとして、横浜・八景島シーパラダイスで開催されるサイエンスステージも今年で2回目を迎えました。開催日の10月15日は、小雨のぼらつくあいにくのお天気にもかかわらず、多くの方が来場しました。

「身近な魚の意外な話」と題した今年の出題は、『次の魚の中で食用になるのは?』など5問で、『いっけん怖そうに見えるハカセの解説はとても分かりやすかった』と評判になりました。当センターのマスコットキャラクター「ふっくん」と「ふーちゃん」も応援に駆けつけ、小さなお子さんに人気でしたが、ジャンケンに弱いことが発覚してしまった「ふっくん」の人気の方が少しだけ高かったようでした。

第4回 瀬戸内海水産フォーラム

今回のフォーラムは、“瀬戸内海における漁業が直面している栄養塩不足問題”に焦点をあて、一般の方に漁業がこのような状況に直面していることを知ってもらうために、「きれいな海は豊かな海か?」という題で10月15日に広島市で開催しました。

当日は、瀬戸内海に面する府県から102人が参加し、漁業関係者だけではなく、環境問題に関心を持って参加された方も半数いました。フォーラム



松田 治瀬戸内海研究会議事長による基調講演
『「豊かな海」をめざす里海と水産業』



パネルディスカッションでは参加者からも多くの意見が出されました

は、瀬戸内海の過去から現在の豊かさときれいさの変遷、環境管理施策の変遷、播磨灘のノリ・江田島湾のカキ・周防灘のアサリの状況とそれぞれの地域での取り組みを紹介した後、パネルディスカッションを行いました。会場からの発言も活発で、範囲を限定した形での栄養塩の順応的な管理、合意形成の重要性、分野横断的なフォーラムの重要性など、この問題への解決に向けた責任の大きさを再確認するフォーラムになりました。

韓国で開催された 2011年日中韓水産研究機関長会議に出席

水産総合研究センターは、2006年12月に韓国国立水産科学院と中華人民共和国水産科学研究院との三国水産研究機関で研究協力に関する覚書を締結しています。これに基づき、日中韓水産研究機関長会議を07年から毎年日中韓持ち回りで開催しており、5回目の今年は10月21日に韓国の統営市で開催されました。当センターからは松里壽彦理事長ら5人、韓国国立水産科学院からは金永晩院長ら8人、中国水産科学研究院からは張顕良院長ら5人が出席しました。

会議では、11年の活動報告で連携・協力の順調な進捗状況を確認するとともに、大型クラゲに関する研究などでとくに進展があったと評価しました。また、今後の協力分野および協力活動として、増養

殖研究など11項目を定めた覚書付属書を承認しました。次回の会議は、中国で12年10月に開催される予定です。



握手をする三国機関長
(左から張院長、金院長、松里理事長)

「養殖漁業の今と将来」

～シニア講座で出前講義を行いました～

10月12日、NPO法人「杉の樹カレッジ」が開催する「杉の樹大学」で講座を行いました。

「杉の樹大学」とは、東京都杉並区でシニアの生涯学習と社会参加活動をより活発化するために行わ



多くの方が参加しました

れているもので、1年にわたり各種の講座が行われています。

今回は「養殖漁業の今と将来」と題し、約50人が参加しました。

日本や世界の漁業・養殖業の現状、水産総合研究センターで取り組んでいる「持続的な養殖業の発展に向けた生産性向上技術と環境対策技術の開発」について説明しました。

およそ2時間の講座でしたが、終了後も質問が出るなど、受講生の熱心さと関心の高さを実感することができました。



講演する鈴木研究主幹

第31回 全国豊かな海づくり大会に出展

鳥取市で第31回全国豊かな海づくり大会が催され、10月29～30日には市内のコカ・コーラウエストスポーツパークで一般の方に水産業に見て触れて楽しんでもらうふれあい交流行事が行われました。

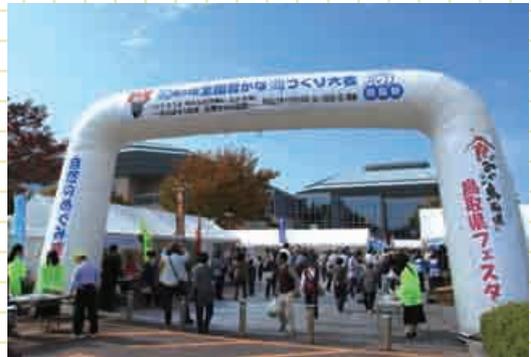
この中で水産総合研究センターは研究対象となっているズワイガニの稚ガニ、アカアマダイなどの水槽展示やパネルでの紹介、ウナギのレプトセファルスの展示を行ったほか、タッチプールも設置。展示コーナーでは、多くの方が水槽を熱心に見ながら研



水槽の生き物の説明を熱心に聞いていました

究員の話に耳を傾けていました。

タッチプールは子どもたちに大人気で、ふだん触ることがない、生きているキジハタ



晴天に恵まれ、大盛況でした

やヒラメなどのさかなたちに触わり、その感触を楽しんでいました。水産の生物を身近に感じてもらうよいきっかけになったのではないのでしょうか。

2日間で、ふれあい交流行事の会場全体では52,000人、当センターの展示ブースには約3,000人が訪れました。次回は沖縄県糸満市で開かれる予定です。

第50回 農林水産祭「実りのフェスティバル」に出展

11月4～5日の2日間にわたり、東京国際展示場で開催された第50回農林水産祭「実りのフェスティバル」に政府特別展示として、水産庁と共同出展を行いました。

2010年に世界で初めて成功したウナギ完全養殖についてパネルなどで紹介し、今年の5月28日に生まれたウナギの仔魚のレプトセファルス、ウナギ完全養殖で育成中の去年の10月1日に生まれたウナギや、「ウナギ捕獲に挑む男たち！」の船上活動の映像を展示しました。

当センターブースには、約2,000人が訪れ、展示を見ていた人たちからは、「テレビで見ました」、「早く完全養殖のウナギが食べられるようにしてください」など、うれしい言葉を多数もらいました。



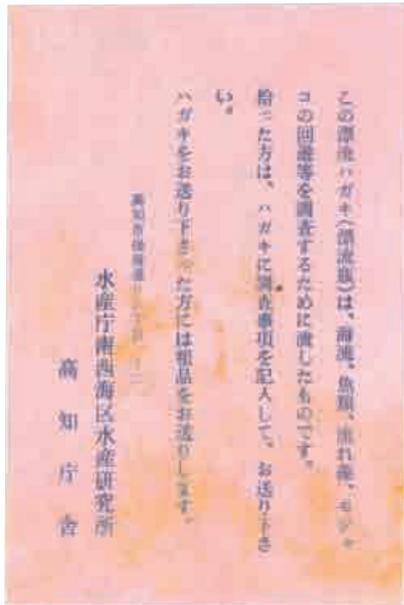
2010年10月1日にふ化した完全養殖ウナギを展示



ブースを訪れた人は、展示についてさかんに質問していました

28年後に届いた漂流はがき

水産総合研究センターでは、これまでにブリやマアジの来遊機構の解明に取り組んでいました。ブリやマアジの幼魚は海上を漂う流れ藻をすみかとし、黒潮に乗って日本沿岸に運ばれてきます。そのため、1970年代から1980年代にかけて流れ藻の漂流経路を調べることが重要な調査研究課題となり、当センターと和歌山県、徳島県、高知県、愛媛県、大分県、宮崎県、鹿児島県が共同して、漂流はがきを取り付けた流れ藻の放流調査を行いました。



今回届いた28年前の漂流はがき

この調査はすでに終わっていますが、2011年8月に一通の漂流はがきが当センターの中央水産研究所高知庁舎に届けられました。

差出人は和歌山県西牟婁郡白浜町在住の方でした。11年7月31日に白浜町市江崎海岸いちえさきに行った時に岩の間で見つけ、裏面の日時記入欄に「昭和」とあったことから、驚いてご返送いただいたとのことでした。はがきの番号から1983年5月9日に大分県沖の豊後水道南部で放流されたものと分かりました。放流からなんと28年が経っていました。

はがきを密封しているビニール袋には付着物もなく朽ちてもおらず、文字も鮮明です。おそらく、放流された年の夏に枯れた流れ藻とともに紫外線の届かない海底に沈み、長く砂の中に埋もれていたところ、今年の台風6号によって市江崎海岸に打ち上げられたのではないかと推測しています。このはがきの28年間の漂流経路を再現することは不可能です。し



漂流はがきはどんなルートをたどってきたのでしょうか・・・

かし、放流からこれほどの長期間経った後の再捕報告は非常にまれであり、ぜひとも記録に残したいと思いました。このはがきが海中にあった28年の間に、世の中はずいぶん変わりました。それを考えていると、まるで自分自身が浦島太郎になったような気持ちになりました。皆さんは28年前、何を思い、何をしていたのでしょうか？



▶ 特許 4822210

白化出現頻度が低いヒラメ家系を選ぶ ～詳細化するヒラメ DNA 情報の活用～



A 普通のヒラメは、有眼側が黒褐色で白い星状斑点があります



B 上：正常なヒラメ
下：白化ヒラメ
白化ヒラメは有眼側が白色です



C 白化ヒラメは成長して色がついてきますが、星状斑点のある黒褐色とは異なります

図 1. ヒラメ仔稚魚期に見られる体色異常「白化」

通常、ヒラメの眼がある体側（有眼側と呼びます）の色は黒褐色で、白い星状斑点があります（図1-A）。ところが、ヒラメが生まれて、変態し、着底するまでの間に有眼側が白くなることもあり（図1-B）、これを「白化」^{はっか}個体と呼んでいます。白化個体は成長に伴って着色してきますが、ヒラメ特有の星状模様のある黒褐色にはなりません（図1-C）。そのため商品価値が低いので、小さい時に選別して除去しています。白化個体の出現頻度がきわめて高い場合もあり、原因として飼育管理のほか、家系によって頻度差がありそう（つまり「遺伝的要因も影響する」ということが予想されています）。一方、ヒラメでは DN

A 情報が蓄積され、約2千個からなる DNA マーカー（以下、マーカーと略します）が染色体上でどのような位置関係にあるか、いわゆるマーカーの地図が詳細化されてきました。そこで、白化原因遺伝子と関連の深いマーカーを見つけよう、そして、そのマーカーを持つ親魚は除いて採卵することで、白化個体の出現防止に役立つ技術ができるだろうと考えました。

白化個体が「出やすい家系」と「出にくい家系」間交配で得られたヒラメ仔稚魚、さらにはこの稚魚を成熟するまで飼育し親魚とし、戻し交配（両親と子どもとの間の交配）で得られた稚魚について白化個体の出現頻度を調べました。「白化」とは言い、その程度

はさまざまです。そこで、白い部分の面積を測定し数値に置き換える作業、また、多くのマーカーの中で、どれが深く「白化」に関わるマーカーであるか調べる解析を行い、「白化」に関連が深い遺伝子の近くにあるマーカーを特定することができました（図2）。この成果は、「白化」という形質に関わる主導遺伝子に連鎖するマーカーを検出し、これを目印に選抜育種することが効率的であることを証明しています。なお、この研究は東京海洋大学と神奈川県並びに水産総合研究センターの共同研究により得られた成果で、今回、特許として承認されました。



図 2. マイクロサテライト (MS) の分布を示す地図と、「白化」の原因となる遺伝子の位置の関係

クロマグロ稚魚が活発に食べる 配合飼料を開発！

～天然資源に依存しない養殖技術へ一歩前進～

PICK UP PRESS RELEASE



写真. 全長 40～80 ミリのクロマグロ稚魚用。少し弾力がある「食感」が特徴

水産総合研究センターは、鹿児島大学、林兼産業株式会社と共同で「マグロ稚魚の嗜好性を向上させる食感」を追求し、全長25～120ミリのクロマグロ稚魚が活発に食べる配合飼料を開発しました（写真）。この飼料を与えた稚魚の成長は、生餌を与えたものと同様に良好でした。

クロマグロ稚魚は、ブリ、マダイなどの稚魚用の栄養分を調整した人工の餌である配合飼料を食べないため、飼育には生餌（主にイカナゴなどのシラス）を使用しています。生餌は、鮮度や脂肪分などがロットにより異なり品質が安定しない上に、冷凍保存が必要なため、大量確保には大きな冷凍庫が必要になります。また、クロマグロの飼育では1日4

～7回に分けて餌を与えるため、これに合わせて餌を解凍するのに労力と時間がかかります。

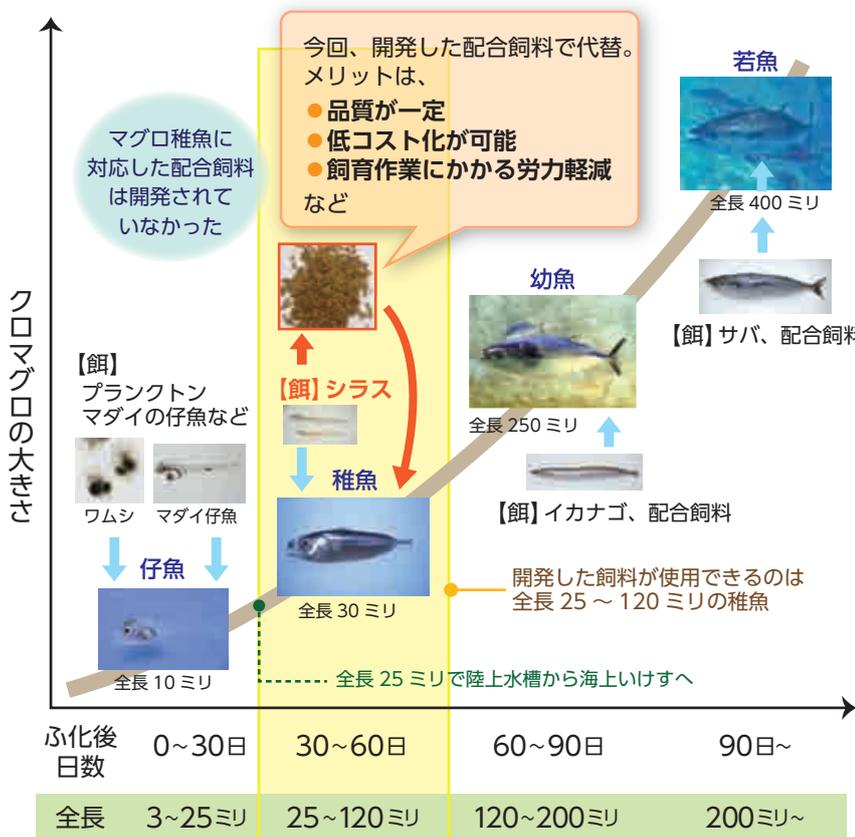
今回の成果によって、全長が25ミリ以上のクロマグロを配合飼料のみで育成することが可能となり、飼育のさらなる安定化が期待されます。

開発した配合飼料は冷蔵保存が可能

であることから、生餌の解凍・給餌にかかる労力と時間を大幅に減らすことができます。

.....

*この成果は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「マグロ類の人工種苗による新規養殖技術の開発」により得られたものです。



クロマグロの成長段階と与える餌の対応



研究開発情報「北の海から」第12号

発行時期：2011年11月
 問い合わせ先：北海道水産研究所 業務推進部業務推進課
 ウェブサイト：<http://hnf.fra.affrc.go.jp/H-jouhou/news/kankoubutsu/kitanoumikara12.pdf>



研究の動き 第9号

発行時期：2011年10月
 問い合わせ先：中央水産研究所 業務推進部図書資料館業務推進課
 ウェブサイト：<http://nrifs.fra.affrc.go.jp/ugoki/index.html>



ななつの海から 第1号

発行時期：2011年9月
 問い合わせ先：国際水産資源研究所 業務推進部業務推進課
 ウェブサイト：<http://fsf.fra.affrc.go.jp/nanatsunoumi/nanaumi1.pdf>



瀬戸内通信 第14号

発行時期：2011年10月
 問い合わせ先：瀬戸内海の水産研究所 業務推進部業務推進課
 ウェブサイト：<http://feis.fra.affrc.go.jp/publi/setotsuu/setotsuu14.pdf>



増養殖研究レター 第1号

発行時期：2011年8月
 問い合わせ先：増養殖研究所 業務推進部業務推進課
 ウェブサイト：<http://nria.fra.affrc.go.jp/hakko/letter/z1.pdf>



研究の葉

発行時期：2011年9月
 問い合わせ先：水産工学研究所 業務推進課
 ウェブサイト：http://nrife.fra.affrc.go.jp/seika/H23/H23_seika_index.html



海洋水産資源開発ニュース No.398 (資源対応型：海外まき網)

発行時期：2011年7月
 問い合わせ先：開発調査センター 開発業務課情報調査グループ
 *ウェブサイト掲載はしておりません



海洋水産資源開発ニュース No.399
(システム対応型：近海かつお釣)

発行時期：2011年7月
問い合わせ先：開発調査センター 開発業務課情報調査グループ
*ウェブサイト掲載はしていません



海洋水産資源開発ニュース No.400
(資源対応型：近海はえなわ)

発行時期：2011年8月
問い合わせ先：開発調査センター 開発業務課情報調査グループ
*ウェブサイト掲載はしていません



海洋水産資源開発ニュース No.401
(システム対応型：大中型まき網)

発行時期：2011年9月
問い合わせ先：開発調査センター 開発業務課情報調査グループ
*ウェブサイト掲載はしていません



平成21年度海洋水産資源開発事業報告書 No.3
(資源対応型：いか釣Ⅰ)

発行時期：2011年7月
問い合わせ先：開発調査センター 開発業務課情報調査グループ
*ウェブサイト掲載はしていません



平成21年度海洋水産資源開発事業報告書 No.4
(資源対応型：いか釣Ⅱ)

発行時期：2011年10月
問い合わせ先：開発調査センター 開発業務課情報調査グループ
*ウェブサイト掲載はしていません



おさかな瓦版 No.43

発行時期：2011年10月
問い合わせ先：経営企画部 広報室
掲載内容：日本海のさかなたち 第4回 アカムツ
ウェブサイト：<http://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/letter/no43.pdf>



おさかな瓦版 No.44

発行時期：2011年12月
問い合わせ先：経営企画部 広報室
掲載内容：日本海のさかなたち 第5回 ハタハタ
ウェブサイト：<http://www.fra.affrc.go.jp/bulletin/letter/no44.pdf>

チヌとクロダイ

釣り上げるのが難しく、引きが強いことで釣り人に人気のクロダイ。関西ではチヌの呼び名の方が有名ですね。

クロダイはブリやボラなどのように、成長に伴って名前が変わる出世魚でもあります。地域によっても少し違うようですが、関東では大きくなるにつれてチンチン、カイズ、クロダイ、関西ではババタレ、チヌ、オオスケなど呼び名が変わります。

関西で呼ばれている「チヌ」の名前の由来は、古事記に大阪湾を「ちぬの海」と呼び、江戸時代、本居宣長の『古事記伝』では、クロダイが和泉周辺の「ちぬの海」に多く、名産であったことから、地名が魚の名称になったと記されています。また、江戸の百科事典である『和漢三才図会』にも和泉の古名の「茅渟」に由来することが書かれています。しかし、「茅渟」とは血沼・血渟とも書かれていて、神武天皇の東征の戦の時に流された血を洗って海が赤く染まったことからとも伝えられています。

大阪府泉南市樽井には平安期からの航海安全などのご利益で知られる茅渟神社があり、チヌをモチーフにしたかわいなお守りもあるようです。チヌ釣り愛好者は大漁祈願で一度は訪れてみたいですね。



遺伝子と聞いて皆さんは何を思い浮かべるでしょうか？ 最先端の研究、遺伝、二重らせん構造、DNAとか頭が痛くなりそうな言葉がいくつも思い浮かぶのではないのでしょうか。
私たちがヒトも含め、生き物すべてに遺伝子があります。水産に関連するさまざま

まな生き物についての研究紹介を通して、遺伝子が何となく分かるような気がすると思っただけでなく、簡単な解説も含め今回の特集を組んでみました。遺伝子が身近なものに思っただけであれば幸いです。
(角埜 彰)

編集後記



執筆者一覧

■特集 ゲノム研究最前線

- 水産総合研究センターの研究の現状と戦略 中央水産研究所 水産遺伝子解析センター 佐野 元彦
- 遺伝子ってなに？ ゲノムってなに？ 中央水産研究所 水産遺伝子解析センター 菅谷 琢磨
- 魚の染色体を見てみよう!! 中央水産研究所 水産遺伝子解析センター 藤原 篤志
- ゲノム情報を利用した新しい水産用ワクチンの開発 増養殖研究所 病害防除部 免疫グループ 高野 倫一
- 海洋環境へのゲノム研究の応用例 メタゲノム解析の将来展望 瀬戸内海区水産研究所 環境保全研究センター 有害・有毒藻類グループ 長井 敏

■あんじいの魚菜に乾杯

- 第18回 冬に脂がのる旬のクロダイ シンプルな塩焼きを香味オイルでアレンジ これが旨い! 瀬戸内海区水産研究所 増養殖部 養殖グループ 山本 義久

■研究成果情報

- ワムシの入手と利用タイプの現状 日本海区水産研究所 資源生産部 初期餌料グループ 小磯 雅彦
- 水産生物遺伝資源保存事業（ジーンバンク事業） 増養殖研究所 養殖技術部 岡内 正典

■Topics

- 28年後に届いた漂流はがき 中央水産研究所 資源管理研究センター 資源生態グループ 阪地 英男

■知的財産情報

- 白化出現頻度が低いヒラメ家系を選ぶ ～詳細化するヒラメ DNA 情報の活用～ 増養殖研究所 養殖技術部 岡内 正典

■おさかな チョット耳寄り情報

- チヌとクロダイ 瀬戸内海区水産研究所 増養殖部 養殖グループ 山本 義久

FRANEWS vol.29

Fisheries Research Agency News

□2012年1月1日発行

□編集：水産総合研究センター 広報誌編集委員会

□発行：独立行政法人 水産総合研究センター

〒220-6115 神奈川県横浜西区みなとみらい2-3-3 クイーンズタワーB棟15階

TEL. 045-227-2600 FAX. 045-227-2700

URL. <http://www.fra.affrc.go.jp/>

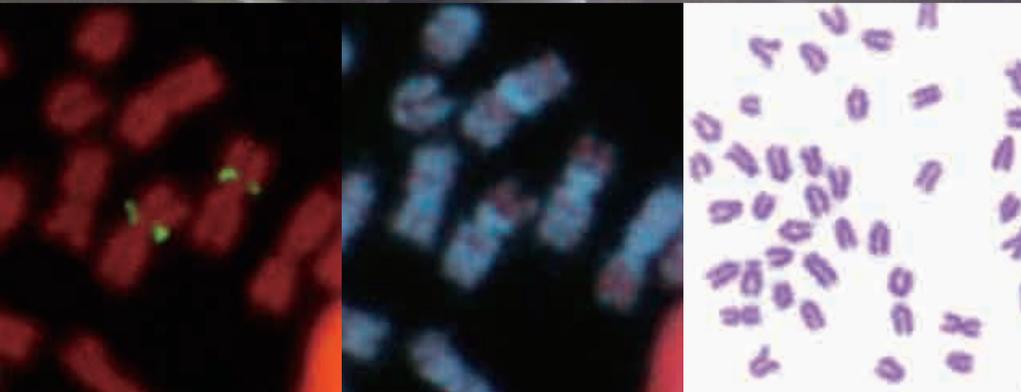
□水産総合研究センター 広報誌編集委員

桑原 隆治 角埜 彰 濱田 桂一 足立 純一

大浦 哲也 高崎 大輔 増村 純男 横山 雅仁

小池 幹人

アドバイザー：水野 茂樹 デザイン：神長 郁子



FRA NEWS vol. 29

Fisheries Research Agency News | 2012. 1

独立行政法人
水産総合研究センター

〒220-6115
神奈川県横浜市西区みなとみらい2-3-3
クイーンズタワーB棟15階
TEL. 045-227-2600 FAX. 045-227-2700
URL. <http://www.fra.affrc.go.jp/>