

新技術開発共同研究促進事業

事務局：企画開発推進室

大学や研究機関等との共同研究や連携の強化により、高度かつ多面的な視点からの研究を行い、試験研究機能の強化を図るとともに、漁業者や水産関係団体等ニーズに即応した重要課題への対応強化を行うことを目的に実施している。（平成9～13年度は「技術開発のための共同研究推進事業」で実施、平成14年度からは本事業により実施している）

平成15年度は、次の課題を選定し、大学等関係機関との共同研究を行ったので、その概要を報告する。

（担当 柳村）

共同研究課題名	担当科	関係機関
1. キビナゴの日齢と成長の研究	海洋資源科	東京大学
2. アワビ類浮遊幼生の着底機構および底棲期幼稚体に関する研究	種苗開発科	長崎大学
3. 遺伝子解析識別技術を用いたクロアワビ、マダカアワビの資源特性に関する研究	種苗開発科	中央水産研究所, 瀬戸内水産研究所, 西海区水産研究所
4. 長崎県沿岸域における暖海性ホンダワラ類の分布と再生産	種苗開発科	北海道大学
5. 種苗生産および健苗性向上技術の開発	種苗量産科	九州大学
6. 細菌性疾病に対する免疫機構の基礎研究	養殖技術科	長崎大学
7. 環境負荷低減飼料開発に関する研究	養殖技術科	東京水産大学
8. 魚介類の高度品質保持技術開発試験	加工科	長崎大学
9. 未利用魚の筋原繊維蛋白質を利用した機能性高分子ゲルの開発と応用	加工科 種苗開発科	長崎大学
10. かまぼこの冷凍耐性付与法の開発	加工科	長崎大学
11. 付着機能を有する卵を持つ浮魚類の産卵・加入評価に関する研究	海洋資源科	九州大学
12. ホシガレイ体色異常防除に関する研究	種苗量産科	京都大学

1. キビナゴの日齢と成長の研究

一丸 俊雄・白藤 徳夫*1・渡邊 良朗*1

五島周辺海域でキビナゴの資源評価を行う上で必要な年齢-成長に関する知見は皆無であった。そこで、本種の人工授精を行い、日齢30まで人工飼育し、耳石の検証を東京大学海洋研究所と共同で行った。その結果、耳石輪紋は1日1本形成される日輪であることが明らかになった。耳石の日輪解析により、天然で漁獲される個体の発生日および日齢の査定が可能になったことから、本種の日齢-成長の関係を明らかにするとともに、東京大学海洋研究所で研究を進めている他海域産キビナゴとの比較検討を行い、キビナゴ成長の海域特性を明らかにするため、本共同研究を実施した。

方 法

平成15年8月~12月に長崎県北松浦郡小佐々町地先で敷網で漁獲されたキビナゴを用いた。それぞれ体長(尾叉長)を1mm単位で計測した後、耳石(扁平石)を摘出した。耳石は洗浄して乾燥させた後、スライドガラス上にエナメル樹脂で封入した。キビナゴの耳石は、体長30mm前後までは研磨なしでも光学顕微鏡下で透過光によって輪紋を明瞭に観察することができる。体長30mm以上の個体の耳石には、体軸前方にrostrumと呼ばれる突起が発達し、耳石が肥厚して不透明になるとともに、光の屈折によって輪紋が観察しづらくなる。このような耳石については、樹脂が硬化した後、サンドペーパー(#1500、#2000)、ラッピングフィルム(#8000、#10000)を使用し、耳石扁平面に平行に耳石核または耳石縁辺のどちらかに至るまで研磨した。

日輪の計数・計測は、耳石日輪計測システム(RATOCシステムエンジニアリング社)を用いて行った。このシステムでは光学顕微鏡からビデオカメラを通して取り込んだ耳石のデジタル画像上で、JISEKIソフトウェア(RATOCシステムエンジニアリング社)

によって日輪の計数・計測を行うことができる。耳石核から体軸後方への最大半径を計測線とし、各個体について計測線上における耳石核から後縁までの距離(耳石半径)、各日輪の耳石核からの半径(日輪半径)、日輪と日輪の間の距離(日輪間隔)を0.1 μ m単位で測定した。(図1)

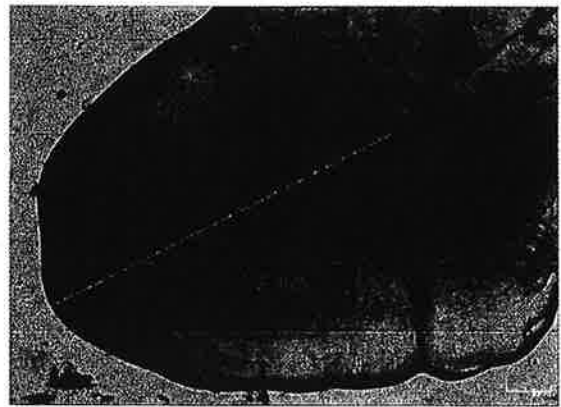


図1 耳石日輪計測システムによる解析

結 果

日齢が査定できた個体は計50個体で、体長(尾叉長)22~57mmであった。これらの標本の日齢の範囲は31日齢~117日齢であり、体長と日齢の間には正の相関が認められた。(図2) また、日齢と漁獲日から逆算し

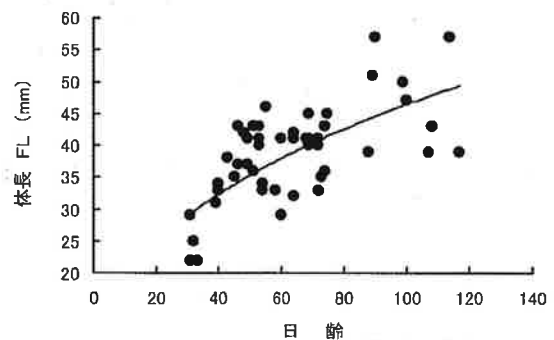


図2 日齢と体長の関係

*1 東京大学海洋研究所

たところ、これらの標本の発生時期は6月～9月と推察された。

耳石半径は体長に伴って増加する傾向が見られた。体長 (FL) と耳石半径 (OL) の間には正の相関が認められ次式で表された。(図3)

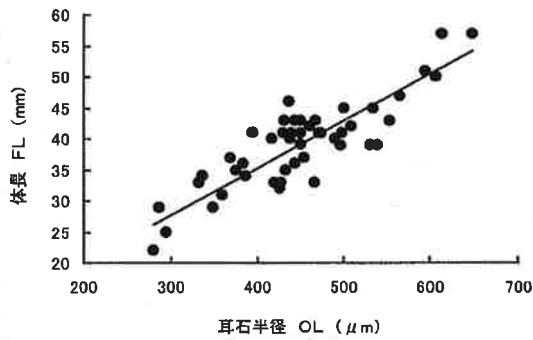


図3 耳石半径と体長の関係

$$FL(\text{mm}) = 0.0758 OL(\mu\text{m}) + 5.0289$$

第1輪は核から約5μmの位置に形成された。日輪間隔は20日齢で約9μmと急激に増加し、その後減少する傾向が見られ、110日齢には約1μmになった。(図4)

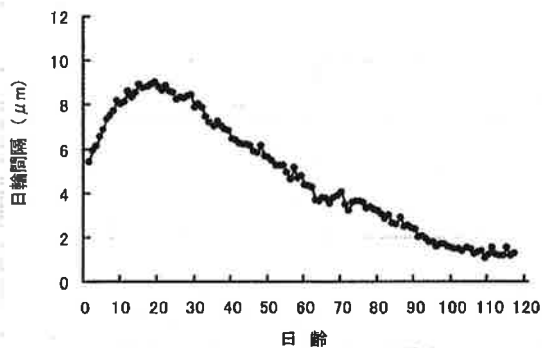


図4 日齢と平均日輪間隔の関係

ま と め

今回得られた日齢から推察される産卵期は6～9月であったが、別途行った平成15年度地域型資源管理予測技術開発試験におけるキビナゴの成熟調査の結果から推察される産卵期も6～9月であり、これらの結果はよく合致した。

体長と日齢との間に相関が見られ、ある程度の成長推定は可能となったが、まだ標本数が少ないことから次年度も引き続き、日齢査定を行う必要があると考えられる。

(担当 一丸)

2. アワビ類浮遊幼生の着底機構および底棲期幼稚体に関する研究

大橋 智志・藤井 明彦・桐山 隆哉・松竹 直也*・北村 等*

クロアワビを含むアワビ類の着底機構については解明されていない部分が多い。そこで着底にかかるメカニズムについて検討することを目的として実験を行った。今年度はトコブシ、クロアワビの浮遊幼生の着底変態誘起に有効な珪藻種の検討とクロアワビ浮遊幼生の卵黄物質の消長について検討を行った。

I. トコブシ、クロアワビの浮遊幼生の着底変態誘起に有効な珪藻種の検討

トコブシおよびクロアワビ浮遊幼生の着底変態誘起に有効な珪藻種を検討した。

方 法

トコブシ 試料として2003年8月19日、9月16、26日に採卵したトコブシ受精卵からふ化した浮遊幼生を使用した。浮遊幼生は25~25.5℃に調整した1tポリカーボネイト水槽に直径120cm高さ80cmの円柱状ネット(オープニング100 μ m)を垂下して飼育し、着底期に達した段階で実験に用いた。

付着珪藻は *Amphora* sp, *Cocconeis* sp, *Navicula ramosissima* の3種を用い、カバーガラス(22mm \times 22mm)、あるいはポリカーボネイト板(20cm \times 20cm)上であらかじめ単藻培養したものを用いた。

浮遊幼生は、ポリスチレン製の6穴マルチウェルプレート(穴の直径36mm、深さ14mm)、あるいは1tポリカーボネイト水槽に直径120cm高さ80cmの円柱状ネット(オープニング100 μ m)内に收容し、6穴マルチウェルプレートにはカバーガラス上で培養した珪藻を、1tポリカーボネイト水槽にはポリカーボネイト板で培養した珪藻を入れた。收容密度は0.4~1.8個体/mlとし、6穴マルチウェルプレートでは実験開始から72時間の累積変態率を、1tポリカーボネイト水槽では72時間後の着底個体の密度とその変態率を

求めた。

クロアワビ 試料として2003年11月17日、12月2、16日に採卵したクロアワビ受精卵からふ化した浮遊幼生を使用した。浮遊幼生は20~22℃に調整した1tポリカーボネイト水槽に直径120cm高さ80cmの円柱状ネット(オープニング100 μ m)を垂下して飼育し、着底期に達した段階で実験に用いた。

付着珪藻は *Cocconeis* sp, *Navicula ramosissima* の2種を用い、カバーガラス(22mm \times 22mm)、あるいはポリカーボネイト板(20cm \times 20cm)を用いてあらかじめ単藻培養した。また、無節石灰藻は厚さ0.5mm、縦330mm、横330mmのポリカーボネイト板上に培養したものをカバーガラス(22mm \times 22mm)と同じ大きさに切り出して用いた。

浮遊幼生は、ポリスチレン製の6穴マルチウェルプレート(穴の直径36mm、深さ14mm)内に收容し、收容密度は0.4~1.8個体/mlとした。これに、カバーガラス上で培養した珪藻と切り出した無節石灰藻を入れ、実験開始から72時間の累積変態率を求めた。

結 果

トコブシ 実験区毎の変態率、着底個体数および変態率を図1、表1に示す。トコブシでは *Amphora* spの変態率、着底数が高かった。

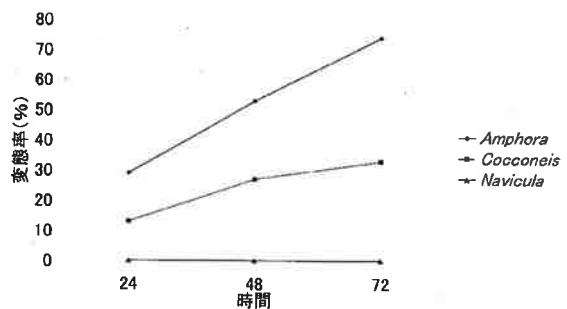


図1 珪藻種毎のトコブシ浮遊幼生の累積変態率

*長崎大学水産学部

表1 トコブシ浮遊幼生の珪藻種毎の着底密度と着底個体の変態率

	<i>Amphora</i>	<i>Cocconeis</i>	<i>Navicula</i>	ブランク
着底密度(個体/cm ²)	0.98	1.05	0.39	0.08
変態率(%)	95	100%	88	84%

クロアワビ 実験区毎の累積変態率を図2に示す。クロアワビでは供試した2種の累積着底変態率は40~53%であった。この2種のうち *Cocconeis* sp はエゾアワビで高い着底変態効果を示すとされている³⁾が、対照として用いた無節石灰藻に比較すると低かった。

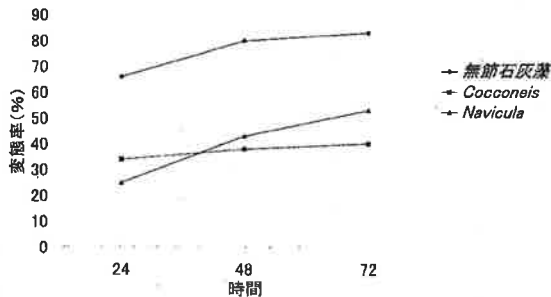


図2 藻種毎のクロアワビ浮遊幼生の累積変態率

まとめ

- 1) トコブシ、クロアワビ浮遊幼生の着底変態誘起と珪藻種について検討した。
- 2) トコブシでは *Amphora* sp が他の珪藻に比較して高い着底変態誘起効果を持つと考えられた。一方クロアワビでは用いた珪藻種の着底変態誘起効果は低いと考えられた。

II. クロアワビ浮遊幼生の卵黄物質の消長

クロアワビ浮遊幼生の体内の卵黄物質の消長を発生段階毎に検討した。

方法

試料として2003年11月17日、12月2日、16日に採卵したクロアワビ受精卵からふ化した浮遊幼生を使用した。浮遊幼生は20~22℃に調整した1tポリカーボネイト水槽に直径120cm高さ80cmの円柱状ネット(オープニング100μm)を垂下して飼育し、受精卵から着底期までの各段階毎にサンプリングして実験に用いた。採集した試料は2%パラホルムアルデヒド-2.5%グルタルアルデヒド液(0.1M カコジル酸緩衝 pH7.4)で前固定、1%四酸化オスミウム液で後固定を行った後 Spurr 樹脂に包埋した。これを用いて顕微鏡試料と

して厚さ0.5μmの切片を作製しトルイジン青染色を施し、電顕試料は酢酸ウラニル-クエン酸鉛2重染色を施して観察した。

結果

卵内にはトルイジン青に好染される小型の卵黄顆粒とトルイジン青に淡染される大型の卵黄顆粒が存在した。桑実胚期には内胚様細胞組織への卵黄の集中が進み、トロコフォーラ幼生では体腔中央部に卵黄が集積されたが、面盤の形成に伴い面盤細胞内にも卵黄が集積された。また、他の組織の卵黄は発生の進行に伴い減少したが、基底部の卵黄はさらに集積され卵黄嚢を形成した。一方、面盤細胞内の卵黄は発生の進行中はほとんど変化を示さなかったが、着底期以降は浮遊期間の延長に伴い卵黄の減少が見られた(図3,4,5)。

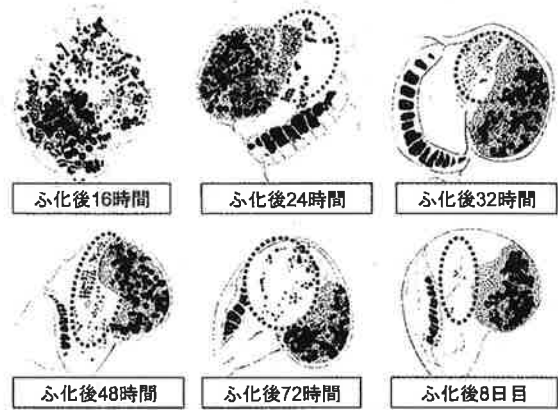


図3. 体組織の卵黄の変化
着色部は卵黄顆粒を、点線は体組織卵黄顆粒の範囲を示す

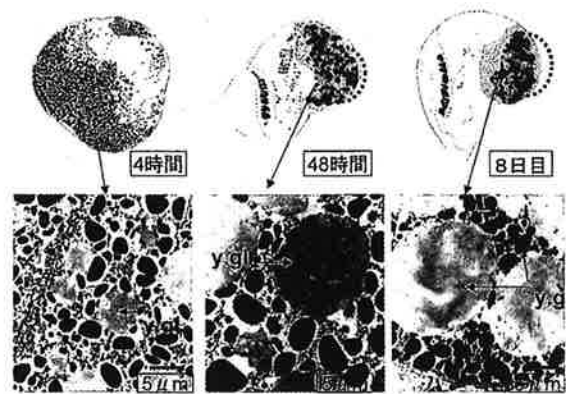


図4 幼殻基底部の卵黄の変化
点線は幼殻基底部の卵黄顆粒の範囲を示す。
Y.gl: 卵黄顆粒

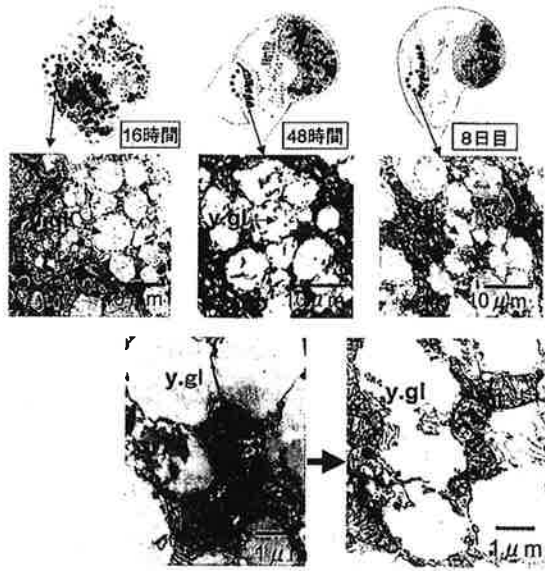


図5.面盤細胞の卵黄の変化
 点線は面盤細胞内の卵黄顆粒を示す。
 Y.gl: 卵黄顆粒, mt: ミトコンドリア

以上の結果からクロアワビ浮遊幼生では、面盤細胞内の卵黄は繊毛運動に、卵黄嚢内の卵黄は着底変態後

に利用されると考えられた。このことは、クロアワビ浮遊幼生の卵黄が、ふ化後の発生の進行、面盤による遊泳運動、および着底変態後の栄養の3つの用途に分け、それぞれ独立して存在する可能性を示唆するものと考えられた。

ま と め

- 1) クロアワビ浮遊幼生の体内の卵黄物質の消長を発生段階毎に検討した。
- 2) 卵内にはトルイジン青に好染される小型の卵黄顆粒とトルイジン青に淡染される大型の卵黄顆粒が存在した。
- 3) 体組織の卵黄は発生の進行に伴い減少したが、基底部の卵黄は卵黄嚢を形成した。
- 4) 面盤細胞内の卵黄は発生の進行中はほとんど変化を示さなかったが、着底期以降は浮遊期間の延長に伴い卵黄の減少が見られた。

(担当 大橋)

3. 遺伝子解析識別技術を用いたクロアワビ、マダカアワビの資源特性に関する研究

大橋 智志・藤井 明彦・桐山 隆哉・堀井 豊充*・浜口 昌巳*²・清本 節夫*³

長崎県沿岸には3種の大型アワビ属（クロアワビ、マダカアワビ、メガイアワビ）が生息しており、これら3種は生息水深や棲み場が幾分異なることから資源増殖のためには各種の生態に応じた対策を講じる必要があるが、一方でクロアワビとマダカアワビについては2種の天然交雑種が混在している可能性が指摘されてきた。

しかし、遺伝子解析による識別方法によりクロアワビとマダカアワビおよび天然交雑と考えられる天然個体の存在が確認されたためこの知見を応用し、暖海性アワビ属における種間の関係や、資源管理や種苗放流による個体群変動の人為的制御における単位個体群の定義等を解明することを目的とした。今年度は、クロアワビとマダカアワビ間の天然海域での相互の遺伝子交流の可能性を証明する目的で、天然交雑現象の再現性を検討した。

材料と方法

材料には、壱岐と小値賀で採集したクロアワビ、マダカアワビおよび天然交雑個体（以下ハイブリッドと称する）219個体を用いた（表1）。これらの親貝は体

表1 供試アワビの遺伝子解析結果

	クロアワビ	マダカアワビ	ハイブリッド	計
壱岐産	94	69	39	202
小値賀産	1	9	7	17

腔液あるいは軟体部組織を採集し、浜口らの方法¹⁾により、クロアワビ、マダカアワビおよびハイブリッドに識別した後種苗生産実験に供し、人為交配個体（F1）および戻し交配個体（F2）を作出した。

結果

クロアワビ♂×クロアワビ♀、クロアワビ♂×マダカアワビ♀、マダカアワビ♂×マダカアワビ♀、マダカアワビ♂×クロアワビ♀の交配では、卵のふ化率は

3回の実験の結果、それぞれ79.6～89.8%、84.7～100%、81.7～99.1%、20.7～86.7%であった。また、ハイブリッド♂×ハイブリッド♀、ハイブリッド♂×クロアワビ♀、ハイブリッド♂×マダカアワビ♀の交配卵のふ化率は1回の交配実験の結果それぞれ96.7%、97.9%、94.2%であった。得られたふ化幼生はいずれも正常に発生を続けた後に着底し、第4呼吸口が形成される殻長4mm以上に成長した個体を確認した。

これらのF1稚貝を用いて親貝からの核遺伝子の遺伝様式を検討したところ、マダカアワビとクロアワビの天然交配と考えられるDNAパターンを示す成体と一致した。またF2稚貝はクロアワビ：マダカアワビ：ハイブリッドが1：1.18：1.84の比で出現した。

以上の結果から、天然で出現する交配型のDNAパターンを示す成体は人為的に交配したF1と同じものであり、F1稚貝が正常に成長することからも天然海域での交雑が行われ、ハイブリッドが資源に添加されているものと考えられた。長崎県海域では、マダカアワビ標本中のハイブリッド出現率が22.5%（小値賀）32.6%（対馬）を示しハイブリッドの出現率が他の海域よりも高率であることから今後は天然資源への影響、放流用種苗への影響等を検討する必要があると考えられた。

まとめ

- 1) クロアワビとマダカアワビ間の天然海域での相互の遺伝子交流の可能性を証明する目的で、天然交雑現象の再現性を検討した。
- 2) F1稚貝を用いて親貝からの核遺伝子の遺伝様式を検討したところ、マダカアワビとクロアワビの天然交配と考えられるDNAパターンを示す成体と一致した。またF2稚貝はクロアワビ：マダカアワビ：

* 中央水産研究所 * 2 瀬戸内海区水産研究所 * 3 西海区水産研究所

ハイブリッドが1:1.18:1.84の比で出現した。

3) 以上の結果から、天然で出現する交配型の DNA パターンを示す成体は人為的に交配した F1 と同じものであり、F1 稚貝が正常に成長することからも天然海域での交雑が行われ、ハイブリッドが資源に添加されているものと考えられた。

(担当 大橋)

文 献

- 1) Discrimination among *Haliotis* species lived in Japan during early life stages
Hamaguchi, M. Sasaki, M. , Ohashi, S. , Fujii, A., and Horii, T. (未発表)

4. 長崎県沿岸域における暖海性ホンダワラ類の分布と再生産

桐山 隆哉・大橋 智志・藤井 明彦・吉田 忠生*

本事業は、「藻場に対する食害実態調査事業」の一環として、平成15年度からの2ヶ年の継続により実施している。なお、内容の詳細については、「藻場に対する食害実態調査」報告に記したので参考にされたい。

(1) 西彼杵半島における分布調査

調査場所は、暖海性ホンダワラ類の分布情報があった西彼杵半島沿岸の大瀬戸町福島、長崎市神の島、野母崎町田の子～赤瀬地先の3箇所を選定して平成15年6月と平成16年3月に潜水調査を行った。

種類：採取された暖海性種はキレバモク、マジリモク、フタエモク、ウスバモクの4種が同定され、別種と思われるものが多数みられた。今後さらに種類は増加するものと考えられる。

生態：暖海性種はいずれも6月中・下旬～7月下旬頃に成熟する夏成熟型で、成熟後、藻体は流出して付着器のみとなる。藻体は1月頃から伸長し始め、3月で数cm～20cm前後で、その後、初夏にかけて急速に生長して1m前後となり、マジリモクでは3m以上になる。生育水深は、低潮線付近から20mを越える深場までみられ、キレバモクでは浅場～深場まで幅広く、フタエモクでは浅場主体に、マジリモク、ウスバモクでは深場主体に多くみられる傾向にあった。

(2) 県下の分布調査

以前の分布情報：本県での暖海性種の分布については、1960年頃の流れ藻調査に関する報告のなかで、*Sargassum* 亜属として分類が未整理のまま扱われており、福江、野母崎、熊本県富岡・牛深あたりが九州北西部における北限とされていた。その後、本県における暖海性種の報告はなく、分布情報が多く寄せられるようになったのは平成12年頃からであり、暖海性種の増加は比較的最近になってからのことと考えられた。

現在の分布実態：聞き取り、潜水調査、既存資料の整理などにより、現在の暖海性種の分布実態を把握した。暖海性種は、五島列島、野母崎町～大島沿岸の西彼杵半島沿岸一帯、橘湾沿岸、佐世保市・小佐々町地先、平戸市志々岐地先、壱岐郷ノ浦町大島地先、対馬厳原町東岸と県下各地での生育が確認された。種別では、キレバモクが五島、西彼杵半島一帯、橘湾、壱岐、対馬と最も広範囲にみられた。次いでマジリモク、フタエモク、マジリモク類（不明種の1種）が西彼杵半島一帯で普通に、ウスバモクが野母崎町～長崎市三重地先の西彼杵半島の一部でそれぞれみられた。

これらのことから、暖海性種の分布は、以前の福江～野母崎ラインから明らかに北上しており、その分布域は県下各地の広範囲に及んでいることがわかった。

(担当 桐山)

*北海道大学名誉教授

5. 種苗生産および健苗性向上技術の開発

— HCG 経口投与法によるブリの採卵技術開発 —

門村 和志・安元 進・山口 明彦*¹・松山 倫也*¹

当水試では早期ブリ、オニオコゼ、マハタ、メバル、ホンガレイ等の種苗生産技術開発に取り組んでいる。これらの魚種の内、オニオコゼ、マハタ、メバルについては長崎大学を中心とした「地域結集型共同研究事業」で、また早期ブリの採卵技術開発については九州大学と共同研究している。本報では平成15年度中に得た共同研究成果のうち、早期ブリの採卵技術について概要を報告する。

目 的

当科では養殖用ブリ人工種苗の安定供給を目的として早期採卵ブリの生産技術開発に取り組んでおり、これまでに水温調節(19℃)および日長調節(16L8D)を行うことで、2月上中旬の目的とする採卵時期に、排卵誘導が可能な個体を多数確保できること、また投与時卵径700 μm 以上を目安にHCGの1回投与で効率的に採卵できることが明らかとなった。

一方でホルモン投与はすべて注射法で行っているため、投与のための親魚の取り上げなど多大な労力が必要な上に、親魚にとっても投与時のハンドリングは大きなストレス要因となっていると考えられる。そこで、作業の省力化および親魚へのハンドリングを極力減らした経口投与による採卵技術開発を目的として試験を

行った。

方 法

ホルモン剤はHCG(ヒト胎盤性生殖腺刺激ホルモン)を使用し、水試で作製したモイストペレットに混入させたあと再成形して給餌した。親魚は雌8個体(卵巣卵径703~772 μm)、雄8個体を使用し、HCG投与量は合計で5000IU/kgBWとなるよう給餌した。対照区として注射法によりHCG500IU/kgBWを投与する試験区を設け、雌8個体(卵巣卵径709~782 μm)、雄8個体を使用した。

結 果

経口投与区ではホルモン投与後5日目から自然産卵が確認され、6日間で175万粒の浮上卵を得た。一方、注射投与区ではホルモン投与後2日目に208万粒の浮上卵を得た。以上の結果から、ブリの採卵において、省力化および親魚へのハンドリングによるストレスを極力少なくするホルモン投与方法としてHCGの経口投与による排卵誘導が有効であることが明らかとなった。

(本事業は九州大学農学研究院 松山倫也教授との共同研究でおこなった。)

(担当 門村)

* 1九州大学農学研究院

6. 細菌性疾病に対する免疫機構の基礎研究

高見 生雄・金井 欣也*1

予防策がなく被害が大きい疾病に対するワクチン開発にかかる基礎的な研究を行うことを目的として長崎大学との共同研究を行った。対象疾病はブリの類結節症・ノカルジア症、ヒラメのエドワジェラ症・連鎖球菌症とし、今年度は昨年度に引き続き、試作ワクチンの有効性に関する基礎検討を行った。

1. ブリの類結節症試作ワクチンの有効性試験

方 法

Photobacterium damsela subsp. *piscicida* NUF89 (強毒株)および NUF244(弱毒株)それぞれのホルマリン死菌(FKC)および60℃加熱死菌(HKC), および NUF89FKC とフロイントの不完全アジュバント(FIA)を等量混合したアジュバントワクチンを湿菌重量で1 mg/fish ブリ稚魚に腹腔内投与した。2週間後, NUF89を約 10^8 CFU 腹腔内接種して攻撃し, 12日間観察した。

結 果

攻撃後の死亡経過を図1に示した。実験終了時の生存率は、対照区の70%に対して、NUF89アジュバントワクチン区が100%、NUF89FKC、NUF89HKCおよびNUF244HKC区が95%、NUF244FKC区が85%

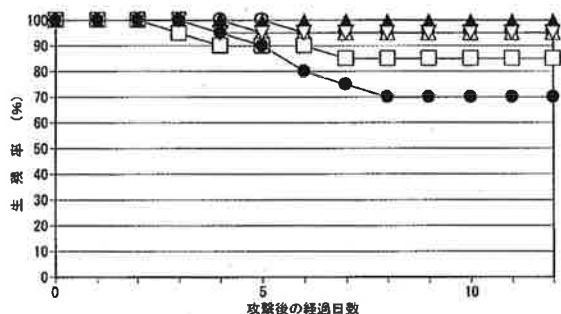


図1. NUF89(強毒株)およびNUF244(弱毒株)のFKCとHKCおよびFIA添加89FKC接種魚の攻撃後の死亡状況
攻撃菌量= 4.0×10^8 /fish



であった。本実験では攻撃後の死亡率が全体的に低かったため、試作ワクチン間で有効性を比較することは困難であった。

2. ブリのノカルジア症の感染実験

1) 腹腔内攻撃による毒力試験

方 法

Nocardia seriolae NUF27, NUF36, NUF478, NUF856, NUF857およびNUF858をBHI寒天を用いて27℃で4日間培養した。各培養菌塊をPBSとともにガラスホモジナイザーを用いてすり潰して菌懸濁液を作製し, その10倍階段希釈系列を各濃度5尾宛ブリ稚魚の腹腔内に接種した。実験期間中の水温は24.0~27.4℃であった。

結 果

攻撃後の死亡経過を表1に示した。NUF27, NUF478およびNUF856が比較的強毒であり, NUF36やNUF858は弱毒であった。なお, 死亡魚の内臓表面には微小結節が多数形成されており, 自然感染魚の症状とは異なっていた。

2) 攻撃法の検討

方 法

NUF27をBHIブイヨンを用いて27℃で5日間振とう培養した。遠心分離で培養菌を集め, PBSとともにガラスホモジナイザーを用いてすり潰して菌懸濁液を作製し, その10倍階段希釈系列を各濃度5尾宛ブリ稚魚の腹腔内または筋肉に接種した。また, 菌懸濁液を海水に添加し, 10尾宛15分間浸漬した。実験期間中の水温は25~28℃であった。

結 果

攻撃後の死亡経過を図2~4に示した。腹腔内接種

* 1 長崎大学水産学部

攻撃では前回の実験とほぼ同程度の毒力を示した。それに比べて、筋肉接種では死亡までの日数が長く、死亡率も低かった。菌浴攻撃では0.1mg/ml区で80%の死亡率が得られた。なお、筋肉接種区および菌浴区の死亡魚には皮下膿瘍や脾臓・腎臓の結節形成など、自然感染魚と類似の症状が観察された。

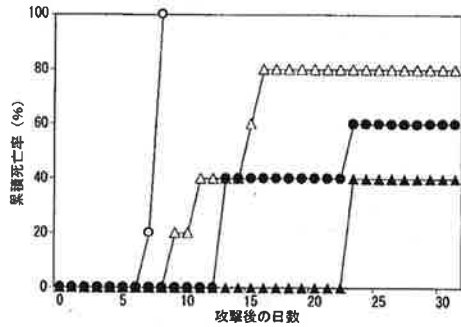


図 2. NUF27で腹腔内接種攻撃したときの死亡経過 (n=5)

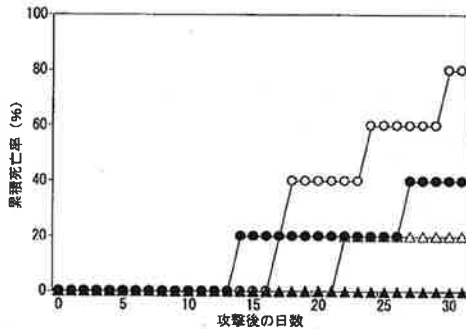


図 3. NUF27で筋肉接種攻撃したときの死亡経過 (n=5)

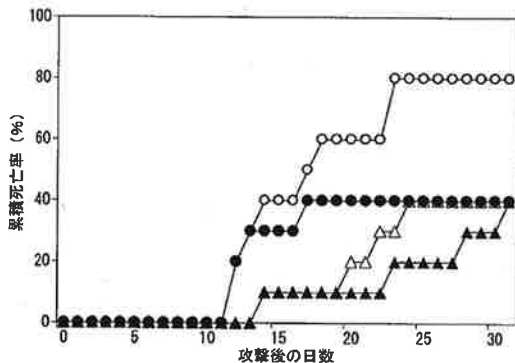


図 4. NUF27で菌浴攻撃したときの死亡経過 (n=10)



3. ブリのノカルジア症試作ワクチンの有効性試験 方法

Nocardia seriolae NUF27のBHIブイヨン振とう培養菌をホルマリンで不活化(FKC)または80°Cで15分間

加熱(HKC)した。また、FKCにフロイントの不完全アジュバントを等量添加したワクチンを作製した。これらをそれぞれ15尾宛ブリ稚魚の腹腔内に接種し、2週間後NUF27で腹腔内接種攻撃した。実験中の水温は22~26°Cであった。

結 果

攻撃後の死亡経過を図5に示した。攻撃後10日目以降水温が23°C以下に低下し、その後も低く推移したためと思われるが、30日までの死亡率は感染実験のときと比べると低かった。しかし、攻撃後しばらくはワクチン投与区の死亡数が対照区に比べて少なく推移しており、ワクチンの効果が現れているものと思われる。なお、35日前後から各試験区で死亡が増加しているが、攻撃菌が再分離されなかったり結節が観察されないものも多かった。おそらく攻撃試験中絶食していたために衰弱したことが大きく関わっていたものと思われる。

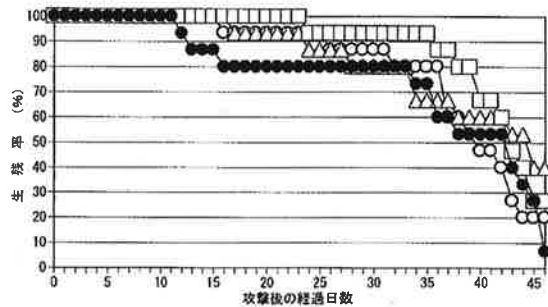
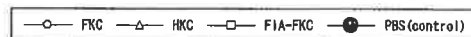


図 5. *N. seriolae* FK、HK、FIA添加FK接種魚の攻撃後の死亡経過
攻撃菌量=0.001 mg (3.7×10^8 CFU)/100g BW、水温 21.8~24.8°C



4. ヒラメのレンサ球菌症・エドワジエラ症混合ワクチンの有効性試験

方法

Streptococcus iniae NUF631および*Edwardsiella tarda* NUF251の振とう培養菌からホルマリン死菌(FKC)を作製し、*S.iniae*単独、*E.tarda*単独および*S.iniae*・*E.tarda*混合ワクチンをそれぞれ60尾宛ヒラメ稚魚に腹腔内接種した。2週間後、各免疫区を20尾ずつに分け、それぞれ*S.iniae*攻撃、*E.tarda*攻撃および*S.iniae*攻撃2日後に*E.tarda*攻撃した。攻撃は菌浴法で行った。攻撃菌濃度は*S.iniae*が 10^7 CFU/ml、*E.tarda*が 10^8 CFU/mlであった。

結 果

攻撃38日後の各試験区の生残率および有効率を表2に示した。

表2 ヒラメのレンサ球菌症・エドワジェラ症混合FKCワクチンの有効性試験結果

ワクチン	攻撃後の最終生残率 (有効率)		
	<i>E. tarda</i> 攻撃	<i>Siniae</i> 攻撃	<i>Siniae</i> → <i>E.tarda</i> 攻撃
<i>E. tarda</i> FKC	25% (12.0%)	50% (38.0%)	0% (0.0%)
<i>S. siniae</i> FKC	35% (24.0%)	100% (100.0%)	35% (35.0%)
混合FKC	55% (47.0%)	70% (68.0%)	50% (50.0%)
非免疫	15%	20%	0%

E. tarda 攻撃に対して混合ワクチン区は *E. tarda* 単独ワクチン区よりも生残率が高かったが、有効率は50%以下であり、効果は十分ではなかった。*S. siniae* 攻撃に対して *S. siniae* 単独ワクチン区は従来の結果と同様に高い有効率を示したが、混合ワクチンではやや有効率が低下した。混合攻撃では *S. siniae* 単独ワクチン区と混合ワクチン区の死亡のほとんどが *E. tarda* 単独によるものであった。以上のように、混合ワクチンは単独ワクチンに比べてエドワジェラ症や混合感染に対して若干効果が高まる可能性はあるが、それは十分なもの

ではないと考えられた。

ま と め

- 1) 攻撃後の死亡率が低かったために、ブリ類結節症試作ワクチンの有効性は確認されなかった。
- 2) *Nocardia seriolae* は、菌株ごとに毒性が異なり、今回検討した6株のうちでは、NUF27, NUF478, NUF856株が比較的毒性が強く、NUF36, NUF858は弱毒であることがわかった。
- 3) *Nocardia seriolae* を用いた攻撃方法の検討を行った結果、筋肉接種と菌浴による攻撃が自然感染魚と類似の症状を呈することがわかった。
- 4) ブリのノカルジア試作ワクチンの有効性について、効果が期待できる結果が得られた。
- 5) ヒラメのレンサ球菌症・エドワジェラ症混合ワクチンの有効性について検討した結果、混合ワクチンは単独ワクチンに比べてエドワジェラ症や混合感染に対して若干効果が高まる可能性があることがわかった。

(担当 高見)

表1 ブリのノカルジア症腹腔内接種攻撃試験における死亡尾数の推移

攻撃菌量 (mg/100gBW)	攻撃後の経過日数																				死亡尾数 /使用尾数
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
NUF27																					
1	0	0	2	3																	
0.1	0	0	0	0	2	2	1														
0.01	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1								
NUF36																					
1	0	0	0	1	2	2															
0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	
0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NUF478																					
1	0	0	2	1	2																
0.1	0	0	0	0	0	4	0	1													
0.01	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	2										
0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1					
NUF856																					
1	0	0	1	1	1	1	1														
0.1	0	0	0	0	0	2	2	1													
0.01	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	1		
NUF857																					
1	0	0	0	0	4	0	0	1													
0.1	0	0	0	0	0	1	1	2	1												
0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	
0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
NUF858																					
1	0	0	0	1	3	0	1														
0.1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

7. 環境負荷低減飼料開発に関する研究

宮崎 隆徳・佐藤 秀一^{*1}

海面養殖から環境への汚染負荷を軽減していくため、昨年度に引き続き東京海洋大学と共同で、ブリを対象に環境負荷低減飼料開発に関する研究を実施した。

なお、内容の詳細については平成15年度養殖漁場環境保全推進委託事業報告書（環境負荷低減技術開発事業）を参照されたい。

I. ブリ当歳魚および1歳魚を用いた海産養殖魚用飼料原料中のリンの消化吸収率試験

目 的

ブリにおける主要な飼料原料中のリンの消化吸収率の昨年度の測定結果にさらなる信頼性が必要と判断されたため、今年度はブリ当歳魚および1歳魚を用いて、海産養殖魚用飼料原料中のリンの消化吸収率および有効リン含量を測定した。

方 法

供 試 魚 総合水産試験場で種苗生産した早期採卵ブリ（当歳魚，1歳魚）を昨年度と同様、容量1tの自然採糞装置に収容し、実験に供した。

試験飼料 昨年度の試験結果に基づき調製した魚粉を基本とする対照飼料とリン含量の低い大豆油粕およびコーングルテンミール等で魚粉（アジミールまたはアンチョビミール）の40%を代替し、飼料中のリン含量を約0.5%削減した試験飼料を用いた。なお、試験飼料についてはリン無添加のものと第一リン酸カルシウムを0.8および1.6%添加したものととした。さらに、昨年度と同様に、主な飼料原料に含まれるリンの吸収率を測定した。

給餌および採糞 昨年度と同様に行った。

結 果

リン含量の低い大豆油粕およびコーングルテンミール等で魚粉（アンチョビミール）の40%を代替し、飼

料中のリン含量を約0.5%削減した飼料では、有効リン含量が要求量を満たしていなかったが、水溶性の第一リン酸カルシウムを添加することにより増加し、1.6%添加でブリで求められているリン要求量に近くなった。

当歳魚のリンの消化吸収率は、アジミール29%、アンチョビミール27%、大豆油粕27%、コーングルテンミール12%、小麦粉35%であり、有効リン含量はそれぞれ0.74%、0.71%、0.23%、0.08%、0.27%であった。

1歳魚のリンの消化吸収率は、アジミール19%、アンチョビミール27%、大豆油粕76%、コーングルテンミール23%、小麦粉69%であり、有効リン含量はそれぞれ0.50%、0.74%、0.33%、0.08%、0.47%であった。

II. ブリ当歳魚を用いた植物性原料配合飼料におけるクエン酸およびアミノ酸キレート微量元素の添加試験

目 的

リンの排泄量低減を目的に、リン含量の少ない植物性原料の配合ならびに鮭鱒類で魚粉由来のリンの利用性向上に効果のあるクエン酸、さらに植物性原料配合飼料で成長等に効果のあるアミノ酸キレート微量元素の添加効果について検討した。

方 法

供 試 魚 総合水産試験場で種苗生産した早期採卵ブリ当歳魚（平均魚体重160g）を平成15年8月1日～11月21日まで海面飼育した。

試験飼料 魚粉を基本とする対照飼料とリン含量の低い大豆油粕およびコーングルテンミール等で魚粉（アンチョビミール）の40%を代替し、飼料中のリンの消化吸収率を高める目的で、クエン酸を2%あるいはアミノ酸キレート微量元素を添加した試験飼料を用いた。

* 1 東京海洋大学

結 果

リン含量の低い大豆油粕およびコーングルテンミール等で魚粉（アンチョビミール）の40%を代替し、飼料中のリンの消化吸収率を高める目的で、クエン酸を2%あるいはアミノ酸キレート微量元素を添加した飼料では、成長が対照区と比べて、クエン酸添加区は若干劣ったが、アミノ酸キレート微量元素添加区では良かった。リンの排泄量は、対照区と比べて、クエン酸添加区がわずかに低かったが、アミノ酸キレート微量元素添加区では約30%も低くなった。

ま と め

- 1) 主要な汚染原因物質であるリンの排泄量軽減のため、ブリ当歳魚および1歳魚について養魚用飼料の主な原料となっているアジミール、アンチョビミール、大豆油粕、コーングルテンミール、小麦粉についてリンの消化吸収率および有効リン含量を測定した。
- 2) 魚粉（アンチョビミール）の40%を代替し、飼料中のリン含量を約0.5%削減した飼料では、有効リン含量が要求量を満たしていなかったが、第一リン酸カルシウムを添加することにより増加し、1.6%添加でブリで求められているリン要求量に近くなった。

当歳魚のリンの消化吸収率は、アジミール29%、

アンチョビミール27%、大豆油粕27%、コーングルテンミール12%、小麦粉35%であり、有効リン含量はそれぞれ0.74%、0.71%、0.23%、0.08%、0.27%であった。

1歳魚のリンの消化吸収率は、アジミール19%、アンチョビミール27%、大豆油粕76%、コーングルテンミール23%、小麦粉69%であり、有効リン含量はそれぞれ0.50%、0.74%、0.33%、0.08%、0.47%であった。

- 3) 魚粉代替原料を使用した飼料中のリンの消化吸収率を高める目的で、クエン酸を2%あるいはアミノ酸キレート微量元素を添加した飼料では、成長が魚粉主体飼料を給餌した対照区と比べて、クエン酸添加区は若干劣ったが、アミノ酸キレート微量元素添加区では良かった。リンの排泄量は、対照区と比べて、クエン酸添加区がわずかに低かったが、アミノ酸キレート微量元素添加区では約30%も低くなった。
- 4) リン含量の低い植物性原料を配合すると、リンの排泄量を低減できることが明らかとなった。また、アミノ酸キレート微量元素等の添加により飼料の性能を高めることができ、環境負荷低減飼料の開発に有効であることが示唆された。

(担当 宮崎)

8. 魚介類の高鮮度保持技術開発試験

岡本 昭・野中 健・橋 勝康*・三浦 勝貴*

I. イサキの保存温度が生鮮鮮度変化に及ぼす影響

本県の漁獲量が低迷する中で、水産物の価値を左右する鮮度を高いレベルで保ち、付加価値を向上させることが求められている。特に、漁業を基幹産業とする離島、半島が多く、関東・関西など大消費地から遠い地理的条件にある本県にとって、高鮮度の保持技術の開発・改良は重要な課題である。

一方、消費者からは高鮮度・高品質・安全性のある水産物が求められており、ブランド化の推進が望まれる県産主要魚種について、鮮度保持技術の開発・改良を行い、安心、安全な水産物を提供し、付加価値を向上することは漁家経営の改善に資する。

魚の流通において、死後硬直前の魚は活魚として活魚と同等の取り扱いを受け、高価での取引が行われ、死後硬直の進行は価格形成と密接な関係がある。よって、死後硬直を遅延させることで、高価での取引が期待できる。

我々は平成14年度において、夏季のマアジの貯蔵温度については氷蔵よりも15℃におけるATPの減少が緩慢で、死後硬直が遅延することを報告した。

本研究では、死後硬直を遅延させる方法について、昨年までマアジを用いて検討してきたが、今年度は天然及び養殖イサキを用い、鮮度変化に及ぼす保存温度の影響について検討した。

試料および方法

試料魚 平成15年8月中旬に長崎県近海で漁獲されたイサキ（平均体重 480.8 ± 44.6 g, 平均体長 26.8 ± 1.2 cm, 環境水温 25°C ）および平成16年1月まで長崎市戸石漁業協同組合で飼育されたイサキ（平均体重 481 ± 23.7 g, 平均体長 26.8 ± 0.9 cm, 環境水温 15.5°C ）を実験室に運搬し、水槽中で1昼夜安静にして実験に用

いた。実験に用いた個体数は各々35尾であった。

試験方法 試料魚を延髄刺殺後、脊髄破壊処理（神経抜き）を行い、そのままの状態で各々ポリエチレン袋に保存し、氷蔵、5、10、15、 20°C で貯蔵した。各々0、3、6、9、12、18、24、48時間目に背部普通肉を採肉し、ATP関連化合物、グリコーゲン、乳酸および死後硬直を測定した。

各分析方法は前報に準じた。¹⁾

結果

1. 夏期に漁獲された天然イサキの保存温度の影響

種々の保存温度におけるATP-AMP三合計値が約20%まで減少したのは、 15°C 保存が最も速く、次いで 5°C 、氷蔵で、 10°C 、 20°C 保存では減少が緩慢であった（図1）。ただし、 15°C 保存の減少が速かった理由はわからない。また、IMP値はピークに達するまでの時間は 10°C 保存が最も遅く、保存24時間目にピークを示した（図2）。

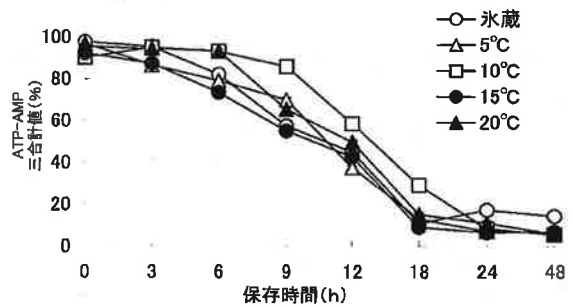


図1 天然イサキのATP-AMP三合計値の経時変化

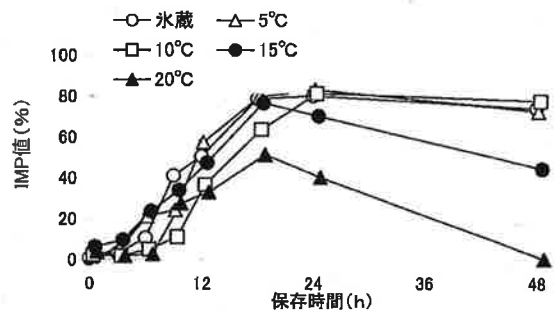


図2 天然イサキのIMP値の経時変化

*長崎大学水産学部

K値は10℃以下の保存では保存48時間目でも20%以下で良好な鮮度状態にあった。15℃保存では保存24時間目まではめだつた変化はなかったが、保存48時間目は約45%に上昇した。20℃保存では保存12時間目から上昇が認められ、保存48時間目で約90%となった。K値の上昇を各保存温度で比較すると20℃が最も速く、次いで15℃で、10℃以下では顕著な差は認められなかった(図3)。

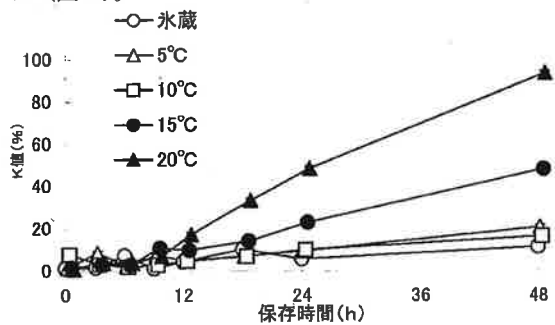


図3 天然イサキK値の経時変化

グリコーゲン含量は保存時間の経過とともに減少したが、保存9時間目で比較すると10℃保存において顕著に多かった(図4)。

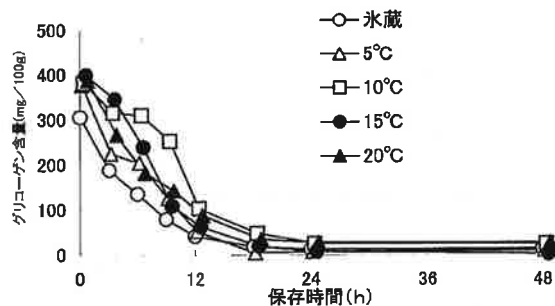


図4 天然イサキのグリコーゲン含量の経時変化

乳酸は低温での保存より10℃以上の保存において上昇が抑制される傾向にあった(図5)。

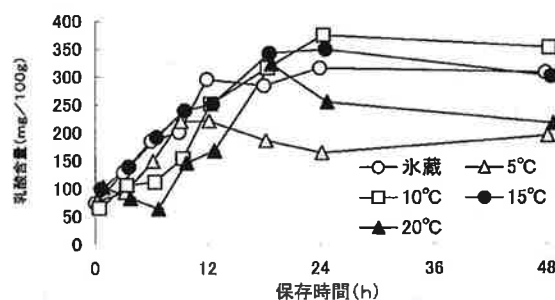


図5 天然イサキの乳酸含量の経時変化

硬直指数は5℃が最も速く上昇し、次いで20℃、氷蔵保存であった。15℃は死後硬直開始は遅かったが保

存48時間目には解硬が見られた。20℃保存はピークに達した後、解硬がみられた(図6)。

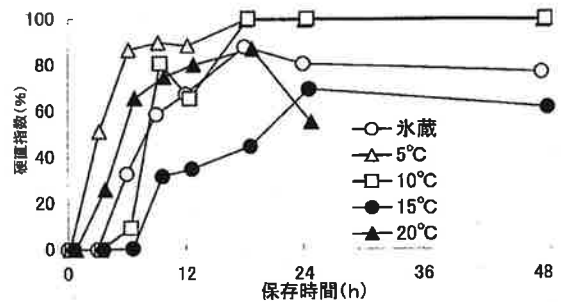


図6 天然イサキの硬直指数の経時変化

2. 冬期に飼育された養殖イサキの保存温度の影響

種々の保存温度における ATP-AMP 三合計値が約20%まで減少したのは5℃保存が最も速く保存12時間目に20%を下回った。次いで氷蔵で、10~20℃保存では減少が緩慢であった(図7)。

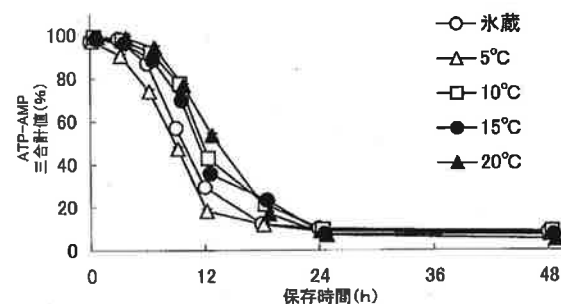


図7 養殖イサキのATP-AMP三合計値の経時変化

IMP値はピークに達する時間は10℃及び15℃保存が他の温度に比較して遅かった。ピークに達した後の低下は20℃保存が最も速く、次いで15℃保存で、それ以下の保存ではめだつた減少は見られなかった(図8)。

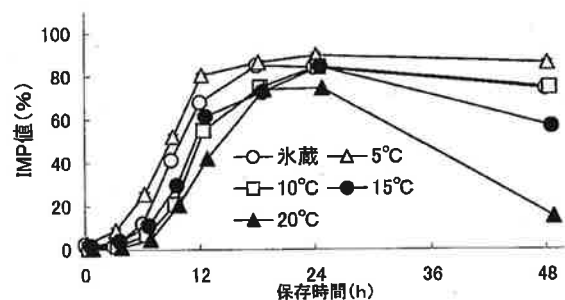


図8 養殖イサキのIMPの経時変化

K値は10℃以下の保存では保存48時間目でも20%以下であった。15℃保存では保存24時間目まではめだつた変化はなかったが、保存48時間目は約35%に上昇し

た。20℃保存では保存12時間目までは目立った上昇は認められなかったが、その後、上昇し、保存24時間目で約20%、保存48時間目で約80%となった。K値を各保存温度で比較すると20℃が最も速く、次いで15℃、氷蔵、10℃、5℃の順だった(図9)。

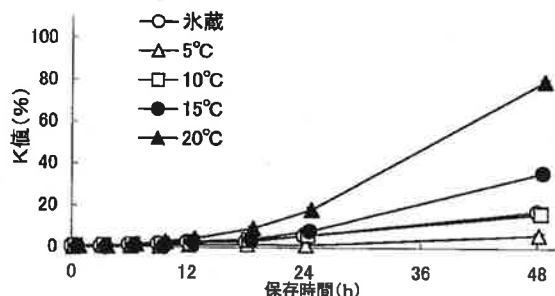


図9 養殖イサキのK値の経時変化

グリコーゲンは保存時間の経過とともに減少した。筋肉中のグリコーゲンが完全に消失するのは10℃保存よりも15℃及び20℃保存が速かった(図10)。

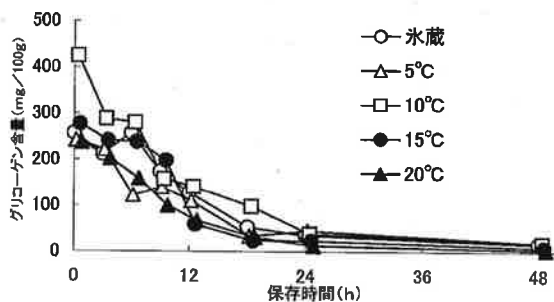


図10 養殖イサキのグリコーゲン含量の経時変化

乳酸は各保存温度で保存18~24時間にピークに達したが、その後の減少は、15℃及び20℃保存の減少が大きかった(図11)。

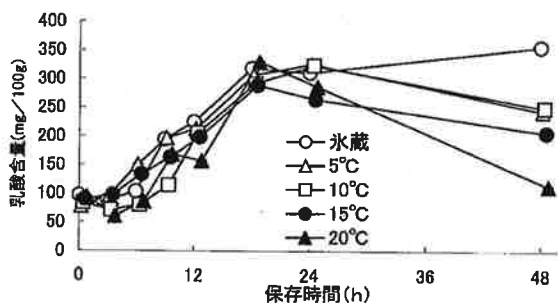


図11 養殖イサキの乳酸含量の経時変化

硬直指数は氷蔵が最も速く上昇し、次いで15℃、20℃保存であった。15℃、20℃保存は保存48時間目には解硬がみられた。5℃、10℃保存は死後硬直は遅く始まり、実験終了時のレベルも高かった(図12)。

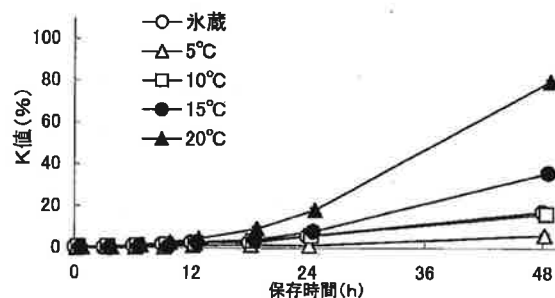


図12 養殖イサキの死後硬直の経時変化

まとめ

- 1) 養殖イサキ、天然イサキとも死後硬直の進行を遅延させるには10℃保存が良いと考えられた。また、天然イサキでは養殖イサキと比較して、ATP関連化合物の分解速度が速かった。
- 2) 今回の検討では、鮮度変化に影響を及ぼすとされる天然と養殖の差、棲息水温による差の二つの要因が関係しているため、単純には比較できない。今後は夏季に飼育された養殖イサキおよび冬季に漁獲された天然イサキを検討して、イサキの鮮度保持の機構を明かにできるものと考えられた。

文献

- 1) 野中 健他：マアジ保存温度と致死条件が生鮮度変化に及ぼす影響。平成13年度長崎県総合水試事業報告書、201-204(2001)

(担当 岡本)

9. 未利用魚の筋原繊維蛋白質を利用した機能性高分子ゲルの開発と応用

大迫 一史・野崎 征宣*¹・古川睦久*²

本研究課題（未利用魚の筋原繊維蛋白質を利用した機能性高分子ゲルの開発と応用）においては、最終的に、開発されたハイブリッドゲルから成るマイクロカプセルを海藻シート（基質）に埋め込み、これをアワビ種苗生産に生かすことを目的としているが、本小課題においては、

(1) 基質特性の解明（選択した基質の有効性を確認する）

産業面を考慮した場合、ワカメを用いるのが最も現実的であるが、現在までの研究において、水溶性成分の逸散、ワカメ由来脂質の加工工程中の酸化が問題点として残っている。よって、

- ① 水溶性成分の基質からの溶出の確認・・・経時的に、基質からの水溶性成分の溶出を調べる。
- ② 過酸化脂質がアワビ稚貝の成長・生残に及ぼす影響を確認する・・・アルカリ溶解したワカメペーストに過酸化脂質を添加しこれをカルシウム塩下で凝固させ、アワビに投餌する。
- ③ 加工工程中のワカメ脂質酸化の検証・・・ワカメを基質へと加工する場合に、どの時点で脂質が酸化脂質となるかを、工程を追って確認する。

(2) ハイブリッドカプセルを埋め込んだ餌料がアワビ稚貝に与える影響の解明（アワビ稚貝に及ぼすハイブリッドゲルカプセルの影響調査）

- ① 基質に対するハイブリッドゲルの添加量を変えて、飼育実験を行い、アワビの成長・生残に及ぼす影響を調べる。

ことを目的とした。

実験方法

アワビ稚貝の飼育

平成15年11月14日から12月14日までの1ヶ月間飼育を行なった。飼育は直径10cmの塩化ビニル製筒の下

部に1辺が0.5mm程度のメッシュの網を張り、上部からは4-5箇所から50cc/分程度の速度で濾過海水を滴下して行なった。塩化ビニル筒1個に対して40個体のアワビを飼育した。餌料は、上記方法で調製したシート状のものを、0.25g/個体与え、翌々日残餌を除去し、新たに投餌した。飼育水温は図1に示した。

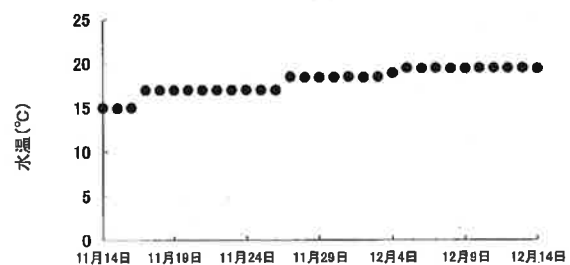


図1 アワビ飼育水温の変化

一般成分の分析

水分は、試料10gを精秤後、105°Cで恒量にして求めた。試料を600°Cで灰化後恒量にして粗灰分とした。粗タンパク質含量はKjeldahl法で全窒素量を求めたのち6.25を乗じて求めた。粗脂肪含量はFolchらの方法で求めた。

過氧化物価、酸価、および脂肪酸組成の測定

過氧化物価および酸価の測定は常法により行なった。上記の方法で抽出した粗脂肪30mgを精秤後、3~5滴の塩酸を滴下した30mlのメタノール中で3時間煮沸した。冷却後、ヘキサン(和光特級)を加えて分液ロート中で激しく振り混ぜた後ヘキサン層のみを得た。これをシリカゲル(Merk & Co Ltd製 Kieselgel 60, 70-230 mesh)で精製後、得られたメチルエステルをガスクロマトグラフ(島津製作所製 GC17A, カラムはSUPELCO OMEGAWAX-250)で分析した。インジェクター、カラムおよびディテクターの温度はそれぞれ、250, 205, および250°Cであった。スプリット比は25:1であった。

* 1 長崎大学水産学部

* 2 長崎大学工学部

統計解析

平均値の比較は、Scheffe の検定法を用いて行なった。

(1) 基質特性の解明

① 水溶性成分の基質からの溶出の確認

2003年に長崎県島原半島で延縄養殖により生産し、それを塩蔵加工（生原料をボイルしたのち、食塩をまぶすもの）したものを購入し、これを用いた。塩蔵ワカメは流水中で1時間洗浄して塩抜き後、これに対して2%の炭酸水素ナトリウム（和光純薬工業製 食品添加物用）を加え、アルカリ加熱溶解後、総重量に対して5%のアルギン酸ナトリウム（和光純薬工業製 一級、以下 Na-Arg）および5%のグルタミン酸ナトリウムを添加後、5%塩化カルシウム水溶液中に3時間浸漬して凝固させ、3cm×3cm×1mmの板状（基質）にした。これを、15Lの容器に入れ、30mL/minの海水を換水させて経時的に基質を取り出し、Kjeldahl法で基質中の窒素量を算出した。結果は、基質凝固前のペースト中のエキス窒素量を100とし、相対値で表した。

② 過酸化脂質がアワビ稚貝の成長・生残に及ぼす影響調査

「①水溶性成分の基質からの溶出の確認」と同様に塩蔵ワカメをアルカリ加熱溶解後、総重量に対して5%の Na-Arg を加えたものに、一方はスルメイカ肝臓からの抽出油（イカ肝油）を与え、一方はこれを105℃の恒温槽内に通気状態で1週間放置したもの（酸化イカ肝油）をそれぞれ3%添加し、これを塩化カルシウム溶液中で凝固させたものを与えた。また、油脂を添加しないものを対照として用いた。

③ 加工工程中のワカメ脂質酸化の検証

2003年に長崎県島原半島で延縄養殖により生産された生ワカメを、製造現場と同様に、80℃で5分間加熱し、これに対して15%の塩化ナトリウムを混合して48時間放置後、遠心分離脱水装置で脱水し、さらに総重量に対して10%の塩化ナトリウムを加え、一部に真空凍結乾燥を行い一般成分および脂肪酸組成の測定に供した。

(2) ハイブリッドカプセルを埋め込んだ餌料がアワビ稚貝に与える影響の解明

① 基質に対するハイブリッドゲルの添加量を変えての、飼育実験を行い、アワビの成長・生残に及ぼす影響調査

「①水溶性成分の基質からの溶出の確認」と同様に塩蔵ワカメをアルカリ加熱溶解後、総重量に対して5%の Na-Arg を加えたものに、これに対してそれぞれ3および7%のハイブリッドゲルを添加し、これを塩化カルシウム溶液中で凝固させたものを与えた。また、ハイブリッドゲルを添加しないものを対照として用いた。

結果

(1) 基質特性の解明

① 水溶性成分の基質からの溶出の確認

図2に海水浸漬中における基質中の水溶性成分の変動を示した。図が示すとおり、基質からの水溶性成分の流出は海藻ペーストを塩化カルシウム溶液中で凝固させる段階から始まり（この時点で、もとの85%）、海水に45分間浸漬後ですでに半減していた。速度は低下したもののその後も溶出は続き、4時間後にはもとの20%、16時間後には全てが溶出した。アワビの稚貝が投餌して摂餌するまでの長時間を要することをかんがえると、あらためてハイブリッドゲルによる水溶性成分のカプセル化の必要性が大きかった。

② 過酸化脂質がアワビ稚貝の成長・生残に及ぼす影響調査

表1に、イカ肝油の脂質性状を、図3および4に、3%のイカ肝油を添加した餌料および、同量の酸化したイカ肝油を添加した餌料で飼育したアワビの全重量

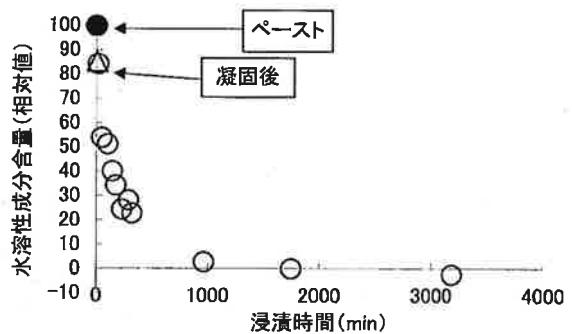


図2 海水浸漬中における基質中の水溶性成分の変動

表1 イカ肝油の脂質性状

	イカ肝油	酸化イカ肝油
過酸化物質 (meq/kg)	3.7	112.0
酸価	0.2	8.8
脂肪酸組成 (%)		
全飽和酸	22.7	36.3
C14:0	4.3	7.2
C16:0	15.5	24.6
C18:0	3.0	4.6
全モノエン酸	27.6	36.9
C16:1 n-7	4.3	6.3
C18:1 n-9	10.2	14.1
C18:1 n-7	3.3	4.5
C20:1 n-9	4.9	4.1
C22:1 n-11	4.5	6.1
C22:1 n-9	0.4	0.9
C24:1 n-9	0.0	0.8
ジエン酸	1.0	1.0
C18:2 n-6	1.0	1.0
全ポリエン酸	36.6	8.1
C18:3 n-6	ND	ND
C18:4 n-3	1.4	0.5
C20:3 n-3	ND	ND
C20:5 n-3	13.5	3.5
C22:5 n-3	1.1	0.2
C22:6 n-3	20.7	3.8
全炭水化物成分	12.0	17.7

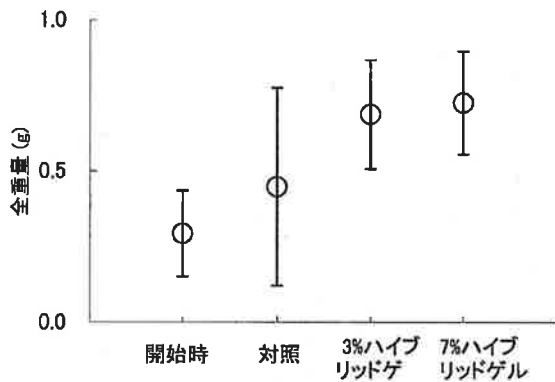


図3 イカ肝油を添加した基質で飼育したアワビの全重量

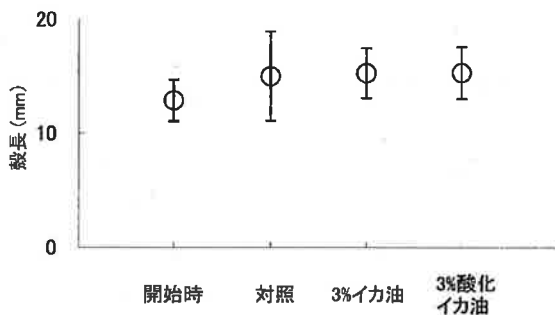


図4 イカ肝油を添加した基質で飼育したアワビの殻長

および殻長を示した。

イカ肝油の脂質性状は、過酸化物質 (PV, Peroxide Value) および酸価 (AV, Acid value) が低く (それぞれ 3.7meq/kg および0.2), 脂肪酸組成ではポリエン酸含量が高い結果を示したが、酸化イカ肝油は、過酸化物質が非常に高く (112 meq/kg), 酸価も若干高い (8.8) 傾向を示した。脂肪酸組成ではポリエン酸の含量が低く、相対的に飽和酸およびモノエン酸の含量が高くなっていった。以上のことから、

酸化イカ肝油はもとのイカ肝油に比較して非常に酸化されていることがわかった。次に、これらをそれぞれ3%添加した基質で飼育したアワビの成長を示した (図3および4)。全重量では、実験開始時、対照 (基質のみ)、3%イカ肝油添加、および酸化3%イカ肝油を添加した基質で飼育したアワビの全重量には有意差がなかった。殻長では、実験開始時に比較して3%イカ肝油添加、および酸化3%イカ肝油を添加した基質で飼育したアワビの殻長が若干大きかったものの、それ以外では有意差は無かった。また、表2にアワビの日間給餌率および生残率を示したが、日間給餌率は海水温の上昇に伴い活発になり、餌料の違いによる大きな差は見られなかった。また、生残率にも影響は見られなかった。さらに、表3にアワビ稚貝の一般成分を示したが、この結果より、脂質を与えることにより、粗タンパク質含量は減少し、粗脂肪含量が高くなることが明らかになった。

以上の結果より、脂質は酸化の有無に関わらず、アワビ稚貝の育成には影響を与えないことが明らかになった。

表2 イカ肝油を添加した基質で飼育したアワビの日間給餌率および生残率

餌料	日間給餌率 (g/g/d)				生残率 (%)
	11月14日-17日	11月17日-20日	11月24日-12月1日	12月1日-8日	
3%イカ肝油	0.0	2.1	2.4	3.9	
3%酸化イカ肝油	0.0	2.7	2.3	2.9	
対照	0.0	4.0	3.5	7.8	

*50個体に対する日間給餌率

表3 イカ肝油を添加した基質で飼育したアワビの一般成分 (%)

	水分	粗脂肪	粗タンパク質	粗灰分	粗炭水化物
開始時	77.4	2.0	15.3	2.0	
対照	76.7	2.8	14.0	2.6	
3%イカ肝油	77.6	4.5	13.7	2.5	
3%酸化イカ肝油	75.9	7.3	13.7	2.5	0.6

③ 加工工程中のワカメ脂質酸化の検証

表4に加工工程中の一般成分の変化を、表5に脂肪酸組成の変化を示した。工程中に塩分由来の粗灰分が増えることを含め、当然ながら一般成分に変化は見られず、また脂肪酸組成にも変化は無かった。よって、塩蔵ワカメをアワビ餌料として用いるのに、脂質の酸化劣化による問題は生じないであろうことが示唆された。但し、今回は検討していないが、塩蔵ワカメを保存中に脂質の酸化劣化が生じる可能性もある。

表4 ワカメ塩蔵加工工程中の一般成分の変化

一般成分 (%)	原料ワカメ	塩蔵後	真空凍結乾燥後
水分	90.5	68.5	4.1
粗脂肪	0.5	0.8	2.4
粗タンパク質	1.5	2.7	8.2
粗灰分	3.7	19.0	57.7
粗炭水化物	3.8	9.0	27.5
固形物換算			
粗脂肪	5.1	2.6	2.6
粗タンパク質	15.4	8.6	8.6
粗灰分	38.9	60.3	60.2
粗炭水化物	40.6	28.5	28.7

表5 ワカメ塩蔵加工工程中の一般成分の変化

脂肪酸組成 (%)	原料ワカメ	塩蔵後真空凍結乾燥後
飽和酸	4.7	4.5
C14:0	2.6	3.1
C16:0	1.2	0.8
C18:0	0.9	0.7
全モノエン酸	31.6	26.7
C16:1 n-7	23.3	19.9
C18:1 n-9	8.3	6.8
C18:1 n-7	trace	trace
C20:1 n-9	trace	trace
C22:1 n-11	trace	trace
C22:1 n-9	trace	trace
C24:1 n-9	trace	trace
ジエン酸	7.6	7.4
C18:2 n-6	7.6	7.4
全ポリエン酸	46.5	53.5
C18:3 n-6	6.0	9.0
C18:4 n-3	15.7	21.6
C20:3 n-3	15.1	12.2
C20:5 n-3	9.7	10.6
C22:5 n-3	trace	trace
C22:6 n-3	trace	trace
全未同定成分	9.6	7.9

(2) ハイブリッドカプセルを埋め込んだ餌料がアワビ稚貝に与える影響の解明

① 基質に対するハイブリッドゲルの添加量を変えての、飼育実験を行い、アワビの成長・生残に及ぼす影響調査

図5および6に、ハイブリッドゲルを添加した基質で飼育したアワビの全重量および殻長を示した。対照で飼育したアワビには増重は認められなかったが、ハイブリッドゲル添加基質を与えたものは、いずれも増重が認められた。また、ハイブリッドゲルの3%と7%添加の餌料では、その増重効果に有意差は認められなかった。殻長においては、対照で飼育したアワビは開始時に比較して大きかったが、その増大効果はハイブリッドゲル添加の基質には劣り、また、ハイブリッドゲルの3%と7%添加の餌料では、その効果に有意差は認められなかった。

以上の結果より、ハイブリッドゲルはアワビの成長を妨げるどころか、増重および殻の成長に寄与することが明らかになった。また、表6に示したように、ハイブリッドゲル添加による日間給餌率および生残率の低下は認められなかった。さらに、表7より、ハイブリッドゲルを取り込ませることによる、アワビ稚貝の

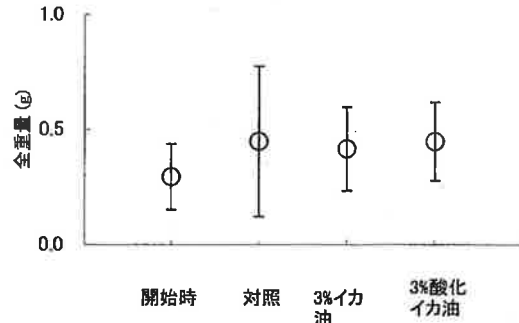


図5 ハイブリッドゲルを添加した基質で飼育したアワビの全重量

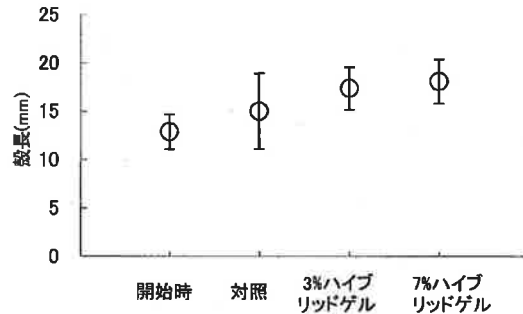


図6 ハイブリッドゲルを添加した基質で飼育したアワビの殻長

表6 ハイブリッドゲルを添加した基質で飼育したアワビの日間給餌率および生残率

餌料	日間給餌率 (%/day)				生残率 (%)
	11月14日~12日	11月12日~24日	11月24日~12月1日	12月1日~15日	
対照	0.0	3.1	2.4	3.8	
3%ゲル	0.3	3.8	2.4	4.3	
7%ゲル	0.0	4.7	3.7	4.0	

表7 ハイブリッドゲルを添加した基質で飼育したアワビの一般成分 (%)

	水分	粗脂肪	粗タンパク質	粗灰分	粗炭水化物
開始時	77.4	2.0	15.3	2.6	
対照	78.7	2.8	14.0	2.6	
3%ゲル	77.3	1.9	15.7	2.4	
7%ゲル	76.8	2.0	16.5	2.2	

成分変化は認められなかった。

まとめ

- 1) ワカメを原料とした基質に、海水中での水溶性成分の保持効果は無いため、アワビに水溶性成分を取り込ませようとする場合、ハイブリッドカプセルゲル等に水溶性成分を閉じ込めた状態で投餌する必要がある。
- 2) 脂質は酸化の有無に関わらず、アワビ稚貝の成育には影響を与えない。
- 3) 塩蔵ワカメをアワビ餌料として用いるのに、脂質の酸化劣化による問題は生じない。
- 4) ハイブリッドゲルはアワビの成長を妨げるどころか、増重および殻の成長に寄与する。

(担当 大迫)

10. かまぼこの冷凍耐性付与法の開発

大迫 一史・野崎 征宣*

かまぼこの安定生産を図るには、長期保管が必要であり、長期の保管には冷凍保存が最適である。しかし、一般的にかまぼこを凍結保管すると、その物性は著しく劣化するとされている。そこで、冷凍保存によるかまぼこの品質劣化防止法を開発するため、澱粉などの添加物が冷凍保管したかまぼこの物性に及ぼす影響を検討した。

方 法

試料 東シナ海で水揚げされ、長崎魚市に水揚げされたエソを用いた。

落とし身、および清水晒肉の調製 供試魚は鱗を取り除き、粘質物を拭き取ったのち、フィレーにした。これを網ロール式採肉機（備文機械製作所製 NF2D-X 型、孔直径4mm）にかけて落とし身を採取した。清水晒は落とし身の5倍量の水道水で3回行った。水晒終了後、高速遠心脱水機（ニックリ製 BEM-13S 型）を用いて予備脱水し、さらに加圧脱水機（駒形機械製作所製 KS-1型）を用いて脱水した。

加熱ゲルの調製 破碎肉を高速カッター（ステファン社製 UM-5型）で3分間播潰して肉糊とした。なお、播潰の途中で所定量の食塩、澱粉、デキストリン、マルトース、およびグルコースを加え、折径42 mmの塩化ビニリデンチューブに充填したのち、40℃で30分加熱したのち、90℃で30分加熱してゲルを形成した。加熱終了後、直ちに氷水中で冷却し、室温に放置したのち急速凍結後、-25℃で保存し、経日的に供試した。

加熱ゲル物性の測定 加熱ゲルを25mm幅の輪切りにし、5 mmの球形プランジャーを装着したレオメーター（不動工業製 NRM-2003J）を用い、試料台上昇速度は60 mm/minとして、破断強度（gw）を測定した。**示差走査熱分析による不凍水量の測定** 不凍水量の測定は、示差走査熱量計（セイコー電子工業製 DSC-

100型）を用いて、若松らの方法に準じて次のように行った。すなわち、試料20mgをアルミニウム製密封試料容器に詰めて精秤した後、試料温度-40℃から最終温度25℃まで昇温速度1.0℃/minで融解熱量を測定した。すり身中の融解熱量は自由水によるものと仮定して凍結水量を算出し、常圧乾燥法（105℃）で測定した水分含量からこれを減じて不凍水量とし、乾物重量に対する不凍水量（gH₂O/g dried matter）を示した。

結 果

かまぼこの破断強度 所定の濃度となるよう食塩、澱粉、デキストリン、マルトース、およびグルコースを加え、2段階加熱を行ってゲルを形成し、冷凍したかまぼこの凍蔵中の物性の変化を図1-5に示した。対照は、凍蔵中に破断応力、破断凹みともに上昇した。澱粉においては2.5%添加したものの物性は凍蔵期間中全く変化しなかった。また、澱粉の添加濃度の上昇とともに、凍蔵中のかまぼこの物性の変化速度（とくに破断応力において）も大きくなった。デキストリン添加かまぼこにおいては、澱粉添加かまぼこと同様な経日変化を示したが、澱粉添加のそれと比較して全体的に破断凹み、破断応力ともに低い値を示した。また、澱粉添加と異なり、デキストリンの添加では2.5%においても物性は変化した。マルトースおよびグルコース添加かまぼこにおいては、デキストリン添加かまぼこことほぼ同様の経日変化を示したが、物性は全体的に高い値を示した。

不凍水量の変化 表1に、各添加物を含んだかまぼこ中の不凍水量を示した。明瞭な傾向は得られなかった。

ま と め

かまぼこを凍結保存する場合、2.5%澱粉を添加するのが適当であることが明らかになった。

（担当 大迫）

* 1 長崎大学水産学部

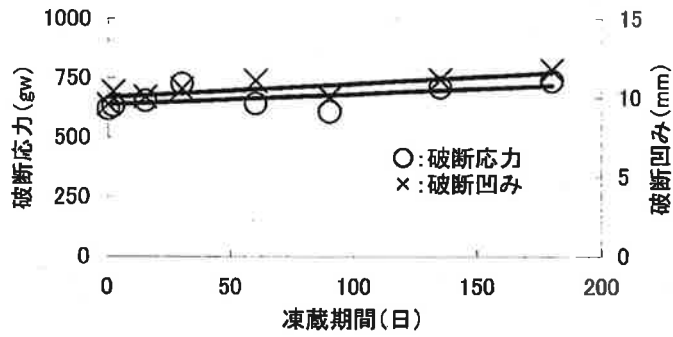


図1 対照 (無添加) の物性変化

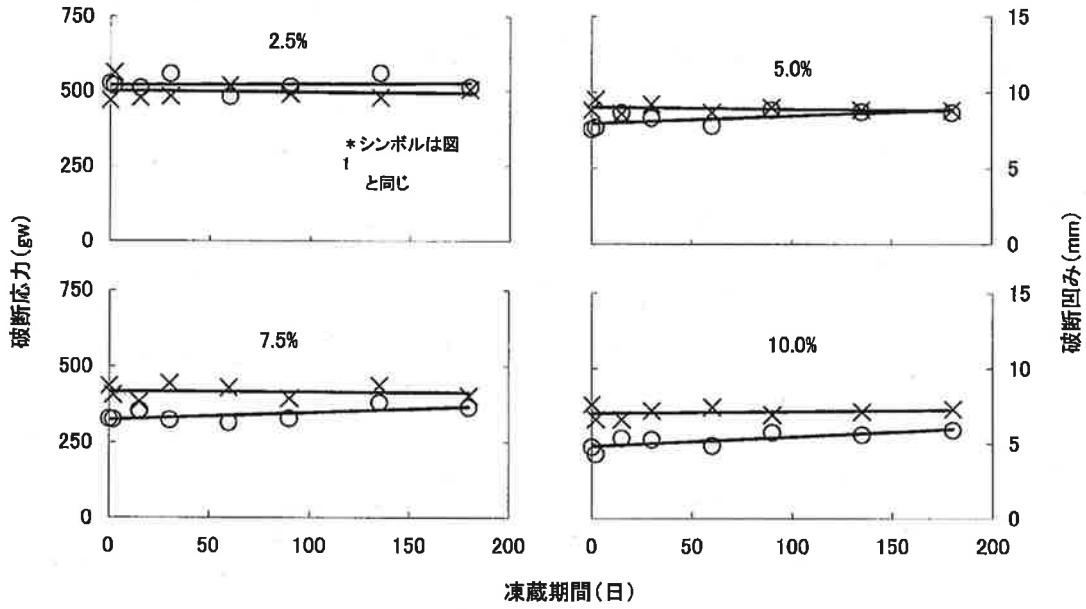


図2 澱粉添加かまぼこの凍蔵中の物性の変化

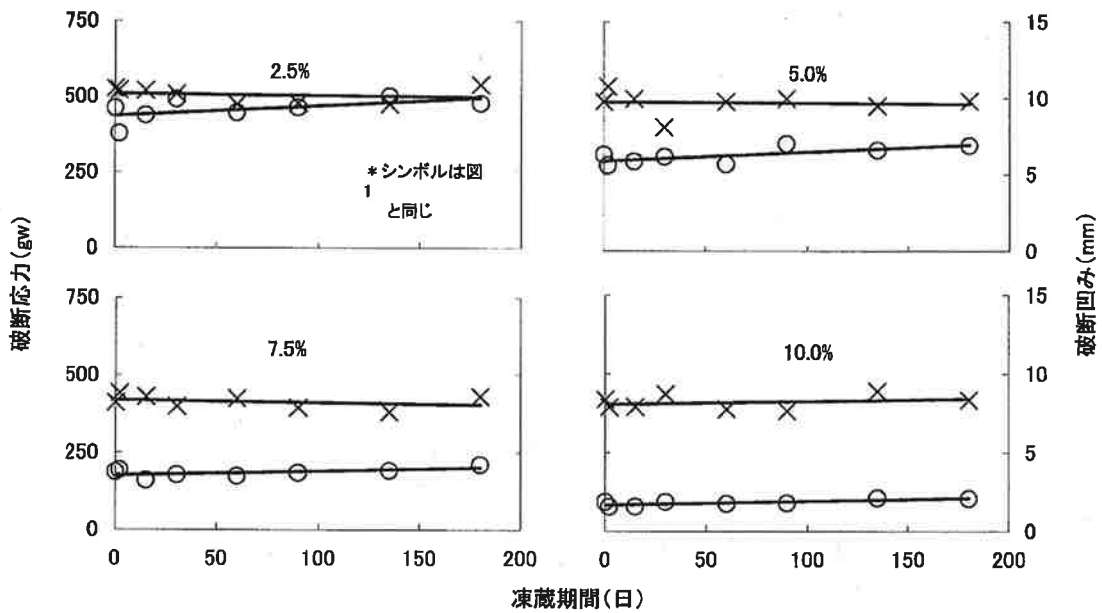


図3 デキストリン添加かまぼこの凍蔵中の物性の変化

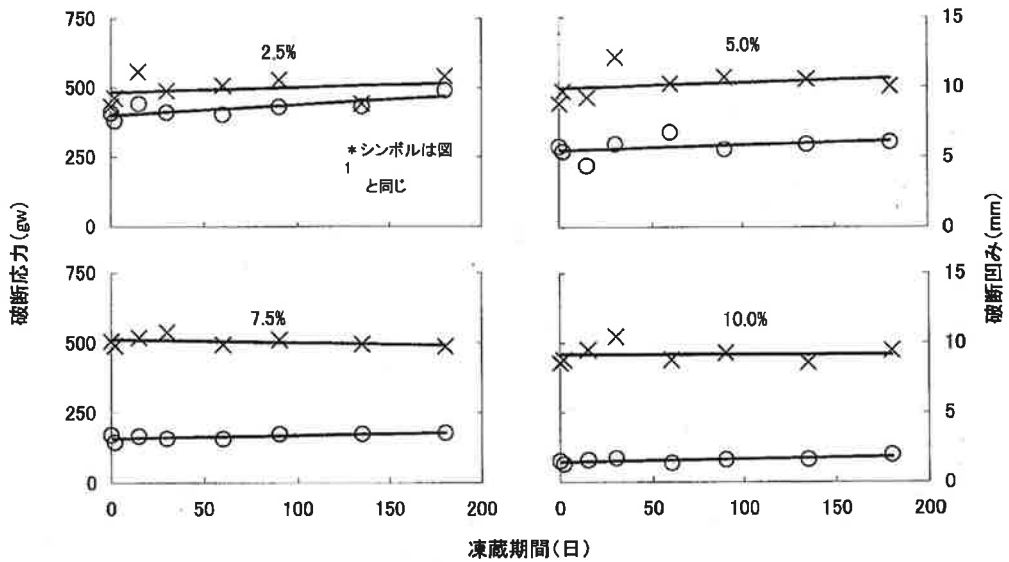


図4 マルトース添加かまほこの凍蔵中の物性の変化

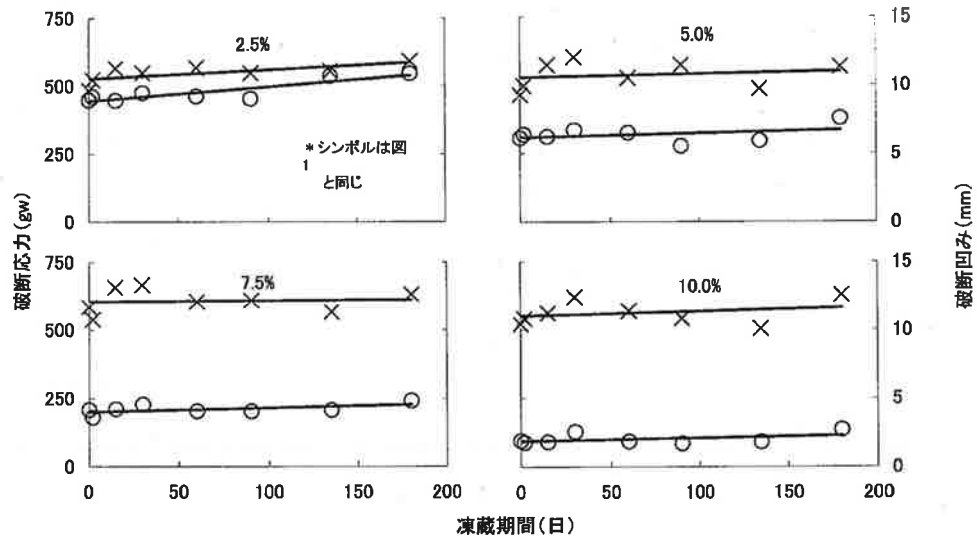


図5 グルコース添加かまほこの凍蔵中の物性の変化

表1 かまほこ冷凍保存中の不凍水量 (mg H₂O/mg dry matter) の変化

凍蔵期間	0	1	15	30	60	90	135	180
対照	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6
マルトース								
2.5%	1.0	0.9	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8
5.0%	0.7	1.0	0.7	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7
7.5%	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.9	0.7	0.7
10.0%	0.9	1.0	0.7	1.0	1.0	0.8	0.7	0.8
グルコース								
2.5%	0.8	0.9	0.7	0.9	0.9	0.9	0.8	0.6
5.0%	0.9	1.1	0.7	1.1	1.2	1.0	0.9	0.7
7.5%	1.0	1.2	0.8	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8
10.0%	1.0	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0
澱粉								
2.5%	1.0	0.7	0.6	0.7	0.9	0.7	0.7	0.5
5.0%	0.8	0.8	0.9	0.9	0.8	0.5	0.5	0.7
7.5%	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.5	0.3
10.0%	0.7	1.0	0.6	1.1	0.9	0.6	0.6	0.3
デキストリン								
2.5%	0.8	0.9	0.7	0.9	0.8	0.9	0.7	0.5
5.0%	0.6	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	0.8	0.5
7.5%	0.6	0.8	0.8	0.8	0.7	0.8	0.8	0.5
10.0%	0.6	0.8	0.8	0.6	0.8	0.7	0.7	0.5

11. 付着機能を有する卵を持つ浮魚類の産卵・加入評価に関する研究

一丸 俊雄・中園 明信*

資源量変動の大きい浮魚類の漁況予測や資源評価のために、産卵や稚仔魚加入の実態把握は重要な要素となる。本県で資源評価を行っている主要浮魚類のうちアジ・サバ・イワシ類といった魚種は分離浮性卵といった特質を持ち、卵稚仔が広範囲に浮遊していることからノルパックネット等による調査が実施されている。

しかしながら、トビウオ類については、産卵実態についてもまだ十分に解明されておらず、卵は沈性卵で付着のための特殊な構造を有していることから、ノルパックネット等による調査は不可能であり、現時点では産卵や加入に関する評価が実施できる状況下でない。

そこで、これらの魚種の繁殖生態を明らかにすると共に、産卵・加入に関わる量的な評価手法を開発するため本共同研究を実施した。

I. トビウオ類の卵膜および纏絡系の微細構造

近年、卵膜の微細構造が研究され、その構造の違いが種同定のための形質として考えられるとともに、生態的意義についても注目されるようになった。トビウオ科魚類の卵は纏絡系を有しているが、卵膜および纏絡系の微細構造についてはこれまでに報告がない。そこで、トビウオ科魚類のうちツクシトビウオ、ホソトビウオ、ハマトビウオ、ホソアオトビの4種について卵膜および纏絡系上の微細構造を明らかにし、それらの生態的な意義について検討した。

方 法

ホルマリンで固定した4種の卵を、メスで卵膜を2分割もしくは切れ目を入れ、濃度系列をつけたエチルアルコールで置換後、70%エチルアルコールで凍結乾燥を行なった。検鏡には、走査型電子顕微鏡を用い、卵膜と纏絡系の微細構造の観察および卵膜の厚さの計測を実施した。

結 果

ハマトビウオとホソアオトビでは卵膜表面に繊毛が見られ、纏絡系上にはこれより分岐する細かい糸状の構造が見られた。ツクシトビウオ、ホソトビウオでは卵膜表面、纏絡系ともに平滑で特殊な構造は存在しなかった。

また、卵膜は複数の層によって形成されており、ツクシトビウオで20層、ホソトビウオで18層、ハマトビウオは28層と多かったが、ホソアオトビでは8層と少なかった。卵膜の厚さはツクシトビウオで約17 μm 、ホソトビウオで約16 μm 、ハマトビウオで約28 μm であったが、ホソアオトビでは5 μm と薄かった。

ま と め

ツクシトビウオ、ホソトビウオ、ハマトビウオの縦断面構造は沈性卵に近い構造を、ホソアオトビは浮性卵に近い構造を呈しており、これらは産卵場所の違いを反映していると考えられた。

II. トビウオ類の卵及び親魚の分布調査

長崎県に來遊するトビウオ類未成魚主要3種のうちツクシトビウオとホソトビウオについては、初夏に親魚が岸近くに來遊し産卵することが明らかとなっているが、ホソアオトビについては産卵時期や産卵場所の実態が明らかにされていない。また、長崎県周辺海域においてトビウオ類親魚の漁獲は定置網によるものがほとんどであるが、ホソアオトビはまったく漁獲されていないことから、長崎県に來遊するトビウオ類未成魚に対応する親魚量の評価としては、定置網の漁獲統計のみではデータに不足を生じることになる。そこで、ホソアオトビの卵の分布を調べることで、漁獲統計に依らずに親魚來遊量あるいは産卵量の評価手法を検討することを目的として流れ藻の採集及びトビウオ類の

* 1 九州大学大学院農学研究院

飛翔目視のためのライトランセクト調査を実施した。

方 法

平成15年4～8月に、五島列島周辺海域で流れ藻等を採集し、魚卵の付着の有無を調べた。卵が付着していたものは、飼育に供するため総合水産試験場に輸送すると共に、一部の卵は藻に付着したまま切り取り、10%ホルマリン溶液で保存した。

また、調査船ゆめとびまたは漁船により五島西沖を航行し、その間船上からの目視によりトビウオ類の飛翔尾数を確認した。同様に、佐賀県呼子と壱岐印通寺間、壱岐郷ノ浦と対馬巖原間、対馬比田勝と博多港間に運行するフェリー上からも目視調査を実施した。

結 果

流れ藻はそのほとんどがアカモクであった。7月に福江島西沖の海域で、卵の付着が認められる流れ藻が採集され、実態顕微鏡下で卵を観察したところ、ホソアオトビの卵であることが確認された。

また、飛翔目視観察によりトビウオ類の親魚が確認され、岸近くのみならず沖にも多数分布していた。

ま と め

7月に卵が採集されたことにより、本県近海で夏季に産卵が行われていることが確認された。しかしながら、採集卵数が少ないことから、今後調査を重ねてデータを更に収集する必要があると考えられる。

また、目視調査により、沖の海域においてもトビウオ類の飛翔が観察されたことから、この手法により本県近海に來遊するトビウオ類の親魚量を評価できるものと考えられる。今後、未成魚の加入量の評価と併せて検討を進める必要がある。

Ⅲ. ホソアオトビの耳石に見られる微細輪紋

長崎県に來遊するトビウオ類未成魚主要3種のうち

ツクシトビウオとホソアオトビについては、耳石に見られる微細輪紋が日周輪であることが飼育実験により明らかにされている。しかしながら、ホソアオトビについては、まだ明らかにされていない。そこで、ホソアオトビの卵を採集し、飼育した仔稚魚から耳石を摘出して観察し、日周性の有無について検討した。

方 法

流れ藻に付着していたホソアオトビの卵を1Kl水槽に収容し飼育を行った。孵化後、ワムシ及びアルテミア、配合餌料を給餌し、50日間飼育を行った。標本は5日ごとに採集し、それぞれの個体の体長を計測した上で耳石(Sagitta、Asteriscus、Lapillus)を摘出した。各耳石は蒸留水で洗浄して乾燥させた後、スライドグラス上にエナメル樹脂で封入した。

結 果

摘出した耳石には日周輪の可能性が高いと思われる輪紋が確認された。小さい個体の耳石は、そのまま研磨なしでも光学顕微鏡下で透過光により輪紋を明瞭に観察することができた。しかしながら、大きい個体のSagittaやLapillusでは耳石が肥厚して不透明な部分が一部に見られると共に、光の屈折によって輪紋が観察しづらくなることが解った。

ま と め

耳石に輪紋が見られ、日周輪である可能性が高いと考えられることから、天然の未成魚の耳石を解析することで、産卵時期のピーク等を明らかにすることができる可能性が高まった。しかし、耳石が不透明部分を持つことから、今後研磨等の手法を導入して、より明瞭に輪紋を計数する必要がある。

(担当 一丸)

12. ホシガレイ体色異常防除に関する研究

— ホシガレイ体色異常発症メカニズムの解明 —

山田 敏之・田川 正明*

当水試では、ホシガレイの種苗量産技術開発に取り組んでいるが、生産した種苗の多くが体色異常個体であり種苗性に大きな問題を残している。

これまで、変態時に大量に分泌される甲状腺ホルモンと体色異常との関係について研究がおこなわれており、体色異常は変態の異常であると考えられるようになってきている。そこで、今年度は、変態に先駆けて魚体内で大量に分泌されることが知られているコルチゾルに着目し、仔魚をコルチゾルに浸漬することにより、コルチゾルが体色発現（異常）に及ぼす影響について検討したので概要を報告する。

方 法

ホシガレイふ化仔魚を、ふ化から日令30まで1tアルテミアふ化槽で予備飼育した後、100l透明パンライト水槽に収容し実験に供した。試験区は、試験区1：

コントロール、試験区2：コルチゾル低濃度区、試験区3：コルチゾル高濃度区、以上変態開始以前から変態完了期まで浸漬を継続。

試験区4：コルチゾル高濃度を変態開始期に浸漬、試験区5：コルチゾル高濃度を変態完了期に浸漬。以上5試験区とした。試験区1～3は、コルチゾルが体色異常に影響するかを見るために、試験区4～5は、コルチゾルが体色に影響する時期を限定するためにおこなった。

結 果

コルチゾル浸漬濃度が高いほど、両面有色が進行する傾向が見られた。また、変態開始期と変態完了期に高濃度で浸漬した試験では、両面有色の出現に差は見られなかった。

(担当 山田)

* 京都大学農学研究科