

1. タチウオの資源生物学的特性に関する研究

一丸 俊雄・夏苺 豊*¹

長崎県沿岸域におけるタチウオは平成13年には2,000tを超える漁獲が見られたが、その後減少してきている。この資源を持続的かつ有効に利用するためには、的確な資源評価を行うと共に適切な資源管理方策を見いだす必要がある。しかしながら、当海域におけるタチウオについては資源解析に必要な生物学的な知見が少ない。そこで、特に産卵、加入、成長、生残といった資源生物学的な特性を明かにすることを目的として共同研究を実施した。

I. タチウオの年齢と成長

長崎県近海産のタチウオの年齢査定を行い、成長を推定した。

方 法

材料には2002年11月～2007年12月までに橘湾および五島周辺海域で漁獲された3,221個体を用いた。年齢査定には耳石を使用し、成長輪の測定は双眼実体顕微鏡下で接眼マイクロメーターを用い、透明帯の内側を輪紋の測定部位とした。

結 果

耳石の成長輪は毎年5月前後に形成されると推定された。第1輪径の頻度分布を既知の報告のそれと比較すると、2.2mmを境にN型（輪径小）とW型（輪径大）の2つの発生群の存在が示唆された。そのためvon Bertalanffy成長式は、海域ごとに発生群別と雌雄別の計4群に分けて求めた。

橘湾

$$N \text{ 型} \cdot \text{雄} : Lt = 303.30 \{ 1 - e^{-0.584(t+0.797)} \}$$

$$N \text{ 型} \cdot \text{雌} : Lt = 408.18 \{ 1 - e^{-0.397(t+0.493)} \}$$

$$W \text{ 型} \cdot \text{雄} : Lt = 346.09 \{ 1 - e^{-0.453(t+0.876)} \}$$

$$W \text{ 型} \cdot \text{雌} : Lt = 563.89 \{ 1 - e^{-0.254(t+0.411)} \}$$

五島西沖

$$N \text{ 型} \cdot \text{雄} : Lt = 315.82 \{ 1 - e^{-0.530(t+0.907)} \}$$

$$N \text{ 型} \cdot \text{雌} : Lt = 397.77 \{ 1 - e^{-0.432(t+0.506)} \}$$

$$W \text{ 型} \cdot \text{雄} : Lt = 487.85 \{ 1 - e^{-0.265(t+0.507)} \}$$

$$W \text{ 型} \cdot \text{雌} : Lt = 511.31 \{ 1 - e^{-0.277(t+0.490)} \}$$

L: 推定体長 (mm) t: 満年齢

ま と め

発生群別にみるとW型の方がN型よりも成長が良く、雌雄別にみると、雌の方が雄よりも成長が良かった。最も成長が良かったものは橘湾産のW型・雌で、悪かったものが五島西沖産のN型・雄であった。本研究の最も成長の良かった橘湾産のW型・雌と既知の他海域産の成長とを比べると、本研究は初め最も小さいが、満年齢6の時点では3番目に大きい。

II. タチウオの成熟と産卵

長崎県近海産のタチウオの成熟と産卵について明らかにするため生殖腺についての観察を行った。

方 法

材料には2002年11月～2007年12月までに橘湾および五島周辺海域で漁獲された3124個体を用いた。これらの標本について体重を測定した後、生殖腺を摘出して重量を測定した。このうち卵巣については10%ホルマリン溶液に浸漬して保存した。

結 果

全標本のうち雄が720個体、雌が2404個体で雌の比率が高かった。雌のGSI値は冬季に低く、春季から秋季にかけて高い値を示した。

ま と め

長崎県周辺海域においてはGSI値の高い春季から秋季にかけての長期に産卵を行っている可能性が考えられる。今後、これらの卵巣の組織学的観察を行い、より詳細な知見を得る必要があると思われる。

* 1 長崎大学水産学部

Ⅲ. タチウオの耳石に見られる微細輪紋

これまでいくつかの魚類において耳石に見られる微細輪紋が日周輪であることが明らかにされている。タチウオについても同様に微細輪紋を観察した報告はないことから、タチウオ幼魚から摘出した耳石について観察を行った。

方 法

長崎県沿岸域において2007年夏～秋季にまき網等で混獲されたタチウオの幼魚を採集した。これらの標本について肛門前長を測定した後耳石を摘出し、耳石を摘出した。耳石は洗浄して乾燥させた後エナメル樹脂中に封入し、サンドペーパー、ラッピングフィルムで研磨して、光学顕微鏡下で観察した。

結 果

摘出した耳石において核を中心とする同心円状の輪紋が観察された。今回観察した耳石ではエナメル樹脂中に包埋して光学顕微鏡下で観察しただけでは、輪紋は観察しにくかった。しかしながら、サンドペーパーを用いて研磨することにより、輪紋がより明瞭に観察されるようになった。

ま と め

今回の研究においてタチウオにおいても他の魚類同様に微細輪紋が見られることが明らかになった。今後これらの観察をより詳細に行うことにより、タチウオの資源生物学的な特性に関して新たな知見が得られる可能性が考えられる。

(担当 一丸)

2. 優良種苗作出技術開発の基礎研究

濱崎 将臣・竹内 裕^{*1}・菊池 潔^{*2}

優良種苗の作出技術の一つとして、ホシガレイの全雌種苗生産を行っている。全雌種苗生産の過程では、第二極体放出阻止又は第一卵割阻止の操作が必要となる。このような染色体操作技術は、優良種苗作出の上で欠かせないものとなっている。

このため、平成19年度は基礎研究として、染色体操作による三倍体作出条件を検討した。三倍体作出は、低温処理による第二極体放出阻止で行った。現在、倍化率、生残率を測定中であり、最適な三倍体作出条件を確立する予定である。

(担当：濱崎)

*1 東京海洋大学 *2 東京大学

3. 長崎県周辺に分布する暖海性ホンダワラ類の 形態・生態的特長の把握

桐山 隆哉・吉村 拓^{*1}・清本 節夫^{*1}

本事業は、南方系ホンダワラ類の分布や生態的特性の把握を主体に、平成15年度から実施している。平成19年度は昨年度に引き続き、「高水温対応型藻類増養殖技術開発研究事業」の一環として、本年度は南方系ホンダワラ類の分類について、調査研究を行った。

方 法

長崎市見崎町地先で、平成18年7月3日にSCUBA潜水による観察と標本採取を行い、分布や成熟情報を収集し、標本はさく葉標本とした。これらの試料をもとに形態に基づく類型化を検討した。

結 果

長崎市見崎町地先で採取した南方系ホンダワラ類について、外部形態の特徴から分類学的検討を行った結果、マジリモク、キレバモク、シマウラモク、ウスバモクの4種が同定された。その他、複数種の特徴を併せ持つなどで査定困難なものが多数認められた。この

ため、ツクシモクタイプ、コブクロモクタイプ、コナフキナンカイモクタイプ、ナンカイモクタイプ、フタエトサカモクタイプの5タイプに識別したが、タイプ分けには更なる検討が必要であり、今後の課題である。なお、これらのタイプの詳細については（独）西海区水産研究所HPにて公開されている。

ま と め

- 1) 長崎市見崎町地先で採取した南方系ホンダワラ類について、外部形態の特徴から分類学的検討を行った。
- 2) 同定された種は、マジリモク、キレバモク、シマウラモク、ウスバモクの4種で、その他、不明種が多数観察された。
- 3) 不明種については、形態的特徴から5タイプに識別したが、タイプ分けについては今後さらなる検討が必要である。

(担当 桐山)

*1 (独) 水産総合研究センター西海区水産研究所

4. 養殖マガキに付着するフジツボ類の 防除及び駆除対策技術の研究

大橋 智志・鳥越 力¹⁾・Cyril Glenn Satuito¹⁾

諫早湾では平成 11 年にマガキの垂下式養殖が開始され、年々規模が拡大しているが、夏から秋にかけてしばしば大量斃死が発生し、生産が安定しない状況にある。そこで、今年度は漁場環境に対応した養殖技術を開発することを目的としてフジツボ類に関する付着生物対策試験を行った。諫早湾のフジツボ類は淡水浴あるいはカプサイシンを含むトウガラシ-エタノール抽出液による殺虫処理では効果がないことが前年度までにわかったため、長崎大学水産学部との共同研究として、フジツボ類の付着防除方法について検討した。

方 法

フジツボ類浮遊幼生のマガキへの着底を阻止する材料として、シリコン系漁網防汚剤（アクアセイフティ、バッセル化学㈱製）、白色ワセリン（日本薬局方、白色ワセリン、昭和製薬㈱製）を用いた。実験は室内実験による着底阻止剤の効果検討、および小長井町地先の南区第 2006 号漁場の筏での屋外での実証実験を行った。

室内実験

小型装置による付着防止効果の検討 フジツボ幼生の付着基質としてセラミック板（76mm×26mm）およびマガキ稚貝が付着したホタテガイ殻（以下マガキコレクターと称する）に着底誘引処理としてフジツボの磨砕抽出液を塗布したものをを用いた。セラミック板を用いた実験は、容量 10L のプラスチック水槽を用い、内部にオープニング 100 μ m のネットで作成したカゴを設置し内部にセラミック板を垂下した。実験は 4 月 12 日、5 月 30 日および 6 月 13 日の 3 回実施した。セラミック板はワセリン処理区、未処理区およびワセリン処理と未処理を混合して垂下した混合区の 3 区を設けた。各々の実験区のセラミック板はワセリン処理区と未処理区が 8 枚、混合区がそれぞれ 5 枚の

計 10 枚とした。実験装置には着底期に達した日齢 3 のサラサフジツボ幼生を 200 個体ずつ投入し、24 時間後にセラミック板を回収して着底した稚フジツボ数を計数し、セラミック板 1 cm²あたりの着底密度を求めた。この間給餌は行わなかった。飼育水は調温して 25℃前後を維持し、4 回転/日の流水式とした。マガキコレクターによる付着防止およびマガキ種苗への影響の検討 マガキコレクターを用いた実験は、500L ポリカーボネイト水槽内に垂下した高さ 70cm、直径 90cm の円筒型のネット槽（オープニング 100 μ m、容量約 50L）内にマガキコレクターを垂下して行った。実験は 7 月 10 日、7 月 23 日、8 月 10 日の 3 回行い、水温調整は行わなかった。実験装置の流量は 1 回転/時とし、ネット槽の中に着底期に達したサラサフジツボ幼生 6,000 個体を投入して 24 時間後にマガキコレクターを取り上げた。さらに、1t ポリカーボネイト水槽に収容し、間歇流水式（12 時間止水、12 時間流水）で約 1 週間給餌飼育した後にマガキコレクターに着底した稚フジツボの個体数を計数した。

屋外実験

屋外実験は南区第 2006 号漁場の筏で、平成 19 年 6 月日から 8 月 29 日まで行った。実験区はワセリン塗布処理区、ワセリン追加塗布処理区、未処理区およびシリコン系漁網防汚剤処理区の 3 区とした。各実験区はマガキ種苗の付着数を計数したマガキコレクター 2 枚を 1.5m 間隔でロープに固定し、各塗布処理を行った後に筏から垂下した。ただしワセリン追加塗布処理区は 7 月 17 日に筏上でワセリンの追加塗布処理を行った。垂下したロープは各区 4 本で、約 2 週毎にロープを 1 本ずつ回収して 2 枚のマガキコレクター上のマガキの生残、フジツボ類の重量およびその他生

1) 長崎大学水産学部

物の重量を測定した。ただしワセリン追加塗布処理区は7月30日からロープの回収を行った。

結 果

室内実験

小型装置による付着防止効果の検討 セラミック板へのフジツボの付着密度を図1に示す。3回の実験においてワセリン処理区にフジツボの着底が見られたのは6月13日の1個体のみであった。次に未処理区およびワセリン処理と未処理を混合して垂下した混合区の結果を図2に示す。混合区では3回の実験においてワセリン処理を行ったセラミック板へのフジツボの着底は全く見られなかった。

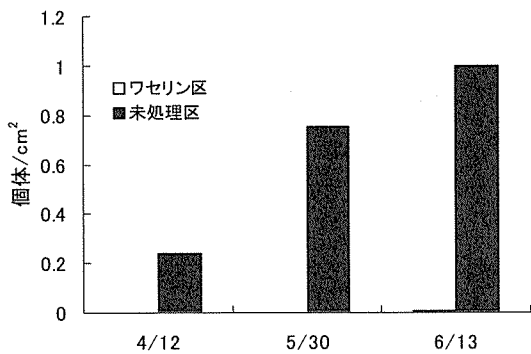


図1. ワセリン塗布区と対照区のセラミック板上のフジツボ平均着底密度の比較 (ワセリン塗布区には着底が見られなかった)

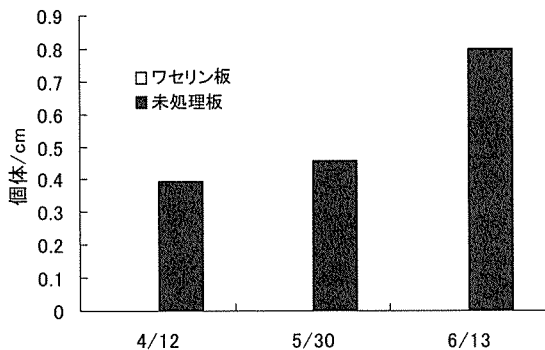


図2. 混合区セラミック板上のフジツボ平均着底密度の比較 (ワセリン塗布区には着底が見られなかった)

マガキコレクターによる付着防止およびマガキ種苗への影響の検討 マガキコレクターを用いた実験結果を図3に示す。マガキコレクターではワセリン処理区にもフジツボの着底が見られたが着底数には優位な差がみられた (t 検定, $p < 0.05$)。生残率はワセリン処理区が3回の平均で96.5%, 未処理区が94.2%であった。

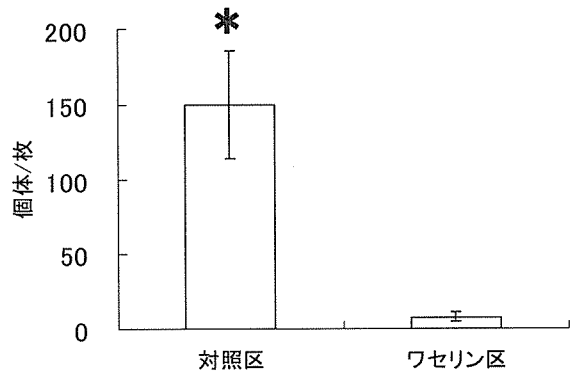


図3. 室内実験におけるマガキコレクター上のフジツボ平均着底数の比較 (*は有意差を示す)

屋外実験

各実験区のマガキコレクターにおける付着生物組成別の重量の推移を図4に、付着生物中のフジツボ重量比の推移を図5に示す。いずれの区も経時的に付着生物量が増加したが、未処理区ではフジツボの占める割合が7月30日以降増加した。各実験区の付着生物中のフジツボの占める割合はワセリン塗布処理区、ワセリン追加塗布処理区、シリコン系漁網防汚剤処理区では7月30日のワセリン区を除き5%未満であったが、未処理区では8月14日以降10%を超えた。マガキの生残率は実験期間中の平均でワセリン塗布処理区が12.5%, ワセリン追加塗布処理区9.2%, シリコン系漁網防汚剤処理区17.3%, 未処理区12.4%であった。

今回の実験では、ワセリンを用いることで室内実験および屋外実験でフジツボの着底阻害効果が確認されマガキへの影響も未処理区と差がなかった。ワセリン処理はシリコン系漁網防汚剤などの処理に比較すると簡便で野外での塗布も可能である。ただ、ワセリンは医薬品であり食品ではないため、今後は食品安全の面から塗布剤の改良を行う必要があると考えられた。

ま と め

諫早湾におけるマガキの付着生物対策としてワセリン塗布法によるフジツボ類の着底阻害を試み、室内実験および屋外実験において効果を確認した。

(担当：大橋)

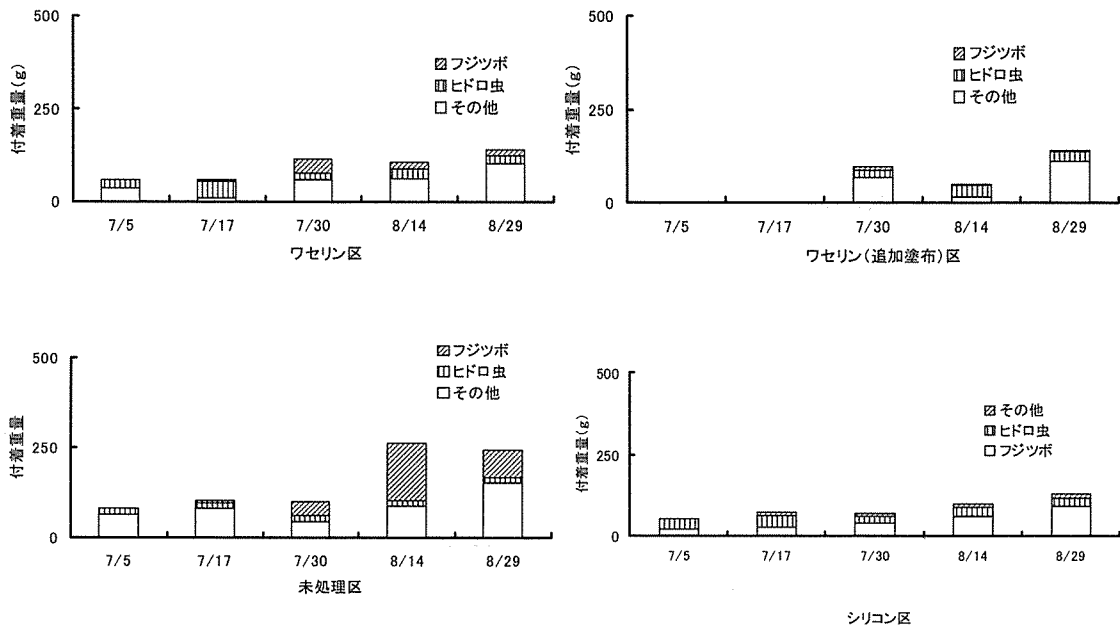


図4. 屋外コレクター（上下2枚）の付着生物組成別重量の推移

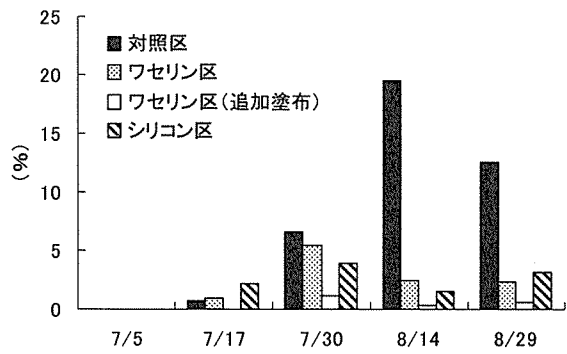


図5. 実験漁場におけるカキコレクター上のフジツボ重量比の推移

5. 養殖ブリの品質向上技術開発試験

岡本 昭・橘 勝康*・新井 博文*

昨年¹⁾に引き続き抗酸化物質であるビタミンCおよびEを短期間大量投与による養殖ブリ血合筋の褐変抑制効果を検討した。

(1) ビタミンCの短期間大量投与によるブリ血合筋の褐変抑制効果

方 法

飼料魚 飼料魚には、五島沖で養殖された平成19年11月の養殖ブリ（平均体重 4.36 ± 0.27 kg, 平均尾叉長 $63.6.0 \pm 1.9$ cm）を用いた。対照群飼料はEP粉末とマサバミンチを重量比1:1で混合したモイストペレットを用い、ビタミン投与群は対照群飼料にビタミンCを1%添加したものを調製した。これらの飼料を魚体重1kgに対して1日20g投与し、各群3尾ずつを6日間（平成19年11月13日～11月18日）飼育した。なお、その時の環境水温は19℃であった。

採血および採肉 採血は即殺後、ブリの心臓より約20ml採取した後、遠心分離し、血漿を1.5mlチューブに0.5mlずつ分注して、定量に供するまで-80℃で保存した。採肉は飼料魚をフィレーにした後、スライサーを用いて厚さ1.4mmの刺身にした。刺身をタッパーに入れ含気状態で、23℃及び4℃で保存し、経時的に感覚色度、ミオグロビンのメト化及び過酸化脂質の測定に供した。

ビタミンCの定量 ビタミンCの定量はヒドラジン法²⁾で行った。

その他の測定項目 感覚色度、ミオグロビンのメト化は前年の報告¹⁾に準じて、過酸化脂質の定量³⁾はチオバルビツール酸法で抽出したものをHPLCで定量した。

結果および考察

養殖ブリの血漿中ビタミンC濃度はこれまでに明

らかにされていないが、本研究において、ビタミンC群は対照群で平均1.7mg/dl、ビタミンC群で平均2.5mg/dlであり、ビタミンC群は対照群より高い値を示した。また、組織に含まれるビタミンCは対照群で1.1mg/100g、ビタミンC群は平均4.3mg/100gで対照群の約4倍の高値を示した。従って、ビタミンC群では飼料からビタミンCが吸収され、血漿及び血合筋に移行されることが示された。

血合筋におけるL*値は保存中に大きな変化がほとんどみられず、また、b*値は両群ともに若干上昇したことから、褐変の指標として適当でなかった。a*値は、対照群では23℃保存6時間目及び4℃保存48時間目にかけて急激な低下がみられ、肉眼的にも血合筋の褐変が認められた。ビタミンC群において、保存時間の延長に伴い緩やかな低下がみられたが、対照群との差は明確であった。（図1）

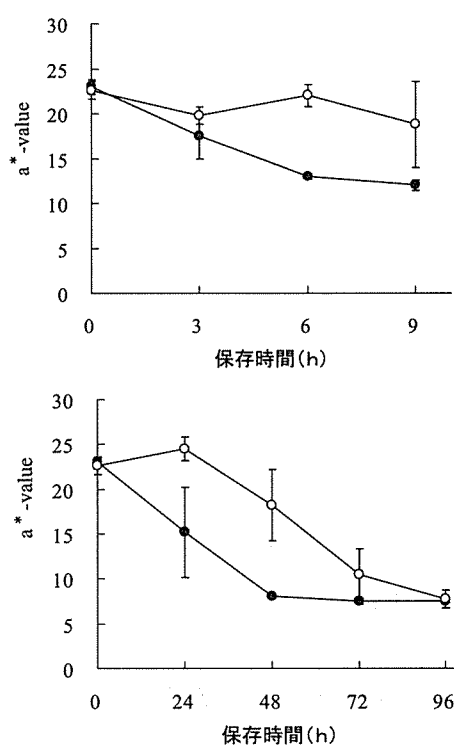


図1 養殖ブリ血合筋のa*値の経時変化
上; 23℃、下; 4℃保存
●; 対照区、○; ビタミンC群

* 長崎大学水産学部

ミオグロビンのメト化は、23℃保存では、保存開始時から9時間目まで両群にほとんど差がみられなかった。4℃保存では、両群ともに48時間目以降、保存時間の延長に伴い減少がみられたが、ビタミンC群では、その減少が対照群より緩やかであった。(図2)

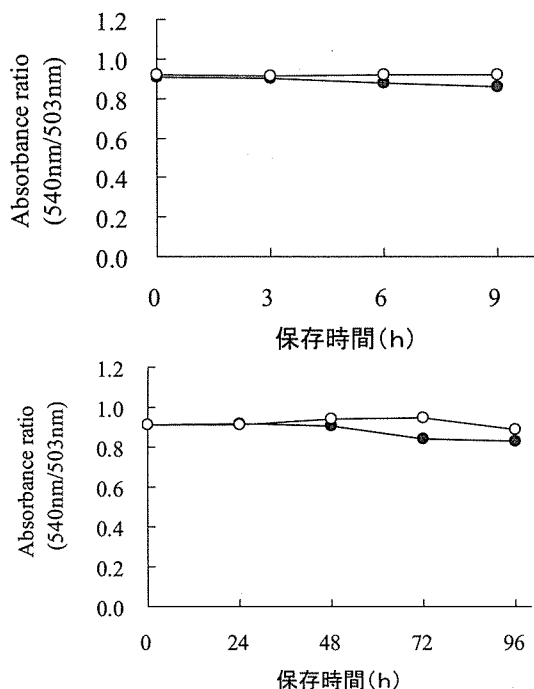


図2 養殖ブリ血合筋のメト化率の経時変化
上；23℃保存、下；4℃保存
●；対照区、○；ビタミンC群
Absorbance ratio；540nmと503nmの吸光度比

血合筋中の過酸化脂質含量は、a*値の低下に伴って23℃保存9時間目及び4℃保存24時間目にかけて対照群では急激に増加し、過酸化脂質の生成がみられた。それに対して、ビタミンC群では、過酸化脂質の生成が対照群よりも明確に遅かった。(図3)

以上の結果から、ビタミンCを大量に単独投与することで、ビタミンCは血漿及び血合筋に吸収・蓄積され、養殖ブリ血合筋の褐変を抑制することが示唆された。

(2) ビタミンEの短期間大量投与によるブリ血合筋の褐変抑制効果

方 法

飼料魚 飼料魚には五島沖で養殖された平成19年7月の養殖ブリ(平均体重2.16 ± 0.17kg, 平均尾叉長52.7 ± 1.0cm)を用いた。前述のとおり調整した対照群飼料にビタミンE 1%を添加したものを試験

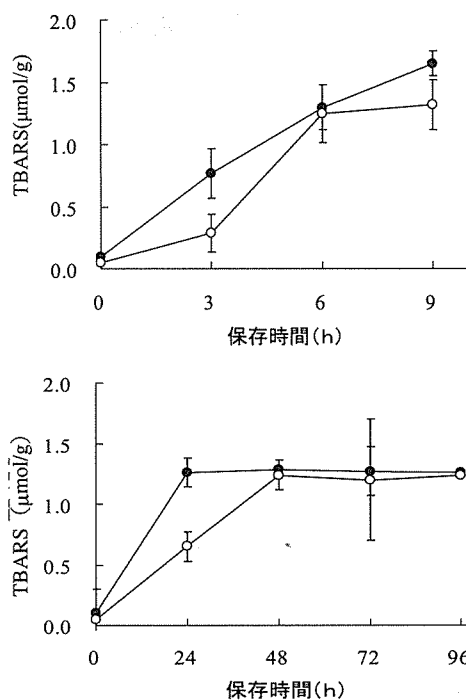


図3 養殖ブリ血合筋の過酸化脂質含量(TBARS；thiobarbituric reactive substances)の経時変化
上；23℃保存、下；4℃保存
●；対照区、○；ビタミンC群

区飼料とした。また、モイストペレットのビタミンE含量は、2.8mg/100gであった。調製した飼料を魚体重1kgに対して1日37.5g投与し、各群3尾ずつを6日間(平成19年7月25日～7月30日)飼育した。なお、その時の環境水温は25℃であった。

採血および採肉 前述した方法で実施した。

ビタミンEの定量 昨年度の方法¹⁾に準じて行った。
その他の測定項目 感覚色度、ミオグロビンのメト化、過酸化脂質の定量は前述の方法で行った。

結果および考察

養殖ブリの血漿中ビタミンE濃度は対照群で平均2.9mg/dl、ビタミンE群で平均11.1mg/dlであり、ビタミンE群は対照群より約3.5倍高い値を示した。対照群の血合筋中ビタミンE量は平均2.6mg/100g、ビタミンE群は10.6mg/100gで対照群の約4倍の高値を示した。ビタミンE群では飼料からビタミンEが吸収され、血漿及び血合筋に移行されたことが示された。その後、血合筋中のビタミンE含量は、23℃保存9時間目及び4℃保存96時間目にかけて対照群でほとんど変化がみられなかったが、ビタミンE群では保存時間の延長に伴い減少していた。(図4)

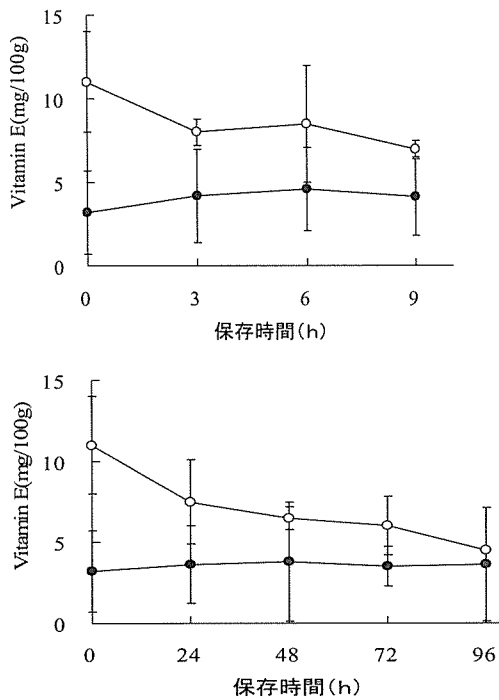


図4 養殖ブリ血漿および血合筋のビタミンEの経時変化
上；血漿、下；血合筋
●；対照区、○；ビタミンE群

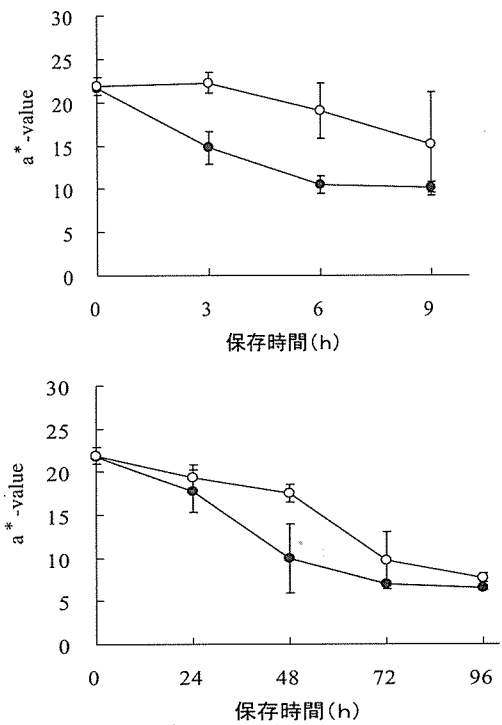


図5 養殖ブリ血合筋のa*値の経時変化
上；23°C保存、下；4°C保存
●；対照区、○；ビタミンE群

これは、保存中のミオグロビンのメト化に伴い、抗酸化物質として作用していたと推察される。

血合筋における褐変の指標について前述の試験と同じく a* 値を用いた。a* 値は対照群で 23°C 保存 6 時間目及び 4°C 保存 48 時間目にかけて急激な低下がみられ、肉眼的にも血合筋の褐変が認められた。ビタミン E 群で保存時間の延長に伴い低下がみられたが、その低下は対照群より緩やかであった。(図 5)

ミオグロビンのメト化は、23°C 保存において、保存 9 時間目まで両群でほとんど差がみられなかった。4°C 保存において、対照群では 48 時間目以降、保存時間の延長に伴い減少がみられたが、ビタミン E 群では、その減少が対照群より緩やかであった。(図 6)

血合筋中の過酸化脂質含量は、a* 値の低下に伴って、23°C 保存 9 時間目及び 4°C 保存 48 時間目にかけて、対照群では大きく増加し、過酸化脂質の生成がみられた。しかし、ビタミン E 群では、過酸化脂質の生成が対照群よりも明確に遅かった。(図 7)

以上の結果から、ビタミン E を大量に単独投与することで、ビタミン E は血漿及び血合筋に吸収・蓄積され、養殖ブリ血合筋の褐変を抑制することが示唆された。

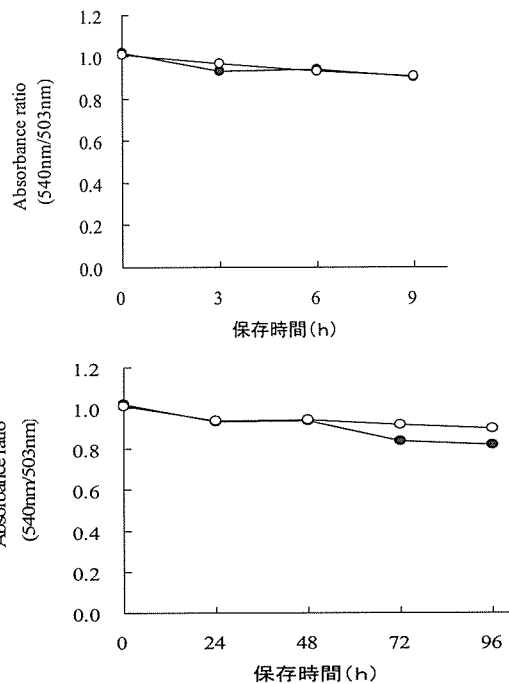


図6 養殖ブリ血合筋のメト化率の経時変化
上；23°C保存、下；4°C保存
●；対照区、○；ビタミンE群
Absorbance ratio；540nmと503nmの吸光度比

文 献

- 1) 岡本昭・新井博文・橘勝康：平成 18 年度長崎県総合水産試験場事業報告。長崎県総合水産試験場，長崎，2007；191-194
- 2) 岡村正人，荒川信彦：ビタミン分析法（日本ビタミン学会編）化学同人，142-143
- 3) 金田尚志・植田伸夫：過酸化脂質実験法，医歯薬出版株式会社，1989，43-54

(担当 岡本)

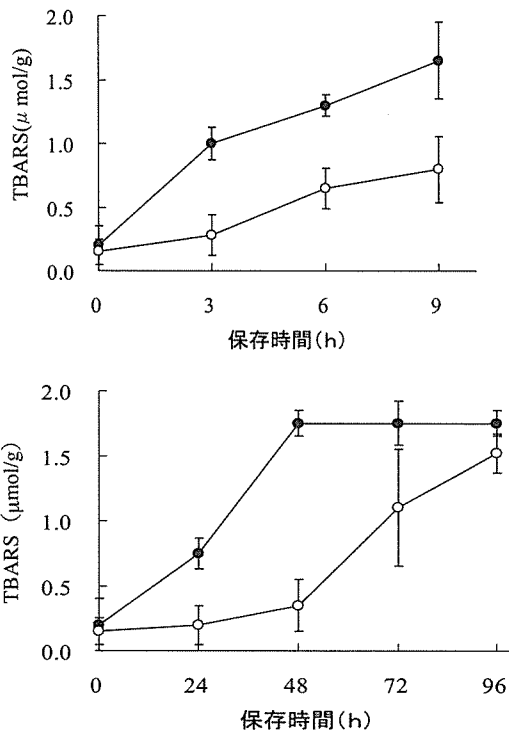


図 7 養殖ブリ血合筋の過酸化脂質含量 (TBARS ; thiobarbituric reactive substances) の経時変化
 上；23°C保存、下；4°C保存
 ●；対照区、○；ビタミンE群

6. 魚類筋肉タンパク質の新たな冷凍変性防止法の開発

桑原 浩一・今野 久仁彦*

ねり製品の原料として幅広く利用されている魚肉冷凍すり身には、砂糖やソルビトールなどのいわゆる糖類が添加されている。糖類の添加は、魚類筋肉タンパク質の変性を防止する優れた方法であるが、ねり製品の甘さを除くことは出来ない。また、糖尿病患者は、糖類の摂取を制限する必要がある。

そこで、糖類以外の食品添加物の中から、筋肉タンパク質の変性を防止する化合物の探索を試みた。筋肉タンパク質中に最も含量の高いタンパク質であるミオシンを対象として、ミオシンの変性に及ぼす各化合物の影響を調べた。

ミオシンの変性は、ATPase 活性の失活速度を指標とし、大泉ら¹⁾が提案している E-value を算出した。

すなわち、コイ背肉から筋原線維タンパク質 (Mf) を抽出し、Mf を 42℃ に所定時間保持した。ATPase 活性は、反応液組成を 0.5 M NaCl, 15 mM CaCl₂, 1 mM ATP とし、20℃ で 30 分間反応させ、ATP の分解によって生成された無機リン酸を定量した。なお ATPase 活性は、Mf 1 mg が 1 分間に生成した無機リン酸量を比活性値とした。

なお、本研究結果に基づいた特許出願を予定しているため、結果は記載しない。

文 献

- 1) 大泉, 橋本, 小倉, 新井. 魚類筋原繊維の加熱変性に対する糖および糖アルコールの保護効果の定量的考察. 日水誌 1981; 47: 901-908.

(担当: 桑原)

* 北海道大学大学院 水産科学研究院

7. 干潟域の貧酸素化解消試験

平野 慶二・日向野 純也^{*1}

諫早湾における養殖アサリの夏季大量へい死の原因は、シャットネラ赤潮に伴って生じた高水温の無酸素が原因であることが判明している。この無酸素が生じる条件も解明されつつあり、いつ干潟域が貧酸素化(無酸素化も含む)するのかも、3~5日前には予想できる可能性が高い。

干潟域の貧酸素化予測の精度の向上と、漁業者が漁業者自らが実施できる貧酸素解消手法の開発を目指して試験を実施したので報告する。解消手法は、①沖から接近する貧酸素水塊を遮断するための囲いシートの設営、②囲い内へのエア供給からなる。

I. 貧酸素化解消試験

方 法

金崎の沖にあるS1櫓(九州農政局観測)のデータにより、北部排水門近くの干潟でアサリが大量斃死することが想定されたため、8月22日に急きょ、貧酸素解消試験を金崎地区で実施した。

これとは別に、ブルーシートを使用した新しい漁場の囲い方の試験(シートの下端を事前に埋めておいて小潮時にシート展開する)を9月5日に実施した。

漁場内の溶存酸素を維持するための簡単な曝気装置の開発試験は、貧酸素化しやすい小長井港内で実施した(落下方式、ブロー方式、マイクロバブル方式)。

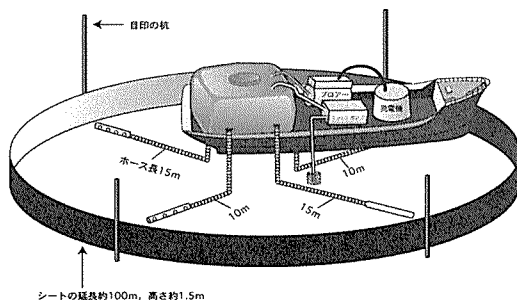


図1 貧酸素化解消試験施設の概念図

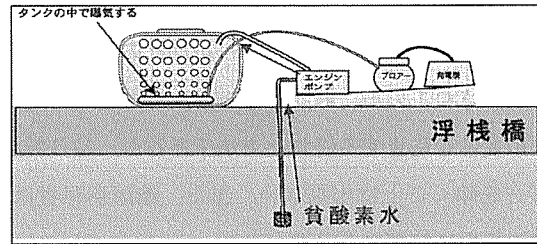


図2 曝気試験の概念図

結 果

金崎地区が貧酸素化した8月22~23日にかけて実施したブルーシート簡易膜と曝気海水導入装置の実証試験は、開始した8月22日の時点で既にアサリの大量斃死が生じていたため、23日の試験終了段階でアサリは全滅となった。

9月5日に行った新方式のブルーシート試験は、50%程度の大量へい死が生じた漁場で実施した。そのため、貴重な生き残りのアサリへの影響を最小限とするためブルーシートの試験は1時間で終了した。ブルーシート内・外の1時間後のそれぞれの比重差から見て、海底から高さ1mまではしっかりと遮断されたことが確認された。

小長井漁港内で実施した曝気海水導入装置による曝気効率の試験の結果を右に示す。昨年度と今年度の試験結果の中で低い値を示したが、ポンプアップした底層水をタンク内に叩きつけるように落下させ、更にタンク内にブローを入れることで十分な曝気が可能であった。

方式	DO(%)
落下式	40
落下式とブロー	73
マイクロバブル	93

(担当: 平野)

*1 (独) 水産総合研究センター養殖研究所

8. 細菌性疾病に対する免疫機構の基礎研究 2

高見 生雄・金井 欣也*1

予防策がなく、被害的にも多い疾病については、ワクチン等の開発が必要と考えられる。そして、ワクチン開発のためには免疫機構等の基礎的研究が必要である。

本課題では、ワクチンの技術開発に向けての基礎資料とするために、ヒラメのレンサ球菌症とブリのノカルジア症を対象疾病として免疫機構の基礎的な把握を行った。

1. ヒラメのレンサ球菌症に関する研究

現在、*Streptococcus parauberis* (*S. p.*) を原因とするレンサ球菌症が各地のヒラメ養殖場で増加傾向にある。本症に対するワクチンの開発には、ワクチンの有効性を判定するための再現性のある攻撃法の確立が必要である。そこで、攻撃方法の違いによる *S. p.* の病原性の差異を検討した。

方 法

血清型 I 型の *S. p.* NUF1003 および II 型の *S. p.* NUF943 の TH 寒天培養から攻撃用菌液を調製し、10², 10⁵, 10⁸ CFU/100g となるように平均体重 65g のヒラメに各菌濃度 10 尾ずつ筋肉あるいは腹腔内接種した (表 1)。攻撃後、自然水温 26.7℃～28.8℃で 4 週間無給餌流水飼育した。

表 1 試験区①～⑫および最終死亡率

菌株	攻撃方法	攻撃菌量 (CFU/100g魚体重)		
		10 ²	10 ⁵	10 ⁸
NUF1003 (I型)	筋肉	① 10%	② 70%	③ 100%
	腹腔内	④ 20%	⑤ 10%	⑥ 30%
NUF943 (II型)	筋肉	⑦ 20%	⑧ 100%	⑨ 50%
	腹腔内	⑩ 0%	⑪ 10%	⑫ 80%

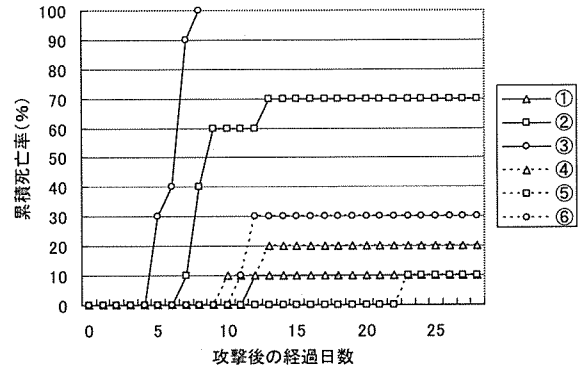


図 1 I型菌 (NUF1003) 攻撃後の死亡経過

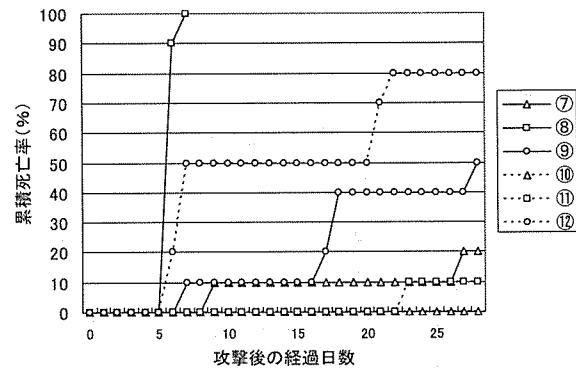


図 2 II型菌 (NUF943) 攻撃後の死亡経過

結 果

各試験区の最終死亡率を表 1 に、攻撃後の死亡経過を図 1 および 2 に示す。NUF1003 では、腹腔内接種より筋肉接種の方が高い死亡率となり、筋肉接種では濃度依存的な死亡率および死亡経過を示した。NUF943 についても筋肉接種の方が高い死亡率を示す傾向がみられたが、10⁸ CFU/100g の腹腔内接種では 80% と比較的高い死亡率であった。また、筋肉接種では 10⁵ 区の方が 10⁸ 区よりもより早く死に始め死亡率も高く、濃度依存性は認められなかった。な

*1 長崎大学水産学部

お、死亡魚には腹水の貯留、肝臓のうっ血、腎臓・脾臓の腫大などの症状がみられ、すべての死亡魚から *S.p.* が再分離された。

脳と腎臓について生残魚の保菌状況を調べた結果、20～100%の比較的高い保菌率であった(表2)。脳と腎臓の保菌状況を比べてみると、脳の方が保菌率が高く、菌量も多い傾向がみられた。

表2 生残魚の保菌状況

菌株	攻撃方法	攻撃菌量 (CFU/100g魚体重)		
		10 ²	10 ⁵	10 ⁸
NUF1003 (I型)	筋肉	8/9*	3/3	—
	腹腔内	5/8	8/9	5/7
NUF943 (II型)	筋肉	2/8	—	5/5
	腹腔内	9/10	8/9	2/2

*保菌尾数/生残尾数

ま と め

- 1) 攻撃方法の違いによる *S.p.* の病原性の差異を検討した。
- 2) 攻撃部位について、腹腔内と筋肉を比較した結果、筋肉の方が高い死亡率となり、濃度依存的な死亡率および死亡経過を示したので、攻撃部位として、筋肉が適していることがわかった。
- 3) 生残魚の脳と腎臓の保菌状況を比べてみると、脳の方が保菌率が高く、菌量も多い傾向がみられた。

(担当 高見)

2. ブリのノカルジア症に関する研究

ノカルジア症に対する有効なワクチン投与方法を見つけることを目的として、*N.seriolae* のホルマリン死菌を用いて、①体表損傷・浸漬1回、②体表損傷・浸漬2回、③BCG針によるスタンプ1回、④BCG針によるスタンプ2回、の4通りの方法でブリ稚魚を免疫し、浸漬法で攻撃して免疫効果を検討した。その結果、いずれの方法も最終死亡率に对照区との差は認められず、免疫効果は得られなかった。

(担当 高見)

9. マハタのウイルス性神経壊死症 (VNN) の防除対策 2

高見 生雄・吉水 守^{*1}・西澤 豊彦^{*1}・粉川 愉記^{*1}

マハタの VNN は、種苗期のみならず育成期にも発生し多大な被害をもたらす疾病であるが、育成期の有効な対策は確立されていない。

対策としてはワクチンが考えられ、平成 16 年度からマハタの VNN の原因ウイルスである RGNNV (Sevenband Grouper nervous necrosis virus) の遺伝子を酵母に発現させたワクチンの開発に取り組んできたが、有効なワクチンは開発できなかった。

平成 18 年度から VNN の原因ウイルスに関する研究と病魚の臓器を用いたワクチンの開発に取り組んだので報告をする。なお、VNN 罹病マハタに認められた混合感染例については Aquaculture に投稿中のため要旨を記載した。

1. VNN 罹病マハタに認められた混合感染例

魚類ノダウイルスによるウイルス性神経壊死症 (viral nervous necrosis, VNN) は、世界の魚類養殖で甚大な被害をもたらす病気の一つである。本研究では、長崎県の VNN 罹病マハタにおける死亡が、ノダウイルス以外のろ過性病原体も関与する混合感染症であったことが示唆されたので報告する。本実験では、VNN 罹病マハタの脳磨砕液 (脳磨砕濾液) および VNN 罹病魚より分離した redspotted grouper nervous necrosis virus (RGNNV) を用いた。なお、両ウイルス液には同程度の RGNNV が含まれていた。マハタをホルマリン不活化 (FK-) 脳磨砕濾液あるいは FK-RGNNV で免疫し、3 週間後に脳磨砕濾液で攻撃したところ、各々の相対生残率 (RPS) は 90% および 33% で、FK-RGNNV で免疫した魚の生残率は FK- 脳磨砕濾液免疫魚に比べ明らかに低かった。また、供試マハタにおける RGNNV の半数致死量 (LD_{50}) は $10^{3.5}$ TCID₅₀ であったが、 LD_{50} を呈した脳磨砕濾液には $10^{1.5}$ TCID₅₀ の RGNNV しか含まれなかった。一方、RGNNV の

感染価は Triton X-100 (TrX) 処理により低下しなかったが、TrX 処理および未処理脳磨砕液を接種したマハタの累積死亡率は各々 40% および 70% で、脳磨砕物の病毒性は TrX 処理により明らかに減少した。以上の結果から、長崎県の VNN 罹病マハタにおける死亡には、RGNNV のみならず TrX 感受性ウイルスもまた関与していた混合感染であることが示唆された。

(担当 高見)

2. 臓器別病原性試験

長崎県の VNN 罹病マハタから RGNNV 以外の TrX 感受性ウイルスが混合感染している可能性が大きいことがわかったが、このウイルスの分離はできていない。

VNN 罹病魚の臓器には、RGNNV に加えて TrX 感受性ウイルスが存在していると考えられ、これらを不活化すればワクチンとして使用できる可能性がある。そこで、VNN 罹病魚のどの臓器に多くの病原体が存在するのかを推定するために VNN 罹病魚の臓器別の病原性試験を実施した。

方 法

供試魚

06 年に長崎県漁業公社で種苗生産され陸上水槽 (紫外線滅菌海水のかけ流し) で飼育されたマハタ、10 月 13 日 (金) に長崎県総合水産試験場環境養殖技術開発センターの隔離実験棟に輸送された。その後、紫外線滅菌海水のかけ流し (12 回/日) で飼育された。

攻撃

06 年 3 月 8 日 (木) に 0.1 mL / fish の攻撃液を接種した。その後、3 L 広口瓶 (アズワン広口 T 型瓶) に、1 個体ずつ収容し、65 回転/日のかん水率で紫外線滅菌した後に 28°C 程度に加温した海水を給水して飼育した。

* 1 北海道大学

攻撃用臓器磨砕液

マハタ VNN ワクチン試験で VNN を発症して死亡した対照区の供試魚の脳と腎臓を用いた。臓器に 5 倍量の HBSS を加えて、ホモジナイズした後、遠心分離 (20,000rpm×10min) し、上清に 2 倍量の HBSS を加えて攻撃用臓器磨砕原液とし、これを HBSS で 10 倍階段希釈して攻撃液とした。

試験区

試験区は脳の磨砕液を 100 倍から 100 万倍に 10 倍階段希釈した 1 区から 5 区と腎臓の磨砕液を 0 倍から 1 万倍に 10 倍階段希釈した 6 区から 10 区とした。

結 果

腎臓の磨砕液による致死率を表 1 に、脳の磨砕液による致死率を表 2 に示した。

表 1 腎臓の磨砕液による致死率

試験区	生残	死亡	死亡数の合計	生存数の合計	致死率 (%)
10 ⁰	7	3	7	10	58.8
10 ⁻¹	7	3	14	7	33.3
10 ⁻²	6	4	20	4	16.7
10 ⁻³	10	0	30	0	0.0
10 ⁻⁴	10	0	40	0	0.0

表 2 脳の磨砕液による致死率

試験区	生残	死亡	死亡数の合計	生存数の合計	致死率 (%)
10 ⁻²	4	6	4	19	82.6
10 ⁻³	4	6	8	13	61.9
10 ⁻⁴	6	4	14	7	33.3
10 ⁻⁵	7	3	21	3	12.5
10 ⁻⁶	10	0	31	0	0.0

この試験の結果から腎臓および脳に VNN の病原体が存在することが確認された。各臓器の病原体の量は、腎臓および脳の磨砕液の階段希釈系列の死亡状況から Behrens-Kärber の法で求めると、各臓器 1 g の LD₅₀ は腎臓が > 10^{2.5}、脳が > 10^{5.4} となり、脳には腎臓の 794 倍の病原体が存在すると推察された。

ま と め

- 1) VNN 罹病マハタの脳と腎臓の病原体の量を測定した。
- 2) 各臓器 1 g の LD₅₀ は腎臓が > 10^{2.5}、脳が > 10^{5.4} と脳には腎臓の約 800 倍の病原体がいることがわかった。

(担当 高見)

10. 魚類寄生虫性疾病の防除対策

横山 文彦・横山 博*・綾戸 大地*

ブリにおけるベコ病シストの季節消長調査

ブリのベコ病は、稚魚期のみ発生し、魚の成長に伴い自然に治癒すると思われていた。近年、4Kg以上の出荷魚で「筋肉中におが屑状の異物が混入している。」とのクレームが多くなっている。おが屑状の異物は多くの場合、ベコ病の原因寄生虫である *Microsporidium seriolae* のシストである。クレームが発生すると取り引き停止になるなど、養殖業者に大きな不利益が生じる。そこで、*Microsporidium seriolae* の対策を考える基礎としてシストの季節消長を調査した。

方 法

県内A漁協の8養殖業者{3漁場(A, B, C)で飼育}及び水産試験場で飼育しているブリ0才魚及び1才魚を調査対象とした。0才魚は種苗導入時点から(養殖業者は5月中旬～6月上旬, 水試は6月中旬), 1才魚は7月中旬(養殖業者)と6月中旬(水試)からサンプリングを開始した。調査尾数は、概ね10～20尾で行なった。

筋肉中のシスト数の計数は、ブリが小型のときは3枚に卸した状態で、大型になってからは3枚に卸した後、筋肉を厚さ1.0～1.5cm程度に切り、ライトボックスに乗せ、透過光でシストを計数した。評価は寄生率、寄生強度(シスト数/寄生魚)で行った。

結 果

養殖業者のブリ0才魚の寄生率は、種苗導入時及びその1週間後におけるシスト形成はみられなかったが、2週間後の6月中旬からみられ始め、業者によりやや差があるものの最大79～100%と非常に高く、12月中旬でも高い感染率を有していたが(図1)、寄生強度は9月以降概ね低下した。養殖業者のブリ1才

魚の寄生率は、7月及び3月でともに60%であったが、寄生強度は7月の6.7個/寄生魚から3月の2.2個/寄生魚へと低下した。なお、7月に調査した1尾から感染して数カ月以内と思われる大型のシストを確認した。

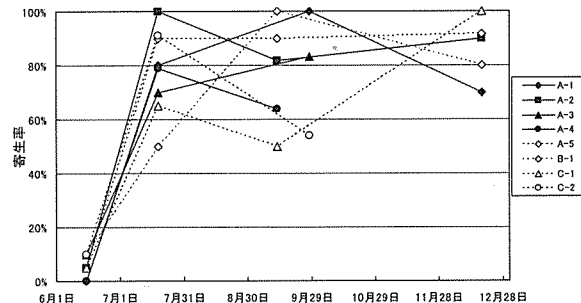


図1 寄生率の変化(養殖業者, 0才魚)

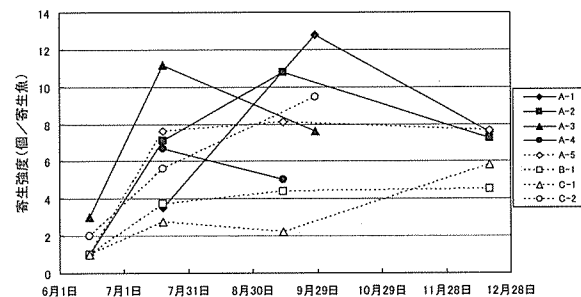


図2 寄生強度の変化(養殖業者, 0才魚)

水試のブリ0才魚の寄生率は、最大90%で3月まで高く推移したが(図3)、寄生強度は8月上旬の19.9個/寄生魚をピークに減少した。水試のブリ1才魚は12月中旬の調査で最大の寄生率となり(図4)、寄生強度は最初のサンプリングの6月下旬以降高くなった。また、1才魚の8月及び12月の調査でそれぞれ1個体から感染して数カ月以内と思われる大型のシストを確認した。

これらのことから、0才魚の寄生率は約80%以上と非常に高く、感染して半年経過した後でも大幅に低

*1 東京大学

下しないことがわかった。1才魚では感染して数カ月以内と思われる大型のシストが確認され、水試の魚では寄生率が上昇していたことから、大型魚でも新たな寄生が起こりうると考えられ、出荷魚でのクレームは、1才魚の期間の新たな感染によるシスト形成で引き起こされる可能性が考えられた。

ま と め

- 1) 0才魚の種苗導入時から1週間後までのシスト形成はみられなかったが、2週間後からみられはじめ、その後、寄生率は非常に高くなり、感染して半年経過した後も大幅に低下しなかった。
- 2) 出荷魚でのクレームは、1才魚の期間の新たな感染によるシスト形成で引き起こされる可能性が考えられた。

(担当：横山)

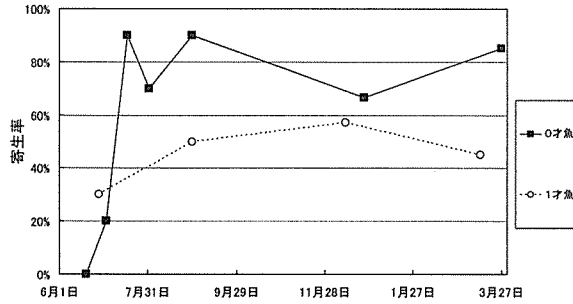


図3 寄生率の変化（水試）

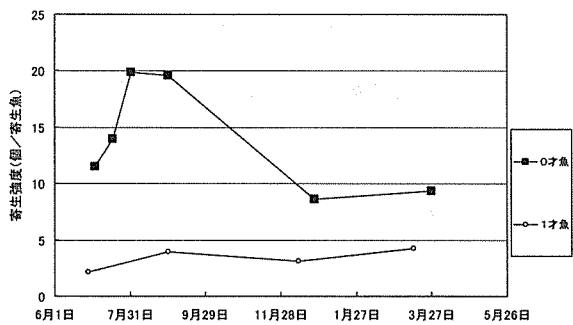


図4 寄生強度の変化（水試）

11. トラフグの口白症防除対策2

高見 生雄

トラフグ養殖における口白症は、0歳魚に発生すると非常に高い死亡率を示す疾病であり、検査方法が確立されておらず、早期発見が難しく、抗菌剤等の医薬品による治療もできないためトラフグ養殖経営を圧迫する疾病である。

前年度までの研究により口白症に関連すると考えられるタンパク質（KAPs）が脳に存在することが確認され、このタンパク質を抗原とした診断方法の開発に成功したが、病原体本体の検出には成功していない。

平成19年度は、病原体本体の検出を行うために抗口白症病原体ブリ血清と抗口白症病原体トラフグ血清の作出を試みた。血清の採取は終了しているが、抗体の確認は実施していないので、報告は抗体の確認を実施した後に行う。

（担当：高見）

12. アサリの呼吸生理に関する研究

松田 正彦・日向野 純也^{*1}・品川 明^{*2}・石松 惇^{*3}

諫早湾に面する諫早市小長井町のアサリ養殖漁場では夏季にしばしば大量へい死を生じ、漁業生産上大きな問題点となっているが、へい死原因は明らかになっていなかった。しかし、平成16年夏季の大量へい死時の調査¹⁾により高水温時の貧酸素環境が原因であると示唆された。

このような、貧(無)酸素環境でどのようにアサリのエネルギー貯蔵物質が減耗し、衰弱していくのかを検討したので結果を報告する。

無酸素時の炭水化物含量の減耗

方 法

実験は無給時で2回行った。

水温30℃、窒素で曝気し、無酸素とした海水を満たした蓋付き1L広口T型瓶(以下瓶)6本にアサリ成貝を各20個体収容し、無酸素とした瓶は水温30℃のウォーターバス中で水温を管理し、試験区とした。

サンプリングは無酸素曝露12, 24, 36, 48, 60, 72時間後に瓶から腐敗が進み分析不能なアサリを除き無作為に10個体取り出し、分析に用いた。へい死個体はサンプリング時にその都度取り上げた。

サンプリングしたアサリは軟体部湿重量(以下湿重)を測定した後、閉殻筋を採取して炭水化物含量測定用試料とした。残りの軟体部は乾燥機で60℃、48時間乾燥し、乾燥重量を測定し、水分含量を求めた。閉殻筋の炭水化物含量はフェノール硫酸改良法で行った。

また、水温30℃で空気曝気した有酸素の環境でアサリ20個体を72時間飼育し、対照区とした。

なお、2回目の実験時には無酸素海水に6ppmとなるようクロラムフェニコールを添加した。

統計処理は、炭水化物含量および水分含量の経時的な変化については一元配置分散分析(ANOVA)により有意差の確認を行い、多重比較検定はダネットの方法により $P < 0.05$ で有意差の検定をおこなった。実験終了時の試験区と対象区の炭水化物含量および水分含量の比較は t 検定により $P < 0.05$ で有意差の検定を行った。

結果と考察

へい死状況は1回目の実験では、試験区は無酸素36時間後までへい死個体はみられなかったが、48時間後からへい死個体が現れ、へい死率は48時間後5.7%、60時間後42.9%、実験終了時の72時間後62.9%となった。

2回目の実験では試験区は無酸素48時間後までへい死個体はみられず、60時間にへい死個体が現れたが、72時間後のへい死率は1.7%とわずかであった。

試験1回目、2回目とも対照区は72時間後の実験終了時までへい死個体はみられなかった。

供試個体の炭水化物含量、水分含量の推移を図1に示す。図中、白抜きは開始時と比較してダネットの方法で有意な差があったデータ、アスタリスクは t 検定で試験区と対照区に実験終了時有意な差があったことを示す。

炭水化物含量は1回目の実験では開始時 41.3 ± 5.0 mg/g(湿重)が試験区は36時間後以降統計的に有意に減少し、72時間後 14.1 ± 4.0 mg/gと開始時から65.9%炭水化物含量が減少した。対照区も72時間後有意に減少し、 34.2 ± 5.7 mg/gと17.2%減少した。

2回目の実験では開始時 36.4 ± 8.9 mg/gが試験区は24時間後以降有意に減少し、72時間後 $13.2 \pm$

*1 水産総合研究センター 養殖研究所 *2 学習院女子大学 国際文化交流学部
*3 長崎大学 環東シナ海海洋環境資源研究センター

2.9 mg/g と開始時から 63.7% 炭水化物含量が減少した。対照区も 72 時間後有意に減少し、 26.9 ± 6.8 mg/g と 26.1% 減少した。

水分含量は 1 回目の実験では開始時 $77.3 \pm 0.8\%$ が試験区は 60 時間後以降有意に増加し、72 時間後 $79.6 \pm 1.1\%$ となった。対照区は 72 時間後も有意に変化せず $77.1 \pm 1.4\%$ となった。

2 回目の実験では開始時 $77.3 \pm 0.7\%$ が試験区は 36 時間後 $79.1 \pm 1.4\%$ と有意に増加し、72 時間後 $79.3 \pm 0.8\%$ となった。対照区は 72 時間後 $78.0 \pm 1.2\%$ となったが、有意な差ではなかった。

なお、実験 1 回目、2 回目の 72 時間実験終了後の炭水化物含量と水分含量はそれぞれ有意な差があった。

17.2%，2 回目の実験で試験区が 63.7%，対照区が 26.1% となった。実験終了時の試験区の炭水化物含量の減少が対照区と比較して 2.4～3.8 倍と大きかった。

二枚貝は貧酸素など環境悪化時に無気呼吸を維持し、代謝を低くして比較的長期間生存する事が知られている。その際、嫌気代謝ではグリコーゲンとアミノ酸（アスパラギン酸等）を貯蔵物質として利用し、生命維持に必要なエネルギーを得ている²⁾。また、グリコーゲン等の炭水化物からエネルギーに変換する際、嫌気代謝では有酸素時の代謝と比べて効率が悪いとされている。今回の実験結果でも無酸素の試験区の炭水化物含量の減耗が、対照区と比べて大きく、実験水温 30℃ という高水温貧（無）酸素の環境ではアサリ体

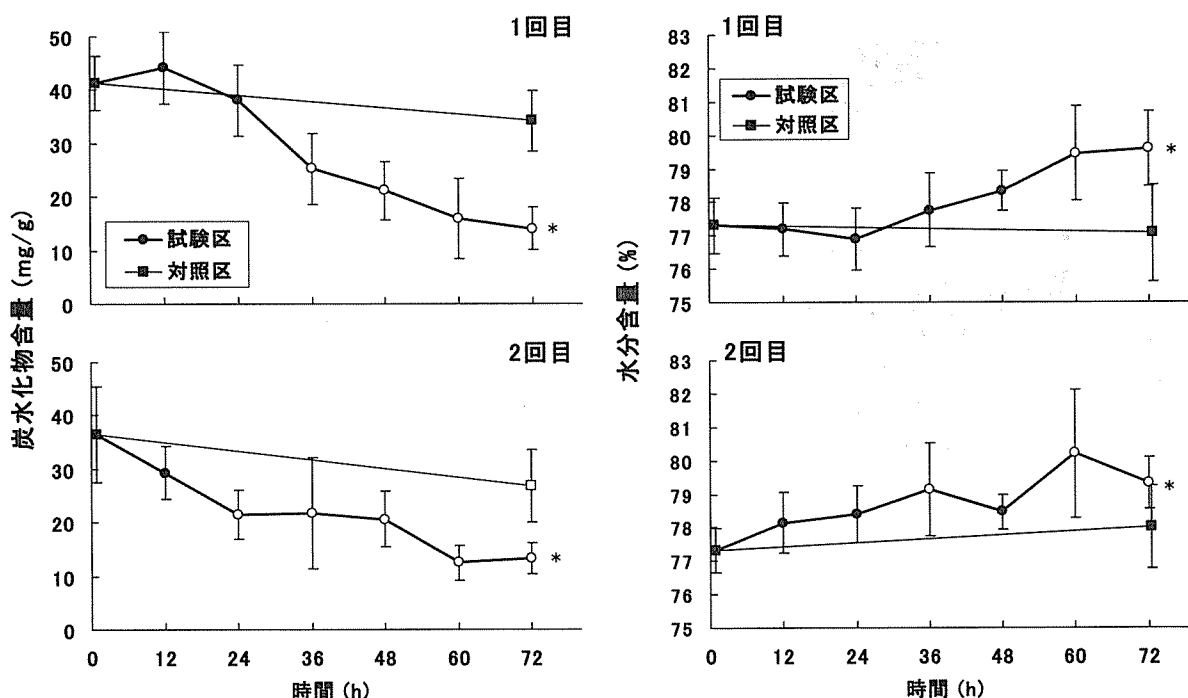


図 1 炭水化物含量と水分含量の推移

実験 1 回目、2 回目の試験区の炭水化物含量と水分含量の関係を図 2 に示す。

1 回目の相関係数が $r^2 = 0.54$ ，2 回目が $r^2 = 0.42$ と高い負の相関があった。炭水化物含量と水分含量には負の相関があるとされるが、今回の実験でも炭水化物が消費されると、水分がその消失部分と置き換わり、増加しているのではないかと推察された。

実験終了時（72 時間後）の炭水化物含量の減少率は 1 回目の実験で試験区が 65.9%，対照区が

内中のエネルギー貯蔵物質の減耗は大きいと推察された。

まとめ

- 1) 水温 30℃，無酸素のアサリ閉殻筋の炭水化物含量は有酸素時のそれと比べ、72 時間後 2.4～3.8 倍と大きく減少していた。
- 2) 炭水化物含量の減少と同時に水分含量が増加し、この両者には高い負の相関があった。

文 献

- 1) 平野慶二・北原茂・山砥稔文・坂口昌生・山元宣
征・松田正彦：平成 16 年度長崎県総合水試事報，
146-152 (2005).
- 2) Hochachka P.W.: 低酸素適応の生化学－酸素なき
世界で生きぬく生物の戦略（橋本周久，阿部宏
喜，渡部終五訳），恒星社厚生閣，東京，194pp.
(1984)

(担当：松田)

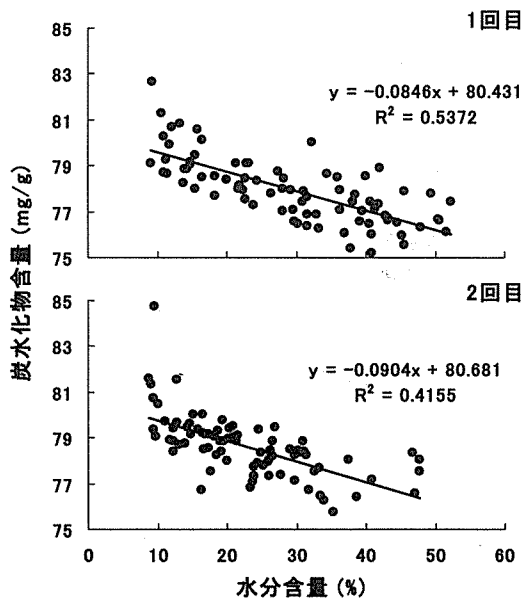


図2 炭水化物含量と水分含量の関係

13. 低魚粉飼料開発等に関する研究

宮原 治郎・佐藤 秀一*

配合飼料におよそ半分以上配合されている輸入魚粉の価格が平成18年に高騰し、配合飼料代も値上がりして養殖漁業者の経営を圧迫している。餌料代の支出の抑制のためには低魚粉化した飼料の開発が必要であるため、東京海洋大学と共同で、ブリ、マダイおよびマハタを対象に低魚粉飼料開発等に関する研究を実施した。

I. ブリ当歳魚およびマダイ3歳魚を用いた植物性原料などを高配合した低魚粉飼料におけるリンの消化吸収率を高める添加物試験

ブリ当歳魚およびマダイ3歳魚を用い、配合飼料の主体である魚粉をできるだけリン含量が少ない植物性原料などに代替し、リンの消化吸収率を高める目的でクエン酸を添加した飼料など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 ブリ当歳魚は、平成19年5月下旬から6月上旬に天然種苗を採捕したものをを用いた。容量1tの自然採糞装置に20尾（平均体重520g）収容し、試験飼料で3日間予備飼育して実験に供した。

マダイ3歳魚は、平成16年に長崎市水産センターで種苗生産されたものをを用いた。容量1tの自然採糞装置に12尾（平均体重1,436g）収容し、試験飼料で3日間予備飼育して実験に供した。

試験飼料 ブリ用試験飼料組成を表1に示した。これまで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（対照区）、対照飼料にリン添加が必要かを検討するため第一リン酸カルシウムを0.5%添加した試験飼料（リン酸区）、リン含量の低い大豆油粕などで魚粉の約37%を代替し、飼料中のリン含量を約0.3%

削減してクエン酸を0.5%添加した試験飼料（代替クエン酸区）とした。

マダイ用試験飼料は、ブリ用試験飼料からサプリメントオイルを除いたものとした。

なお、ブリおよびマダイ用試験飼料には、魚が消化吸収できない内部指標物質として50%酸化クロムを1%添加した。

表1 ブリ用試験飼料組成

	対照区	リン酸区	代替クエン酸区
アンチローミール	49	49	31
大豆油粕	5	5	11
コーングルテンミール	5	5	11
ペプチドミール	0	0	3
フェザーミール	0	0	4
小麦粉	19	18.5	16.5
死オカ澱粉	5	5	5
魚油	10	10	11
大豆油	4	4	4
ミネラルミックス(リンフリー)	1	1	1
第一リン酸カルシウム	0	0.5	0
ビタミンプレックスチャー	2	2	2
クエン酸	0	0	0.5
サプリメントオイル(魚油)	5	5	5
合計	105	105	105

給 餌 給餌は、1日2回（午前、午後）とし、ほぼ飽食量を与えた。

採 糞 午後の給餌30分後より翌朝まで採糞を行った。その操作を分析に必要な量の糞が採集できるまで継続した。採集した糞は、遠心分離機で海水を取り除いた後、凍結乾燥を行い、分析に供した。

結 果

ブリ当歳魚およびマダイ3歳魚における試験飼料のリンの消化吸収率などの結果を表2に示した。

ブリにおけるリンの消化吸収率は、対照区が50.2%に対し、リン酸区が64.1%、代替クエン酸区が57.3%といずれも少し高かった。有効リン含量は、対照区が0.67%に対し、リン酸区が0.90%と少し高く、代替クエン酸区が0.61%でやや低い値を示した。

マダイにおけるリンの消化吸収率は、対照区が44.2%に対し、リン酸区が56.3%、代替クエン酸区

* 東京海洋大学

が55.6%といずれも少し高かった。有効リン含量は、対照区が0.65%に対し、リン酸区が0.90%と少し高く、代替クエン酸区が0.63%と同等であった。

表2 プリ当歳魚およびマダイ3歳魚における試験飼料のリンの消化吸収率などの結果

	対照区	リン酸区	代替クエン酸区
ブリ			
飼料中のリン含量(%)	1.33	1.41	1.07
リンの消化吸収率(%)	50.2	64.1	57.3
有効リン含量(%)	0.67	0.90	0.61
マダイ			
飼料中のリン含量(%)	1.47	1.59	1.14
リンの消化吸収率(%)	44.2	56.3	55.6
有効リン含量(%)	0.65	0.90	0.63

II. プリ当歳魚を用いた植物性原料などを高配合した低魚粉飼料における有機酸の添加効果試験

配合飼料の主体である魚粉をできるだけリン含量が少ない植物性原料などに代替した飼料にリンの消化吸収率を高める目的で有機酸を添加した効果を検討した。

方 法

供 試 魚 プリ当歳魚は、「I」と同じ群のものであり、平均体重108gのものを平成19年7月30～31日に3×3×3m小割生簀へ200尾収容し、平成19年7月31日から給餌し、10月23日まで(12週間)海面飼育した。

試験飼料 プリ用試験飼料組成を表3に示した。

魚粉(アンチョビーミール)49%の対照飼料(対照区)、対照区の魚粉をリン含量の低い大豆油粕などで約37%代替し、クエン酸を0.5%あるいはギ酸を0.4%添加した飼料(代替クエン酸区あるいは代替ギ酸区)、対照区の魚粉をリン含量の低い大豆油粕などで約53%代替し、クエン酸を0.5%添加した飼料(高代替クエン酸区)とした。低魚粉飼料には摂餌誘引を目的にペプチドミールを3%添加した。

給 餌 給餌は、1日1回とし、ほぼ飽食量を週6日与えた。

表3 プリ用試験飼料組成

	対照区	代替クエン酸区	代替ギ酸区	高代替クエン酸区
アンチョビーミール	49	31	31	23
大豆油粕	5	11	11	15
コーングルテンミール	5	11	11	15
ペプチドミール	0	3	3	3
フェサミール	0	4	4	4
小麦粉	19	16.5	16.6	16.5
セオカ澱粉	5	5	5	5
魚油	10	11	11	11
大豆油	4	4	4	4
ミネラルミックス(リンフリー)	1	1	1	1
ビタミンB12(カスチヤー)	2	2	2	2
クエン酸	0	0.5	0	0.5
ギ酸	0	0	0.4	0
サブリメントオイル(魚油)	5	5	5	5
合計	105	105	105	105

結 果

ブリ当歳魚における海面飼育試験結果を表4に示した。

生残率は、単生虫(ベネデニア, ネオベネデニア)寄生やノカルジア症による斃死がかなりみられ、対照区76.8%、代替クエン酸区69.5%、代替ギ酸区67.8%、高代替クエン酸区50.3%であり、対照区より代替飼料区がいずれも低かった。

対照区(日間成長率1.90%、増肉係数1.71)と比べて、代替ギ酸区(日間成長率1.82%、増肉係数1.92)、代替クエン酸区(日間成長率1.75%、増肉係数1.84)、高代替クエン酸区(日間成長率1.71%、増肉係数2.13)のいずれも成長は少し劣ったが有意な差はなかった。

表4 プリ当歳魚における海面飼育試験結果

	対照区	代替クエン酸区	代替ギ酸区	高代替クエン酸区
生残率(%)	76.8	69.5	67.8	50.3
開始体重(g)	108	108	108	108
終了体重(g)	534.7	471.8	498.8	456.2
日間成長率(%)	1.90	1.75	1.82	1.71
増肉係数	1.71	1.84	1.92	2.13

ブリ当歳魚における魚体への窒素とリンの蓄積率などの海面飼育試験結果を表5に示した。

魚体への窒素の蓄積率は、対照区(25.2%)、代替ギ酸区(24.5%)、高代替クエン酸区(21.6%)、代替クエン酸区(21.5%)の順に高かったが、試験区間の有意差はなかった。

魚体へのリンの蓄積率は、高代替クエン酸区(23.0%)、代替ギ酸区および代替クエン酸区(19.3%)、対照区(16.7%)の順に高かったが、試験区間の有意差はなかった。

環境への窒素の負荷量は、対照区(85.7kg/t生産)、代替ギ酸区(88.6kg/t生産)、高代替クエン酸区(100.5kg/t生産)、代替クエン酸区(100.7kg/t生産)の順に低く、代替ギ酸区が対照区より若干高かったが、代替クエン酸区および高代替クエン酸区より少し低かった。試験区間の有意差はなかった。

環境へのリンの負荷量は、高代替クエン酸区(13.4kg/t生産)、代替ギ酸区(16.0kg/t生産)、代替クエン酸区(16.7kg/t生産)、対照区(19.6kg/t生産)の順に低く、高代替クエン酸区が対照区より有意に低かった。

表5 プリ当歳魚における魚体への窒素とリンの蓄積率などの海面飼育試験結果

	対照区	代替ケエン酸区	代替キ酸区	高代替ケエン酸区
窒素				
魚体への蓄積率(%)	25.2	21.5	24.5	21.6
環境への負荷量(kg/t・生産)	85.7	100.7	88.6	100.5
リン				
魚体への蓄積率(%)	16.7	19.3	19.3	23.0
環境への負荷量(kg/t・生産)	19.6	16.7	16.0	13.4

III. マハタ1歳魚および2歳魚を用いた消化吸収率試験

マハタは、新高級養殖魚種として期待が大きいですが、適正な栄養要求が明らかにされていない。今回は、マハタ1歳魚および2歳魚を用いて粗タンパク質等の消化吸収率を把握し、マハタ育成用飼料の基礎データを収集する。

方 法

供試魚 マハタ1歳魚は、当場で平成18年5月下旬に採卵して種苗生産し、平成19年1月下旬に沖出ししたものを用いた。容量1tの自然採糞装置に25尾(平均体重245g)収容し、試験飼料で3日間予備飼育して実験に供した。

マハタ2歳魚は、当場で平成17年5月中旬に採卵して種苗生産し、平成17年11月上旬に沖出ししたものを用いた。容量1tの自然採糞装置に12尾(平均体重645g)収容し、試験飼料で3日間予備飼育して実験に供した。

試験飼料 マハタ用試験飼料組成を表6に示した。高タンパク低脂肪飼料(高タンパク低脂肪区)および低タンパク高脂肪飼料(低タンパク高脂肪区)とした。

なお、試験飼料には、魚が消化吸収できない内部指標物質として50%酸化クロムを1%添加した。

採糞 午後の給餌30分後より翌朝まで採糞を行なった。その操作を分析に必要な量の糞が採集できるまで継続した。採集した糞は、遠心分離機で海水を取り除いた後、凍結乾燥を行い、分析に供した。

分析 試験飼料と採糞試料の粗タンパク質、粗脂肪、炭水化物などについて行なった。

表6 マハタ用試験飼料組成

	高タンパク低脂肪区	低タンパク高脂肪区
魚粉(アンチヨビーミール)	71	55
大豆油粕	5	5
コーングルテンミール	5	5
小麦粉	7	11
α-スターチ	5	5
魚油	3	15
ミネラルミックス	1	1
ビタミンプレミクスチャー	3	3
合計	100	100

結 果

マハタ用試験飼料分析結果を表7に示した。高タンパク低脂肪区の粗タンパク質が55.3%、粗脂肪が11.2%、炭水化物が11.5%、低タンパク高脂肪区の粗タンパク質が44.5%、粗脂肪が19.1%、炭水化物が11.4%であった。

マハタ1歳魚および2歳魚における試験飼料の消化吸収率結果を表8に示した。

マハタ1歳魚における粗タンパク質の消化吸収率は、高タンパク低脂肪区が95.9%、低タンパク高脂肪区が95.8%と同様で、粗脂肪の消化吸収率は、高タンパク低脂肪区が96.1%に対し、低タンパク高脂肪区が97.0%と若干高く、炭水化物の消化吸収率は、高タンパク低脂肪区が95.0%に対し、低タンパク高脂肪区が91.6%とやや低かった。

マハタ2歳魚における粗タンパク質の消化吸収率は、高タンパク低脂肪区が94.9%、低タンパク高脂肪区が95.3%と同様で、粗脂肪の消化吸収率は、高タンパク低脂肪区が95.3%に対し、低タンパク高脂肪区が97.3%とやや高く、炭水化物の消化吸収率は、高タンパク低脂肪区が96.4%に対し、低タンパク高脂肪区が92.8%とやや低かった。

表7 マハタ用試験飼料分析結果

	高タンパク低脂肪区	低タンパク高脂肪区
粗タンパク質(%)	55.3	44.5
粗脂肪(%)	11.2	19.1
炭水化物(%)	11.5	11.4
粗灰分(%)	15.4	11.8
水分(%)	4.0	5.1
酸化クロム(%)	0.36	0.38

表8 マハタ1歳魚および2歳魚における試験飼料の消化吸収率結果

	高タンパク低脂肪区	低タンパク高脂肪区
1歳魚の消化吸収率(%)		
粗タンパク質	95.9	95.8
粗脂肪	96.1	97.0
炭水化物	95.0	91.6
2歳魚の消化吸収率(%)		
粗タンパク質	94.9	95.3
粗脂肪	95.3	97.3
炭水化物	96.4	92.8

ま と め

- 1) 低魚粉飼料開発のため、ブリ当歳魚およびマダイ3歳魚を用い、配合飼料の主体である魚粉をできるだけリン含量の低い植物性原料などに代替し、リンの消化吸収率を高める目的でクエン酸を添加した飼料などのリンの消化吸収率および有効リン含量を測定した。
ブリ当歳魚における低魚粉飼料開発のため、配合飼料の主体である魚粉をできるだけリン含量の低い植物性原料などに代替し、リンの消化吸収率を高める目的で有機酸を添加した飼料により12週間の飼育を行い、効果を検討した。
マハタの適正な栄養要求を明らかにするため、1歳魚および2歳魚を用いて粗タンパク質等の消化吸収率を把握し、マハタ育成用飼料の基礎データを収集した。
- 2) ブリ当歳魚では、対照飼料に第一リン酸カルシウムを0.5%添加した飼料（リン酸飼料）および魚粉（アンチョビーミール）の約37%を植物性原料などで代替し、飼料中のリン含量を1.33%から1.07%に削減してクエン酸を0.5%添加した飼料（代替クエン酸飼料）が、リンの消化吸収率では対照飼料より少し高かった。有効リン含量は、対照飼料よりリン酸飼料で高かった。また、代替

クエン酸飼料では僅かながら低かった。しかしながら、いずれの飼料もブリのリン要求量をほぼ満足していた。

マダイ3歳魚のリンの消化吸収率は、対照飼料よりリン酸飼料と代替クエン酸飼料が少し高く、有効リン含量は、対照飼料よりリン酸飼料が高く、代替クエン酸飼料が同等であった。ブリと同様に、マダイのリン要求量を満足していた。

- 3) ブリ当歳魚の飼育試験は、対照飼料より魚粉を約37%あるいは約53%をリン含量の低い植物性原料などで代替し、クエン酸を0.5%あるいはギ酸を0.4%添加した飼料の場合、対照飼料より生残率および成長面で劣り、環境への窒素の負荷が高かったが、環境へのリンの負荷は低く、有機酸の添加効果が確認された。
- 4) マハタ1歳魚および2歳魚ともに、高タンパク低脂肪および低タンパク高脂肪飼料における粗タンパク質、粗脂肪および炭水化物の消化吸収率はほぼ同じであり、両年齢とも試験飼料における粗タンパク質の消化吸収率は95%前後であったが、飼料中の粗脂肪が高くなると、粗脂肪の消化吸収率が高くなり、炭水化物の消化吸収率が低くなる傾向がみられた。

(担当：宮原)