

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 15 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21580234

研究課題名（和文）アオリイカの餌料系列に関する研究

研究課題名（英文）The study of diets of Oval squid.

研究代表者

秋山 信彦（AKIYAMA NOBUHIKO）

東海大学・海洋学部・教授

研究者番号：20256192

研究成果の概要（和文）：アオリイカの幼生を育てるための人工飼料を開発したが、他の餌のように多く摂餌しない。その原因を究明するため、人工飼料に海水中の成分を浸透させ、摂餌行動を比較するなどのいくつかの実験を行った。その結果、餌に海水中の塩分が浸透すると忌避する事が明らかに成り、特に海水中の NaCl 等数種の塩類が影響していることを明らかにした。また、この物質を受容するのは、吸盤にある化学物質受容細胞であることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：I developed artificial diet of oval squid. However, the oval squids don't eat so many the artificial diets. To announce the cause, I fed some kinds of artificial foods to oval squids. It became clear to dislike the salt that oval squid dissolved into bait as a result. I am thinking that oval squid feels salt at the chemoreceptor cell in a sucker.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 21 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
平成 22 年度	900,000	270,000	1,170,000
平成 23 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：増養殖、生態

1. 研究開始当初の背景

アオリイカの種苗生産については日本栽培漁業協会五等事業場および沖縄県、徳島県、福井県など各県の試験場などが手がけ、いくつかの報告がなされてきた。これらの研究から幼生の育成餌料として養成アルテミア、ミジンコ、タイおよびイサキの稚魚などが試されてきたが、栄養要求の問題やアオリイカ幼生の孵化と同調的に確保できないなどの問題があることが明らかにされている。現在ではアオリイカの幼生に与える適切な餌料の

確保が困難であることから研究は推進されていない。また、アオリイカを始めとした頭足類の飼育に関する研究はテキサス大学で医学実験用生物としての研究があり、その飼育方法や繁殖について報告されている。しかし、日本での養殖技術とするにはコストがかかりすぎる事から実用的ではない。その中で、申請者は 1994 年より種苗生産に係る研究を推進し、アオリイカ幼生を大島らが始めて育成に成功した時に餌料として用いたニホンイサザアミを与える事によって百のオーダー

一ではあるが、安定した種苗が生産できることを検証した。ニホンイサザアミは浜名湖などの汽水湖に大量に生息しており、蓄養も可能である。さらにアオリイカ幼生の生残率が最低でも 60%と従来の方法よりも著しく高い。また、一連の研究でアオリイカ幼生の必須脂肪酸が EPA とは別に DHA も必要である事も付きとめつつある。さらに、産業規模で展開するためには親魚養成技術を確立する必要がある。親魚養成が可能となれば、将来成熟・産卵技術を開発し、完全養殖が可能となる。現在、申請者は孵化幼生から数十のオーダーではあるがアオリイカを親まで飼育することに成功している。さらに、トランスグルタミナーゼを用いて魚のすり身を固化させた飼料を作成し、その飼料への餌付けに成功した。しかしながら、栄養面、嗜好性の問題から摂餌量が少なく、成長や生残が悪い。従って、人工飼料についてもさらに改善する必要がある。また、トランスグルタミナーゼは味の素株式会社が魚類飼育用飼料作成方法で特許化していることや、飼料安全法で添加物として認められていないことからカマボコの製法を応用した新飼料についても再検討する必要がある。これについては、申請者は過去に検討したが、油脂を添加するとタンパク質が結着せず硬化しないために完成に至らなかった。今回は油脂をスプレードライ化した原料を別途ペースト状にし、カマボコ様飼料に添加する方法などを考案している。また、アオリイカに鮮魚を与えた場合投与後すぐには摂餌するが、一旦水槽底に落ちた餌を再度投餌しても捕捉はするが摂餌に至らないケースが多く観察された。また、人工飼料についても鮮魚を与えた場合よりも摂餌量が少ないことから、これらの原因を解明することを目的とした。

2. 研究の目的

高級水産物であるアオリイカの養殖および種苗生産に関する研究は以前より行われているが、種苗生産技術が確立しないために未だに産業規模で展開していない。沿岸漁業でも高級水産物として取り扱われているが、資源量の増減が著しいことから栽培漁業の一種として種苗放流が望まれている。また、現在の養殖形態は単一魚種を量産しているが、産業界では従来のような単一魚種の養殖ではなく、複数魚種の養殖が望まれ、その一つの種類として高級水産物であるアオリイカの養殖技術の確立が期待されている。

この様に漁業、養殖業の双方からのニーズの高いアオリイカの種苗生産及び育成技術の確立を本研究では目的とし、摂餌生態並びに餌料系列の完成、人工飼料を作成

するための基礎的知見を得るものである。

3. 研究の方法

成長に伴う海水主要塩類に対する摂餌・忌避行動：1kl 容円型 FRP 製水槽で飼育していた 7~112 日齢のアオリイカを使用し、7 日齢ごとに実験した。1 日 2 回 9 時と 16 時に水質チェッカー (HORIBA 社製) で水温、塩分、pH、溶存酸素を測定し、冷却機より水温の上限を 24.5°C、ヒーターにより下限を 23.5°C、塩分は 34PSU に保った。

実験には、人工飼料よりも摂餌率が高いシラスを使用した。海水主要塩分 9 種 NaCl, MgCl₂, MgSO₄, CaSO₄, KCl, SrCl₂, NaHCO₃, KBr, CaCl₂ それぞれ別々に 3.4% 溶液を 100ml 作製し、シラス 10g を 15 分間浸漬後給餌し、摂餌・忌避行動を観察した。ただし、CaSO₄ は溶解度が低く、3.4% 溶液を作ることができないため、0.24% 飽和水溶液を使用した。また、各単独塩類溶液と同様に、飼育海水 (S=34PSU)、蒸留水にも 15 分間シラスを浸漬後同様に給餌し、観察した。各溶液に浸漬した 11 種類のシラスを毎回順序を変えて給餌した。アオリイカが捕捉しなかったシラスは計数せずに、摂餌行動と忌避行動が合計 10 回となった後に、次の種類のシラスを給餌した。

次に、蒸留水で洗浄したシラスに対する摂餌行動を観察した。忌避行動が顕著に表れた飼育海水 (S=34PSU) と NaCl, MgCl₂, KCl, CaCl₂ それぞれの 3.4% 溶液に上述と同様シラスを浸漬した。そして、ポリエチレン製の洗瓶に入れた蒸留水で約 1 秒間シラスを洗浄した後、給餌し摂餌・忌避行動を観察した。

さらに、飼育海水、海水主要塩類溶液に浸漬したシラスから溶出する塩分を測定した。実験と同様にシラス 10g を海水主要塩類 9 種それぞれ別々の 3.4% 溶液、飼育海水 (S=34PSU)、蒸留水 100ml に 15 分間浸漬後、シラス 1.0g 取り出し、蒸留水 10ml とともに 10000rpm で 5 分間ホモジナイズした。ホモジナイズした溶液の塩分を東亜塩分計 (東亜ディーケーケー株式会社製) によって測定した。次に、忌避が観察された溶液にシラスを 15 分間浸漬後、蒸留水で洗浄して溶出する塩分を測定した。なお、同じ操作を 3 回繰り返した。

触腕及び第 1~4 腕の吸盤に存在する化学受容器の組織学的観察：飼育水槽から無作為に 0, 7, 14, 21, 28 日齢のアオリイカから触腕と第 1~4 腕を切りとりブアン氏液で固定した。各腕をアルコール系列で脱水後、常法に従い吸盤に対して垂直に厚さ 6µm のパラフィン切片を作製し、アザン染色を施した。組織標本については光学顕微鏡を用いて日齢に伴う化学受容細胞の変化を観察した。

4. 研究成果

摂餌行動と忌避行動の定義：各塩類溶液に15分浸漬した場合と蒸留水で洗浄した場合のシラスを給餌すると2種類の摂餌行動が観察された。観察された摂餌行動を次の2種として定義した。アオリイカ幼生が、シラスを捕捉するときに触腕を用いる場合を触腕で捕捉後摂餌とし、触腕以外の腕（第1～4腕）を用いる場合を触腕以外の腕で捕捉後摂餌とした（図1）。

塩類溶液を15分浸漬したシラスを給餌すると、3種類の忌避行動が観察された。観察された忌避行動を次の3種として定義した。触腕でシラスを捕捉後に忌避した場合を触腕忌避とした。次に、触腕で捕捉後、第1～4腕でシラスに触った後に忌避した場合と初めから第1～4腕を使ってシラスを捕捉後に忌避した場合を触腕以外の腕による忌避とした。さらに、シラスを腕に抱え口球に運んだ後に忌避した場合を口球忌避とした（図2）。

主要塩類に浸漬したシラスに対するアオリイカ幼生の摂餌・忌避：異なる塩類溶液に浸漬後給餌した場合と、蒸留水で洗浄後給餌した場合の摂餌行動には変化はなかったが、日齢が進むごとに摂餌行動が変化した。14日齢までは、触腕を用いてシラスを捕捉することはなく、第1～4腕による捕捉のみが観察された。日齢の経過と共に触腕を用いる捕捉行動が増え、35日齢で2957例中1017例と最も多くなった。その後は、再び触腕を使用する割合が少なくなる傾向が見られた。

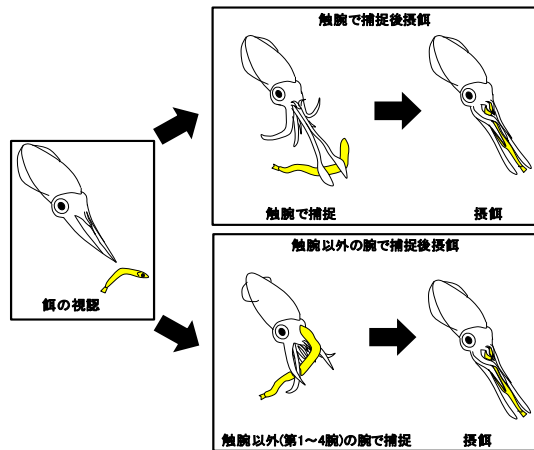


図1 摂餌行動の観察

それぞれの塩類に浸漬したシラスの中でアオリイカ幼生が最も忌避したのは、NaClで65.5%であった。次いで、飼育海水が52.5%、MgCl₂が41.9%、KClが22.6%、CaCl₂が4.0%であった。他の塩類に対する忌避率は、MgSO₄の0.40%、CaSO₄、SrCl₂の0.13%、NaHCO₃の0.03%、KBrの0%であった。また、蒸留水に15分浸漬した場合では、全く忌避しなかった（図3）。顕著に忌避行動が観察された飼育海水、NaCl、MgCl₂、KCl、CaCl₂

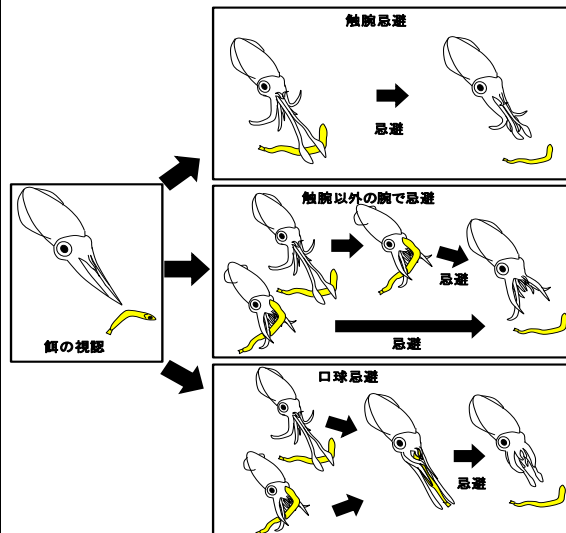


図2 忌避行動の観察結果

に対して成長段階別を追って忌避率を調べた結果、7日齢では、NaClと飼育海水の忌避率が44.2、33.2%と他の塩類と比較して高く、MgCl₂、KClの忌避率は10%以下で、CaCl₂は全く忌避されなかった。14日齢では、NaCl、飼育海水の忌避率は62.7%、49.1%まで上昇した。さらに、10%以下であったMgCl₂の忌避率も29.7%と高くなっていった。KClとCaCl₂では、他の3種より忌避率が低く3.0%、0.4%であった。21日齢では、飼育海水、NaCl、MgCl₂、KClの忌避率がさらに上昇し、それぞれ70.9%、83.6%、42.7%、17.0%であった。一方、CaCl₂の忌避率は0.9%とほとんど変化しなかった。28日齢では、NaClの忌避率が87.3%と最も高くなり、同様に飼育海水、MgCl₂、KCl、CaCl₂でも忌避率が77.9%、60.0%、23.0%、1.8%まで上昇した。35～63日齢では、NaCl、MgCl₂の忌避率に大きな変化はなく、それぞれ75.5～86.3%、61.4～72.7%の範囲であった。飼育海水、CaCl₂の忌避率は49日齢で81.8%、17.3%と最大になった後、63日齢にかけて減少した。KClの忌避率は63日齢まで増加し、最大55.5%まで達していた。そして、70日齢以降から全ての忌避率が減少する傾向が見られた。特にNaClの忌避率が76.4%から19.1%まで大幅に低下していた。実験終了時の112日齢では、全ての忌避率が20%以下にまで減少していた。NaClの忌避率は、49日齢を除く全ての日齢で他の塩類よりも高く、19.1～87.3%であった。

他方、忌避が見られた5種類の塩類溶液に15分浸漬したシラスを蒸留水で洗浄することにより、全ての忌避率が10%以下にまで減少した。最も忌避率が高かったNaClであっても、0～8.2%まで忌避率が低下していた。他の塩類の忌避率は、飼育海水で1.3～9.1%、MgCl₂で1.4～8.6%、KClで0～4.2%まで同様に低下していた。CaCl₂に関しては、0～0.6%

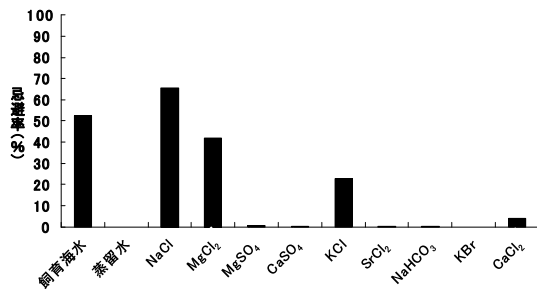


図3 7~112日齢までの塩類に対する忌避

とほとんど忌避行動が確認されなかった。

これらの忌避を全てまとめ3つの忌避行動別に調べた。塩類溶液に浸漬後給餌した場合と、蒸留水で洗浄後給餌した場合の忌避行動は、忌避回数に大幅な差が見られるものの、触腕以外の第1~4腕での忌避が最も多い結果となった。

シラスから溶出した塩分：CaSO₄では溶解度が低く3.4%溶液が作製できず0.24%飽和水溶液に15分浸漬した場合と蒸留水に15分浸漬した場合、シラスから0.01%の塩分が溶出した。一方、他のシラスからは0.07~0.14%の塩分が溶出した。飼育海水、NaCl、MgCl₂、KCl、CaCl₂に15分浸漬した5種類のシラスから溶出した塩分は、0.11~0.14%であった。また、MgSO₄、SrCl₂、NaHCO₃、KBrに15分浸漬したシラスから溶出した塩分は、0.10%未満であった(図4)。

蒸留水で洗浄することで忌避率が低下した飼育海水、NaCl、MgCl₂、KCl、CaCl₂に浸漬したシラスから溶出した塩分は、0.10%以下であった。

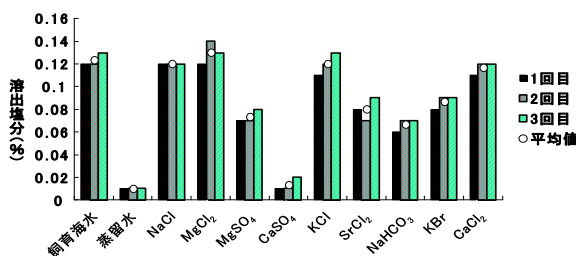


図4 シラスから溶出した塩分(15分浸漬)

成長に伴う吸盤の化学受容細胞の変化：各日齢で触腕の吸盤と第1~4腕の吸盤に形態的な違いは見られなかった。吸盤の垂直断面は、すり鉢状で底部中央が盛り上がっていた。上部内側には角質環が見られ、吸盤基底部は一本の柄で腕と結合していた。また腕の神経から分岐した神経節が柄の内部を通り、吸盤内部まで到達していた。各腕の吸盤基底部で、繊毛をもつ外界に露出したフラスコ型の細胞が7日齢以降から見られたが、0日齢の個体では化学受容細胞は確認できなかった。触腕と第1~4腕の化学受容細胞の違いは見ら

れなかった。化学受容細胞の長さは、それぞれ7日齢では15±3.4μm, 14日齢では19±5.5μm, 21日齢では24±5.9μm, 28日齢では32±6.6μmであり、成長に伴い伸長していた。

以上の諸結果から以下の様に考察された。冷凍シラスを解凍した後、蒸留水に15分浸漬した場合、溶出した塩分は0.01%であった。一方、飼育海水とCaSO₄を除く単独塩類溶液に15分浸漬した場合では、0.07~0.14%の塩分が溶出したことから、海水に浸漬することでシラス表面に塩類が浸透したと考えられる。その中でも、溶出した塩分が0.11~0.14%と他の塩類と比べ高い飼育海水、NaCl、MgCl₂、KCl、CaCl₂の5種類で忌避行動が多く観察された。溶出した塩分が高いシラスの方がより忌避されると考えられる。さらに、この5種類のシラスから溶出した塩分には、差がほとんど見られなかったが、NaClの忌避率が42日齢を除く全ての日齢で、最も高い値を示していることからNaClが忌避行動を引き起こす主たる要因である可能性が考えられる。本種に留まらず、ナマズやヒガンブグでも単独の塩類に対して特異的な反応を示すとされている(清原ほか, 1972, Tateda, 1961)。従って、アオリイカは特異的にNaClに対して高い感受性をもっている可能性が考えられる。また、各塩類溶液に15分浸漬したシラスを蒸留水で洗浄することにより、溶出した塩分が0.07~0.10%と0.03%ほど低下した。洗浄は短時間であるので、餌表面に付着した塩類のみが除去されたと考えられる。表面塩分が低下することにより、NaClを始めとする各塩類の忌避率が10%以下まで低下した。第1~4腕での忌避が多かったため、吸盤の化学受容細胞でシラスの表面塩分を感知することができなければ、忌避されにくくなると考えられた。これらのことから、シラスから溶出する塩分が一定の値を超え、吸盤の化学受容細胞で塩分を感知すると忌避行動が起こり、今回は、シラスから溶出した塩分が0.10%以上になると顕著に忌避行動が観察されるようになった。以上から、シラスの表面塩分が、最も重要な忌避要因になっており、特にNaClの侵入が多いほど忌避されやすいと考えられる。

忌避行動が多かった各腕の吸盤には、P.GRAZIADE(1964)が形態的に化学受容細胞であると示唆したものと同様の細胞が7日齢以降の吸盤基底部に見られた。イカ、タコ類のもつ化学感覚の種類は、刺激源から遠距離において低濃度の刺激をも受容可能である遠隔化学感覚と刺激源の近位か接触時に刺激を受容する近位化学感覚に大別することができる(安楽, 2003)。Y字管を使った遠隔化学感覚の実験では、アオリイカはアミノ酸のプロリン、核酸関連物質などの特定の化学物質に対して誘引反応を示している

(P.GLEE, 1994). 一方, 近位化学感覚はコウイカ, *Sepia esculenta* で実験がされており, pH に関わらず, ベタインを除くアミノ酸に対して摂餌促進効果が認められ, ベタインと苦味物質のキネートには忌避行動を示していた (安樂, 1998). 今回の実験では, 触腕と第 1~4 腕でシラスに触れてから忌避行動を示していることから, 近位化学感覚によってシラスを忌避していると考えられる. 近位化学感覚器官である吸盤の化学受容細胞を成長段階別に観察をすると, 0 日齢では, 吸盤基部に存在する化学受容細胞は確認できなかったが, 7~28 日齢では日齢に伴い伸長する傾向が見られた. さらに, 同時期の各塩類に対する忌避率が成長に伴い上昇していた. 従って, 成長に伴う忌避率の上昇は, 吸盤に存在している化学受容細胞の発達によるものであると考えられる.

0~14 日齢では, 触腕を一切使わず捕食行動を行っているが, 21 日齢から触腕を使う割合が増加している. 孵化直後は, 触腕が発達しておらず触腕を使わないが, 20 日齢以降で触腕を使った捕捉行動が増加する (池田, 2011) とされており, 今回の実験でも同様の傾向が見られた. 従って, 成長に伴い摂餌行動が変化していくと考えられる. 外套長 15~20mm まで成長すると, 鰭部が外套部側縁部の約 70% になり, 成体と同じ泳ぎ方をするようになり, 摂餌能力が向上する (金丸, 1996). 14~21 日齢のアオリイカ幼生の外套長がこの範囲であるため, この時期から捕捉行動が変化していたと考えられる. 今回の実験では 42 日齢以降, 再び触腕を使う捕食行動が減少する傾向が見られた. アオリイカは餌のサイズ選択をしており, 外套長と餌の体長の比率が 1.0~2.0 以内のものを好んで摂餌する (上田, 2003) ため, 餌の大きさが捕食行動に影響を与えていると考えられる. 触腕による捕捉が減少し始める 42 日齢の外套長は約 40mm であり, 実験には一貫して約 30mm のシラスを給餌していたので, 外套長と餌の体長の比率が 1.0 未満になっていた. この餌との比率が捕捉行動の変化に影響を与えた可能性が考えられる.

イカの学習能力は高く, ヨーロッパコウイカ, *Sepia officinalis* によって短期記憶と長期記憶が存在していることが証明されており, 30 日齢頃から短期記憶が出現し始め, 長期記憶は 60 日齢頃から出現する (Ludovic) 70 日齢以降で忌避率が減少したのは, 長期間塩類溶液に浸漬した餌を給餌したことで, アオリイカの学習により塩分忌避が抑えられ塩分の高いシラスに慣れてしまったと考えられる. 摂餌行動において, 35 日齢まで触腕による捕捉が増加していたが, それ以降減少した要因がアオリイカに対する餌の大きさによるものであると述べた. しかし, 死餌を給餌

し続けることによって, 生餌と異なりアオリイカから逃げることがないために, 必要最低限の捕捉行動によりシラスを捕捉できるように学習した可能性も考えられる.

以上のことから, アオリイカは特定の塩類に対して感受性を持っていることが明らかとなった. 忌避行動に関与している吸盤基部の化学受容細胞が, 7~28 日齢にかけて伸長し, 同時に各塩類に対する忌避率も上昇しているため, 化学受容細胞の発達に伴い, 塩類に対する感受性が高くなると考えられる.

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ①成田篤史・柏倉真・齋藤寛・岡田喜裕・秋山信彦. 飼育環境の違いがカワハギ仔魚の摂餌活動, 摂餌量, 生残および成長に与える影響. (2011) 査読有り. 水産増殖 59(4), 551-561.
- ②大貫貴清・鈴木伸洋・秋山信彦. 静岡県浜松市の溜池で新たに発見された移入種 *Palaemonetes sinensis* の雌の生殖周期. (2010) 査読有り. 水産増殖 58(4), 509-516.
- ③原政子・仲村茂夫・北野忠・秋山信彦. 幼形進化したハゼ亜目魚類 2 種 (シラスウオ属の 1 種とシロウオ) の精子変態過程. (2010) 査読有り. 魚類学雑誌 57 (2), 93-103.
- ④成田篤史・柏倉真・齋藤寛・岡田喜裕・秋山信彦. 飼育環境の違いがカサゴ仔魚の摂餌活動と摂餌量および成長に与える影響. (2010) 査読有り. 水産増殖 58(2), 289-296.
- ⑤川村拓生・秋山信彦. 静岡県に生息するヌマエビ *Paratya compressa* とヌカエビ *P. improvisa* の幼生発達と塩分応答. (2010) 査読有り. 水産増殖 58(1), 127-133.
- ⑥今井正・秋山信彦. 正の走光性を利用したテナガエビ幼生の水槽壁水上面への付着防止法. (2010) 査読有り. 水産増殖 58(1), 105-111.

[学会発表] (計 11 件)

- ①ニッポンバラタナゴの産卵行動と二枚貝

の匂いまたは出水管からの排水速度との関係. 湯山大地・秋山信彦. 日本水産増殖学会第10回大会 2011年10月29日, 三重大学

②異なる波長と低光量子の光に対するクロウミウマ稚魚の走光性. 岩谷厚志・金子誠・秋山信彦. 日本水産増殖学会第10回大会 2011年10月29日, 三重大学

③ミヤコタナゴとタイリクバラタナゴの種間競争に関する研究. 浜中祐衣)・杉原孝志・秋山信彦. 平成23年度日本水産学会秋期大会 2011年10月1日, 長崎大学

④焼きノリ端材の飼料原料としての有効性. 鈴木崇史・秋山信彦. 平成23年度日本水産学会秋期大会 2011年10月1日, 長崎大学

⑤クロウミウマの成長と生残に及ぼす水温と塩分の影響. 金子誠・岩谷厚志・田畑恵実・秋山信彦. 平成23年度日本水産学会秋期大会 2011年9月29日, 長崎大学

⑥クロウミウマの骨格形成と走光性の変化. 岩谷厚志・金子誠・田畑恵実・秋山信彦. 日本水産増殖学会第9回大会 2010年度 2010年10月30日, 唐津市民会館

⑦クロウミウマの摂餌行動と初期餌料としてのL型ワムシの有効性. 金子誠・齋藤寛・秋山信彦. 日本水産増殖学会第9回大会 2010年度 2010年10月30日, 唐津市民大会

⑧成田篤史・柏倉真・岡田喜裕・齋藤寛・秋山信彦. 異なる光周期で飼育したカワハギ仔魚の摂餌数と成長の違い. 平成22年度日本水産学会秋季大会 2010年9月23日, 京都大学

⑨成田篤史・柏倉真・岡田喜裕・齋藤寛・秋山信彦. カワハギ仔魚の摂餌活動の日周期性と成長にともなう摂餌量の変化. 平成22年度日本水産学会秋季大会 2010年9月23日, 京都大学

⑩成田篤史・柏倉真・岡田喜裕・齋藤寛・秋山信彦. 異なる光周期で飼育したカサゴ仔魚

の摂餌の日周変化と成長. 日本水産増殖学会第8回大会 2009年度 2009年10月31日, 水産大学校

⑪金子誠・下川原誠・西村弥亜・秋山信彦. クロウミウマ稚魚育成時の給餌間隔と栄養条件の異なる餌料を与えたときの生残. 日本水産増殖学会第8回大会 2009年度 2009年10月31日, 水産大学校

6. 研究組織

(1)研究代表者

秋山信彦 (AKIYAMA NOBUHIKO)
東海大学・海洋学部・教授
研究者番号: 20256192

(2)研究分担者

西村弥亜 (NISHIMURA MITSUGU)
東海大学・海洋学部・教授
研究者番号: 70167568
(H22のみ)