

私立大学研究ブランディング事業

「瀬戸内海 しまなみ沿岸生態系に眠る多面的機能の解明と産業支援・教育」

テーマ②産業・教育支援 2017年度進捗報告

1. 課題名：②-1 養殖業

1) 目的

シロギスの養殖では、①生態系の解明で得られた生息海域の物理・生物環境のデータを採卵や飼育技術にフィードバックし、効率的かつ先駆的な養殖技術を開発する。その中で、人工知能を用いた自発給餌システムや環境シミュレーションに基づく養殖環境制御システムを活用し、最終的にはシロギスとしては大型である 25 cm、150g の養殖魚を 1 年半で 2 万尾生産する技術を確立する。大型シロギスの単価は 3000 円/kg と高価であり（通常単価 1500 円/kg）、2 万尾の生産により 900 万円の水揚げとなる。その 5 倍の末端価格である 4500 万円が経済効果として予想される。ノリの養殖では、ノリ養殖場周辺における栄養塩濃度や植物プランクトンの動態に基づき（①）、色落ちを引き起こす機構を解明し、東日本や九州よりも 1 枚 2 円ほどの安値で売買される瀬戸内海のノリの単価を上げ、年間 5 億枚を生産する広島・岡山県のノリ養殖業の経済を活性化させる。アサリの養殖では、アサリとその食害を及ぼす海洋動物の生態データから、最適な養殖方法を検討する。

2) 29 年度の実施目標及び実施計画

シロギスの天然親魚からの受精卵の安定確保、小型水槽における 5 cm サイズの種苗の生産・飼育技術の検討、人工知能養殖システムの基礎技術である画像処理、ニューラルネットワーク、熱流体系、パラメータ設計の技術の確立、自発給餌システムの開発開始、内海生物資源研究所に長年蓄積された藻場の環境データの中から、シロギスの生息環境に関連するデータの整理を行う。

3) 成果

3) -1 シロギス養殖技術の開発

多くの魚種で水温や日長などの環境要因が産卵の開始や終了及び卵径に強く影響することが明らかにされている。しかしシロギスに関する研究は少なく、本種の産卵状況がどのような機序で変動しているかは不明な部分が多い。そこで今回は、由来（天然魚、人工魚、年齢、サイズ）の異なる親魚群の産卵状況を把握するとともに、水温と日長がこれらにどのような影響を与えているか検討した。

本研究には 2016 年 5 月に釣獲し、その後 1 年間養成したシロギスの天然親魚群（平均 $20.5 \pm 1.5\text{cm}$ ）、人工種苗を 1 年間養成した人工 1 歳大群（平均 $13.1 \pm 1.6\text{cm}$ ）、同人工 1 歳小群（平均 $9.7 \pm 1.2\text{cm}$ ）、人工種苗を 2 年間養成した人工 2 歳群（平均 $16.3 \pm 1.4\text{cm}$ ）の 4 親魚群を用いた。餌としてオキアミとおとひめ（日清丸紅飼料株式会社製）を 1 日 1 回（10 時）に飽食するまで給餌した。天然親魚群および人工 1 歳大群、人工 1 歳小群は 5tFRP 角形水槽（アース株式会社製）に人工 2 歳群は 3tFRP 円形水槽（アース株式会社製）に収容した。水槽からの排水を採卵槽（天然親魚群および人工 1 歳大群、人工 1 歳小群：100ℓパンライト水槽（モリマーサム樹脂工業株式会社製）、人工 2 歳群：500ℓダイライト水槽（ダイライト株式会社製））に設置したゴース地製ネット（30cm 径×30cm、60 cm 径×80 cm、60 cm 径×60 cm）で卵を採卵した。卵は 17 時にネットを設置し、翌朝 10 時に回収した。その後、海水とともに 10ℓバケツ（8ℓ）に収容・攪拌した後、1ml 中の卵数を顕微鏡下で計数した。産卵の状況は日々の産卵数を累計の総卵数で除し産卵率（1 日の産卵数/総産卵数×100（%））として把握した。卵径は、顕微鏡写真撮影装置で浮上卵 30 粒撮影し、得られた画像を基にそれぞれ毎日測定した。日長時間は日の出・日の入りマップ（hinode.pics/state/code/34）から入手した。水温は毎日 9 時頃それぞれの親魚水槽で測定した。

（1）産卵期

本研究においてシロギス親魚の産卵期間は、最も早かった人工 2 歳群が 5 月 23 日から 10 月 2 日までの 133 日間、次いで天然親魚群が 5 月 24 日から 10 月 6 日までの 136 日間、人工 1 歳大群が 5 月 31 日から 10 月 6 日までの 128 日間、人工 1 歳小群が 7 月 1 日から 9 月 26 日までの 88 日間となった（図 1～4）。このことから瀬戸内海中央部において自然環境条件でシロギスを養成し、産卵群として用いた場合、5 月下旬から 10 月初旬までの概ね 130 日前後産卵が継続すると考えられる。用いた親魚において、人工魚と天然魚でこの状況に大きな差異は認められず、特に産卵の終了はほぼ同時期であった。本種の産卵期は千葉県や三重県で 6 月初旬から 9 月末、静岡県で 5 月中旬～10 月初旬、北九州から若狭湾で 5 月～10 月とされており、今回の結果と同様である。

（2）産卵の開始および終了

多くの魚種で水温や日長などの環境要因が産卵の開始や終了及び卵径に強く影響することが明らかにされている。シロギスの産卵開始期は水温 20°C 水温超えることが、終了期は日長時間 12 時間を切ることがそれぞれ制限要因であるとされている。今回最も産卵が早かったのは人工 2 歳群の 5 月 23 日で水温 18.4°C 、その後 5 月 24 日の 18.5°C 、5 月 31 日の水温 19.1°C 、7 月 1 日の水温 19.1°C といずれも、 18°C を超えた水温帯であった。一方、産卵の終了は最も早かった人

工 1 歳小群の 9 月 26 日で日長時間 12 時間 02 分であり、次いで 10 月 2 日の日長時間 11 時間 49 分、10 月 5 日の日長時間 11 時間 42 分、10 月 6 日の日長時間 11 時間 41 分、10 月 12 日の日長時間 11 時間 28 分と概ね日長時間が 12 時間より短くなって以降であった（図 5）。また、産卵開始時の日長は 13 時間 32 分～14 時間 26 分、産卵終了日の水温は 23.0～24.6℃といずれも制限要因とされる日長 12 時間、水温 20℃より長くまた高かった。このことから少なくとも本試験で用いたシロギスの産卵開始は日長ではなく、水温が 18℃を超えることに、産卵終了は水温ではなく日長時間が 12 時間より短くなることで生じることが示唆された（図 5）。

魚類の産卵に関しては、大型の個体ほど早い時期に産卵する傾向が指摘されている。先に述べたように今回、産卵開始は水温 18℃以上になった時期であったものの、人工 1 歳小群は人工 1 歳大群や人工 2 歳群及び天然魚に比べると、それぞれ 30 日、38 日間、37 日間遅れた。上記の親魚群で年齢の確定している人工魚で、産卵開始とサイズを比較すると、一番早い群は 2 歳群（全長 16.3cm）であり、同年齢の 1 歳でも大群（全長 13.1cm）は小群（全長 9.7cm）より 1 ヶ月早かった。このことからシロギスではサイズが大きいものほど産卵開始が早い傾向があると考えられる。一方で、サイズの一番大きい天然魚（全長 20.5cm）は 2 歳群とほぼ同期に開始していることから、2 歳魚もしくは 16cm 以上では差異がない可能性も考えられる。

（3）産卵量

産卵量は、天然親魚群では産卵開始日である 5 月 24 日から 1 ヶ月間は産卵率 1%以下とごく少ないが、6 月 17 から 1%を越え産卵率が安定している。人工 1 歳大群、人工 1 歳小群、人工 2 歳群も同様に産卵開始から 1 カ月で産卵率が 1.5%、2%、1%と安定した。このことからシロギスの産卵量は産卵開始から一カ月後には安定すると考えられる。しかしシロギスは外見で雌雄の判別ができず、本実験ではシロギス一匹における産卵量は不明である。そのためサイズや年齢による産卵量を比較するには個別飼育が必要であり、雌雄の判別法の確立が急務となっている。

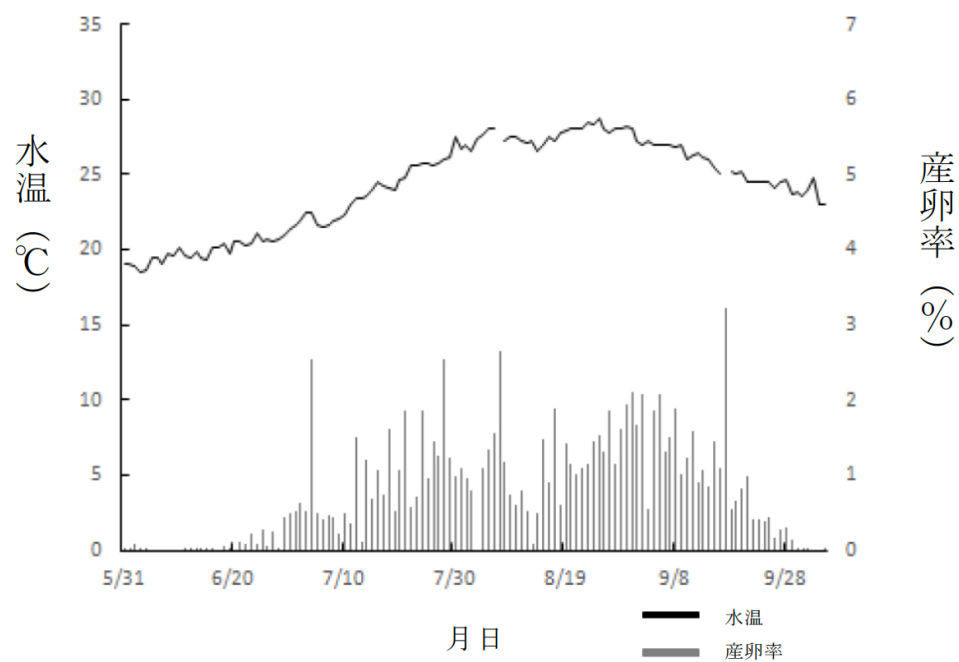


図 1 産卵率と水温（人工 1 歳大群）

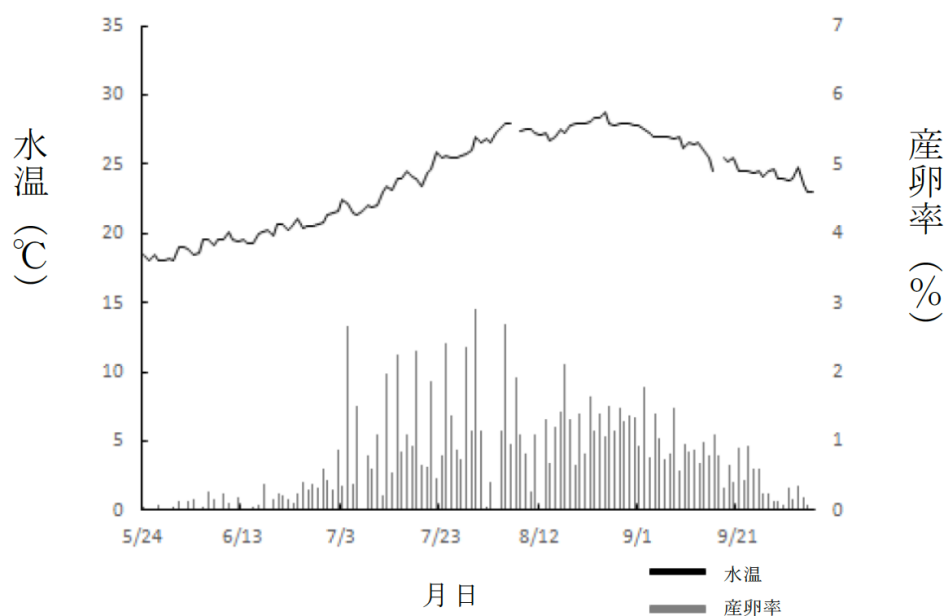


図 2 産卵率と水温（天然親魚群）

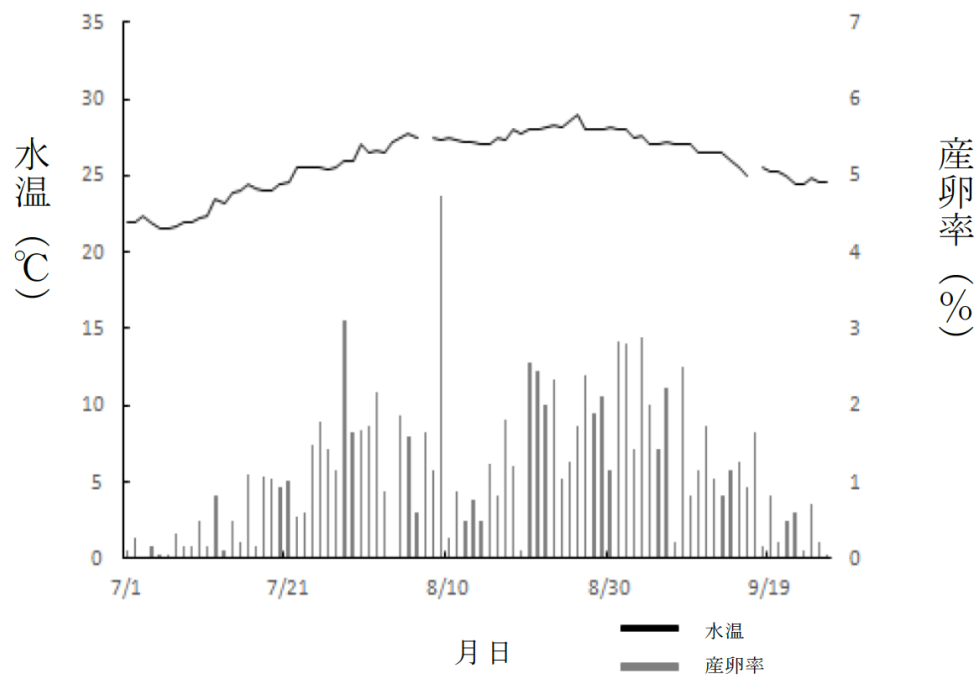


図3 産卵率と水温（人工1歳小群）

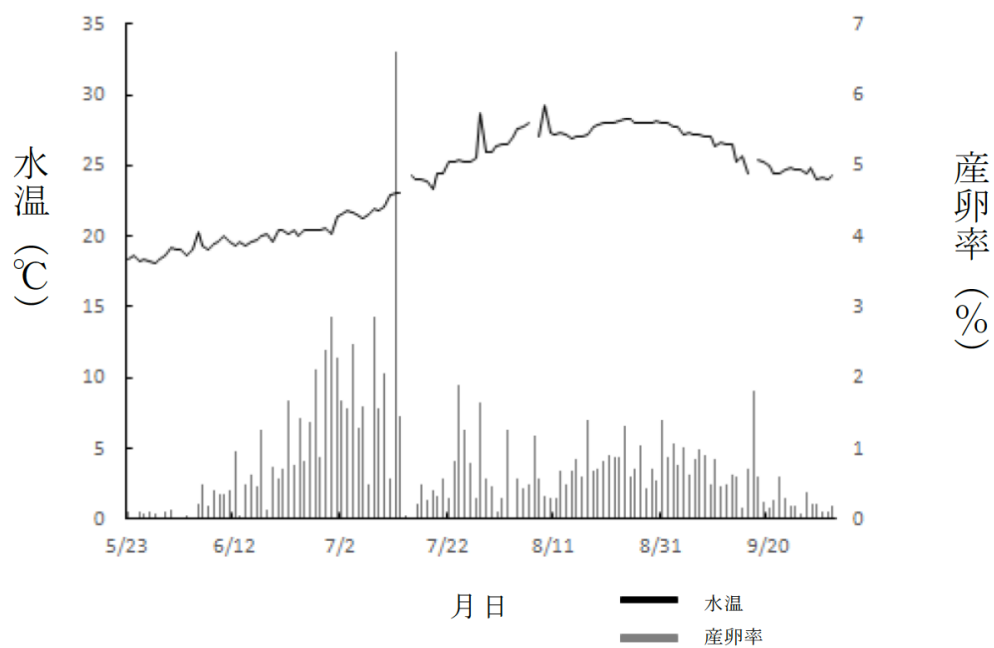


図4 産卵と水温（人工2歳群）

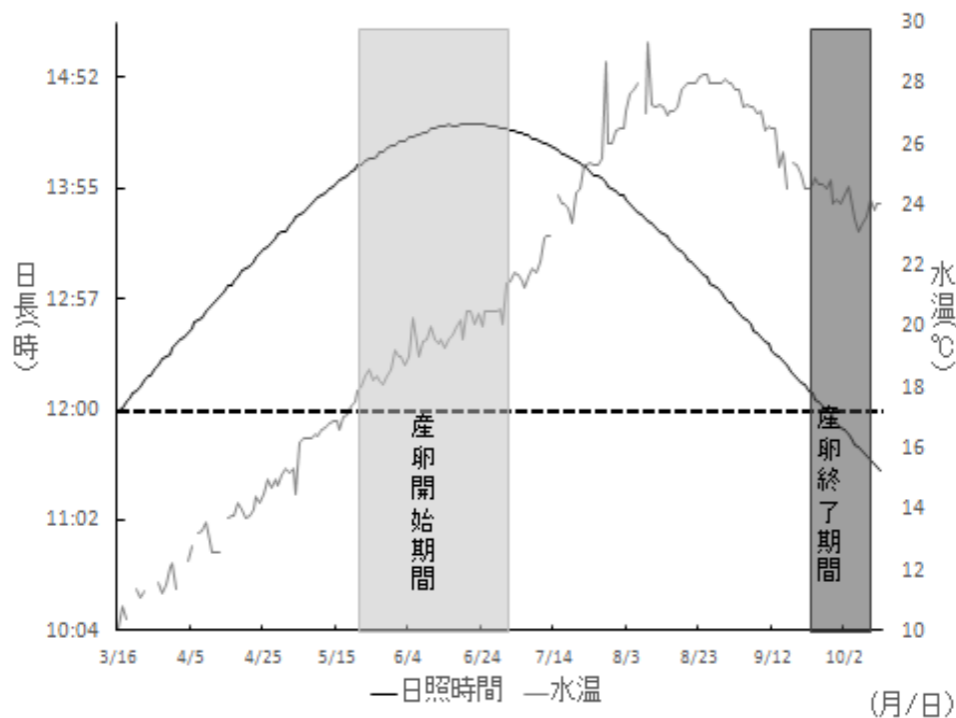


図5 産卵開始および終了時の水温と日長

3) -2 シロギス養殖システムの開発

自然環境に対して人が手入れすることによって、野放しの自然環境に比べて環境をより豊かにできる「里山・里海」の考え方・取組みの重要性が再認識されている。この日本特有の手入れ文化は、地球環境保全にとっては人間がいなくなった方が良くといった“悲観論”から脱却し、適度に資源を使うならば地球環境に人間がいた方が良くといった“楽観論”への意識シフトにつながると考える。

中国山地と瀬戸内海とに挟まれて立地する福山大学は、里山里海の資源利用と経済循環を目指す「瀬戸内の里山・里海学」に基づく研究プロジェクトを推進している。研究プロジェクトの一つである「瀬戸内里海の次世代養殖システムの開発研究」では、シロギスの養殖を対象とした瀬戸内里海型「完全養殖システム」の開発に取り組んでいる。「質」（体長 25cm 以上のテッポウギス）と「量」（稚魚期減耗解消）の双方に加えて、給餌量の必要最小化が求められており、それらの課題を「自発給餌システム」と「環境制御システム」によって解決することに着目している。

開発手順として以下を考えている。まず、「教師データ」を使ってディープラーニングを実施し、魚が餌を“食べたいときに・食べたいだけ・食べることが

できる”「自発給餌システム」を構築する。それと同時に、水温や照度等の環境パラメータも実測し、シロギスが減耗せずに餌を良く食べ体長が大きくなるような“好条件”の環境パラメータを明らかにする。最後に、“好条件”の環境パラメータをより効率的に達成するための方法を、モデルベース開発（MBD）によって明らかにする。

本研究では、モデルベース開発で用いる「水槽環境システムの水温・照度シミュレーションモデル」の構築を試みた。水槽環境システムは建築環境システムとアナロジーの関係にあることから、養殖システムに対して建築環境設備学のアプローチを適用できる。福山大学内海生物資源研究所にある養殖水槽の水温や室内照度を簡易実測し、実測値に基づいて水槽環境システムをモデル化して水槽水温（図1）と水槽水上面照度（図2）の簡易予測を可能とした。

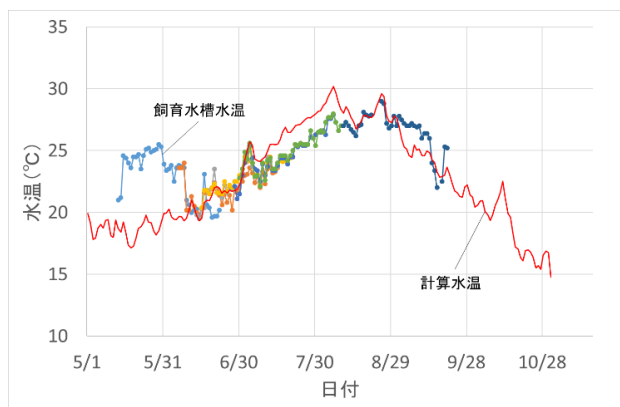


図1 実測水温と計算水温

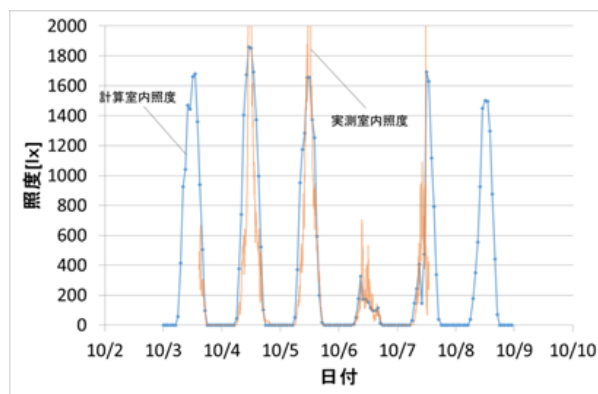


図2 実測照度と計算照度

4) 今後の計画

4) -1 シロギス養殖技術の開発

今回の結果で、シロギスは日長と水温によって産卵のコントロールが可能である可能性が強く示唆された。次年度以降、この成果を用いてより早くに安定して採卵できる技術確立する。また、得られた卵の「質」を明らかにし、どのような親魚の何時の卵を飼育に用いるのが適切であるかを確認する。

4) -2 シロギス養殖システムの開発

「教師データ」を使ってディープラーニングを実施し、魚が餌を“食べたいときに・食べたいだけ・食べることができる”自発給餌システムを構築する。

「教師データ」となる「画像データ」は水槽水面の上方から撮影する。これは、魚が餌を欲しているかそうでないかの状況は、水槽上面からの目視でハッキリと判るとの経験に基づいている。「教師データ」となる「環境データ」として、水温・照度・水質等も測定する。

5) 研究成果発表

原著論文（和文1報）、著書（1冊）

(1) アカアマダイ人工種苗に発現する形態異常、豊村晃丞・水田篤・松浦光宏・中西健二・有瀧真人、水産増殖 65 (2) 117-124、2017年6月.

(1) 魚の形は飼育環境で変わる 形態異常はなぜ起こるのか（有瀧真人・田川正朋・征矢野清編著）、恒星社厚生閣 東京、PP114、2017年6月.

学会発表（ポスター発表1件、口頭発表7件）

(1) 「しまなみテッポウギスプロジェクト」これまでとこれから

有瀧真人・藤川稔晃

平成29年度日本水産増殖学会（2017年11月南予）

シロギスは我が国沿岸に広く分布するなじみの深い魚である。一方、25cmより大きなサイズのいわゆる「テッポウギス」は、3000円/kgを超える高級魚として扱われているが、流通量はごく少ない。福山大学では、シロギスをモデルとして人工種苗に発現する形態異常の機序解明と防除手法の開発に着手した。その過程で本種は養殖対象種として優れた特性を有していることを把握し、地域に密着した養殖技術の開発を検討している。これまでに、シロギスの産卵期は概ね6月初旬～10月初旬と長く、量産体制を整えやすいことや40日間の飼育で3cmの種苗を生産できることが明らかとなった。また、種苗を用いた養殖試験では、天然の魚に比べ著しく早い成長を示した。一方、通常産卵期の採卵では予定している1年半の養殖期間で「テッポウギス」サイズに届かないことや飼育状況が産卵期の中盤以降急激に悪化すること、形態異常が頻発することなど多くの課題が生じた。

(2) 受精状況がキンギョの鰾形成と形態異常発現に及ぼす影響

中 優希・山本 敏・橋野俊太郎・有瀧真人

平成29年度日本水産学会中国・四国支部例会（2017年12月岡山）

【目的】形態異常の発現要因を検討するため、飼育環境や栄養学的な側面から様々な知見が集積されてきた。一方、近年親魚の状態や卵質など仔稚魚飼育以前の段階にも、形態異常の発現に影響する原因がある可能性が示唆されている。しかし、検討例は少なく、詳細は明らかにされていない。そこで今回、卵質の指標として受精率に着目し、その高低と鰾の形成および形態異常発現との関係を検討したので報告する。

【材料】受精率10%、10.6%、42.6%、80.8%、95.5%、95.6%の卵からふ化したワキンの仔魚を用いて飼育を行った。これら6試験区では、それぞれ鰾の開腔状況の観察を行い、全長2.5～3.0cmに到達した段階で全て取り上げ、ホルマリンで固定した。得られたサンプルは、全長、体長、頭長、鰾長、肛門前長の計

測および相対比の算出を行うとともに、脊椎骨を観察した。

【結果】試験区ごとに鰾の開腔状況を観察した結果、受精率の高い水槽ではふ化後速やかに開腔しているのに対し、受精率の低いものは遅くなる傾向が顕著であった。また、受精率 50%以上と 50%以下の二つのグループに区分・検討したところ、受精率の低いグループでは鰾が小さく、体幹部も短軀化している傾向が示された。一方、受精率と脊椎骨異常の発現率には強い相関が認められ、受精率の低下が形態異常を誘発している要因の一つであると考えられた。さらに、脊椎骨異常の発現箇所は受精率の低い試験区で増加しており、受精率＝卵質が形態異常の症状にも関与している可能性が強く示唆された。

(3) 鰾の開腔操作によるキンギョの体型変化 (Ⅱ)

山本敏・中優希・橋野俊太郎・有瀧真人

平成 29 年度日本水産学会中国・四国支部例会 (2017 年 12 月岡山)

【目的】前報では予備的な試みとしてフナ型のキンギョを用いて鰾の開腔操作を実施し、体型が変化することを確認した (豊村他 2017)。本研究では、複数品種のキンギョを用いて前回よりも長期間開腔操作を行い、開腔時期と体型、鰾の形状、脊椎骨の異常等について検討した。

【材料】試験にはワキン、リュウキン、ランチュウの 3 品種を用いた。それぞれ、対照区と実験区を設け、実験区では上部にネットを張ったポリ瓶 (500mL または 1000mL) にふ化直後の仔魚 (35 尾または 50 尾) を収容し、水槽底 (57L) へ設置することで鰾の開腔を阻害した。開腔の阻害期間は、ワキン、リュウキンが 5～30 日、ランチュウが 5～25 日で各 5 日間隔とし、期間終了後、順次通常飼育に戻して開腔状況を観察した。試験は供試魚が概ね 20mm に達した時点をめどに終え、各試験区の体型、鰾の大きさ、脊椎異常状況の観察を行った。

【結果】開腔操作を行った結果、それぞれの試験区で鰾の形成が阻害された。試験区の開腔完了時期は対照区に比べワキンで 6～22 日、リュウキン、ランチュウで 8～28 日遅くなった。また、開腔時期が遅れるのに従い、どの品種も鰾の大きさが小さくなった。体型は、ワキンおよびリュウキンで開腔阻害による短軀化が顕著に発現したが、ランチュウでは認められなかった。一方、脊椎骨の異常は 3 品種とも阻害期間の長期化に伴い重度になり、その傾向はワキン＞リュウキン＞ランチュウの順に強かった。以上のようにキンギョの開腔操作をすることによって鰾の形成状況が調整可能であり、その結果、体型や脊椎骨の異常発現に大きく影響することが明となった。

(4) ブラジル産アルテミアノープリウスの給餌がコウライアカシタビラメの形態形成に与える影響

高橋智宏・細越嗟千・大古一太・草加耕司・有瀧真人

平成 29 年度日本水産学会中国・四国支部例会 (2017 年 12 月岡山)

【目的】ヒラメやカレイなどの異体類では、ブラジル産のアルテミアノープリウス（BA）の給餌により、ほぼ全ての魚が白化魚になることや、その影響は変態の直前にまで及ぶことが確認されている。我々の行った予備的な試験では、コウライアカシタビラメでも BA 給餌により白化魚の出現が確認された。しかし、本種は他の異体類と異なり白化魚の出現率が著しく低いことに加え、影響の及ぶ期間は仔魚期の初期であることが示唆された。そこで今回は、給餌期間を幅広く設定することで、BA の給餌が本種の形態形成にどのような影響を与えるかを詳細に検討した。

【方法】5、12、22 日齢のコウライアカシタビラメ仔魚を用いて BA を与える BA 区と北米産アルテミアを与える対照区を設けた。これら 4 試験区では試験開始時に発育ステージと全長を、終了時に形態のタイプと全長、眼位をそれぞれ観察・測定した。

【結果】対照区では白化魚は出現しなかったのに対し、5 日齢（白化魚出現率 39%）、12 日齢（28%）、22 日齢（10%）と BA を早く給餌すると白化魚は多く出現した。また、5、12 日齢区では部分的な白化のみならず体全体が白化する個体も出現した。このことから、BA は早期に給餌するほど強い影響が及ぶことが示唆された。一方、試験開始時のサンプルの解析結果から、BA は全長 4~5mm、発育ステージ 3 以上では影響しないと推察され、本種の形態決定時期は極めて早いと考えられた。今回の観察で白化魚の眼位は本来不動の有眼側も無眼側方向へと移動していた。すなわち BA の影響は体色のみならず眼位にも及ぶことが確認できた。

(5) コウライアカシタビラメの着底状況と変態後の形態

大古一太・高橋智宏・細越嗟千・草加耕司・有瀧真人

平成 29 年度日本水産学会中国・四国支部例会（2017 年 12 月岡山）

【目的】異体類では人工種苗を生産する過程において眼位や体色の異常、すなわち変態異常が発現し、大きな問題となっている。ヒラメやカレイ科魚類では仔魚期の発育速度が変態異常の発現に大きく影響することが明らかとなっているが、ウシノシタ類では検討されていない。そこで我々は着底時期と変態異常の発現状況に着目し、コウライアカシタビラメをモデルに飼育および観察を行った。

【材料】平均水温 20℃でコウライアカシタビラメの仔魚を 3 回飼育し、着底開始から終了までに 2~4 回に分けて稚魚を採取した。得られた稚魚は形態のタイプ（正常魚、眼位異常魚、体色異常魚）を区分するとともに、採集日に至るまでの積算水温との関係を検討した。

【結果】3 回の試験では、全て採集日が遅くなればなるほど正常率が低くなる傾向が顕著であった。変態異常はいずれの飼育例でも眼位、体色の異常ともに出

現したが、相対的に後者のタイプが多かった。一方、変態異常は採集日までの積算水温が高くなるにつれて増加していき、特に 900℃を超えるとその傾向が顕著であった。加えて眼位異常は 1400℃、体色異常は 900℃より高い水温で増加した後に 1000℃以上では減少した。このことから発育の遅速によって変態異常の出現状況に差異がある可能性が示唆された。今後は、本種仔魚期の水温操作等により発育速度をコントロールし、変態後の形態決定との関わりについて検討する必要がある。

(6) コウライアカシタビラメの産卵状況と卵質評価

細越嵯千・高橋智宏・大古一太・草加耕司・有瀧真人

平成 29 年度日本水産学会中国・四国支部例会（2017 年 12 月岡山）

【目的】コウライアカシタビラメは瀬戸内海において沿岸漁業の重要な対象種であり、近年では種苗放流による資源管理も試みられている。種苗生産では安定的かつ良質な卵の確保が極めて重要である。そのため本研究では、本種の産卵状況を把握すると共に、卵質の評価項目を比較・検討した。

【材料】試験には 2017 年 3 月に岡山県牛窓周辺海域で漁獲された親魚 23 尾（♂：7 尾、♀：16 尾）を用い、福山大学因島キャンパスの 2 トン FRP 水槽で飼育し、自然産卵で卵を得た。採卵した卵は総産卵数、浮上卵率、孵化率、卵径、SAI を観察・測定した。

【結果】産卵は、4 月 24 日から 6 月 2 日までの 40 日間にわたり、計 36 回認められた。産卵開始及び終了の水温は、14.5℃と 19.4℃であった。産卵数は産卵初期と末期に少なかったものの、5 月 6 日～8 日と 5 月 20 日前後の 2 回ピークを形成した。浮上卵率と孵化率は産卵数と同様 2 峰性を示したのに対し、平均卵径と SAI は水温上昇や産卵期の進行とともに減少した。特に平均卵径で水温との関係が顕著であり、本種の卵サイズは水温の影響を強く受けることが示唆された。また、浮上卵率と孵化率、SAI 間の関係を検討した結果、浮上卵率と仔魚の孵化率には強い相関性があつたが、SAI との間には認められなかった。従って、浮上卵率と孵化率は孵化後の仔魚の活力に影響しない可能性が示された。一方、SAI 観察時における減耗の多くが開口前に生じており、今回観察した仔魚の初期減耗は、開口後の飼育条件よりも、親の状態や卵の質に大きく左右されることが推察された。

7) シロギスの人工種苗生産における課題：形態異常と共喰いについて

藤川稔晃・隈村僚太・末石芳幸・有瀧真人

平成 29 年度日本水産学会中国・四国支部例会（2017 年 12 月岡山）

【目的】シロギスは、我が国沿岸に広く分布するなじみの深い魚である。福山大学では、シロギスをモデルとして人工種苗に発現する形態異常の発現機序解明と防除手法の開発を実施している。その過程で本種は成長が速く養殖対象種

として優れた特性を有していることを把握し、地域に密着した養殖技術の開発に着手した。一方、本種の種苗生産過程では多くの課題が発生している。今回は特に問題となっている形態異常と共喰いについて紹介する。

【方法】形態異常の観察には、40日齢の人工種苗と広島県因島大浜周辺海域で採集された同サイズの稚魚それぞれ25個体を用いた。サンプルは体長、頭長を測定し、正常魚ならびに形態異常（短軀、鼻腔膈皮欠損、口部異常）の各タイプを区分した。共喰いの観察では、20、25、35、40日齢の人工種苗を用い、全長を測定後、胃の内容物から共喰いの有無を確認した。

【結果】人工種苗（体長/頭長：3.2）は天然魚（3.4）に比べ明らかに体幹部が短くなっていた。形態異常は短軀＞鼻腔膈皮欠損＞口部異常の順に出現率が高かった。共喰いは20、25日齢の個体では認められなかったものの、35、40日齢では全長17mmから確認できた。以上のことから本種の人工種苗では短軀、すなわち脊椎骨の異常が顕著に出現することが明らかである。人工種苗の脊椎骨異常は鰾の形成状況が密接に関わっているとされている。今後は、シロギスにおける鰾の形成過程と形態異常の関係を明らかにしていく必要がある。今回、共喰いは、35日齢以降、17mm以上で生じていたが、どのサイズが補色されているかは不明であり、食べられる側のデータを把握することが急務である。

(8) シロギスの産卵状況に影響する環境要因
藤川稔晃・岩佐海斗・今井俊介・木下大己・有瀧真人

平成30年度日本水産学会春季大会（2018年3月東京）

【目的】シロギスの産卵状況がどのような機序で変化しているかは不明な部分が多い。そこで今回、由来（天然魚、人工魚、年齢、サイズ）の異なる親魚群の産卵状況を把握するとともに、水温と日長がこれらにどのような影響を与えているか検討した。

【方法】本研究には天然親魚群、人工種苗を養成した1歳魚大型群、人工1歳魚小型群、人工2歳魚通常採卵群、人工2歳魚早期採卵群の5親魚群を用いた。早期採卵群は、3月から飼育水温を自然水温に対し5℃を目安に昇温し、他の4親魚群は無加温で養成した。それぞれ、産卵開始後、水温、産卵数、卵径、油球径を毎日測定、観察した。日長時間は日の出・日の入りマップ（hinode.pics/state/code/34）から入手した。

【結果】シロギスの産卵は概ね18～22℃の間で開始し、魚体サイズの大きなものほど早く始まった。環境を操作した早期採卵群では通常群に比べ、産卵開始は20日以上早く、本種の産卵は水温によって大きく影響されることが明らかとなった。一方、産卵の終了はどの親魚群も概ね同様で、日長が12時間を下回る秋分の日を過ぎた時期に集中した。このときの水温は産卵開始の水温を上回る23～24℃であることから、シロギスは短日化によって産卵が終わると推定され

る。各親魚群の卵径と油球径は天然親魚群及び人工 2 歳魚 2 群は平均 0.65mm、0.16mm、人工 1 歳魚 2 群は平均 0.63mm、0.16mm と魚体の小さな群で小型化する傾向が認められた。また全ての群で水温と卵径には強い負の相関性があり、水温が低いと大きな卵を、高いと小さな卵を産むことが確認できた。

特許、新聞発表など

読売新聞

平成 29 年 8 月 30 日（水） 「テッポウギス 養殖技術開発中」

平成 29 年 12 月 8 日（金） 「養殖シロギスとろっとうまい！！歯ごたえもあるゾ」

中国新聞

平成 29 年 11 月 21 日（火） 「テッポウギス養殖挑戦」

平成 29 年 12 月 8 日（金） 「養殖シロギス 40 人試食」

NHK 総合

平成 29 年 11 月 10 日（木） お好みワイド 「しまなみテッポウギスプロジェクト：福山大学」

広島ホーム TV

平成 29 年 12 月 14 日（木） J ステーション 「福山大のシロギス養殖プロジェクト」

Wink 福山・備後

平成 29 年 7 月号（6 月 25 日） しまなみテッポウギスプロジェクト VOL.1

8 月号（7 月 25 日） しまなみテッポウギスプロジェクト VOL.2

9 月号（8 月 25 日） しまなみテッポウギスプロジェクト VOL.3

10 月号（9 月 25 日） しまなみテッポウギスプロジェクト VOL.4

11 月号（10 月 25 日） しまなみテッポウギスプロジェクト VOL.5

「しまなみテッポウギスプロジェクト」成果発表会&試食会

平成 29 年 12 月 7 日（木）

2. 課題名：②-2 有用物質の探索

1) 目的

藻場・干潟生態系で大量に生産される種を対象に、その生物とそれを栄養源として利用する微生物が産生する物質を探索する。従来の培養ベースの分析に加えて、次世代シーケンサーを利用した“培養を必要としない分析”を行い、新規有用物質を発見する。具体的には、主にアオサとその周辺微生物が産生する物質を調査し（①）、抗酸化性物質や糖質等の機能性成分の有効利用法を探る。また、植物プランクトンを効率的に食べるバクテリアを探索し（①）、赤潮やノ

りの色落ちを防除する効率的な殺藻細菌とその有用物質を見つける。有用物質の構造解析や成分の網羅的分析・同定には、質量分析計(研究設備 3)を使う。

2) 29 年度の実施目標及び実施計画

藻場・干潟生態系に大量に存在するアオサ等の生物に含まれる成分の有効利用性について検討する。赤潮原因藻やノリ付着微細藻を殺滅する殺藻細菌を分離して、その有効性を調査する。

3) 成果

3) -1 アオサ等からの有用物質の探索

アオサはアオサ科アオサ属の海藻であり、海の富栄養化などが原因で大量繁殖することで緑潮（グリーントイド）を発生させ、自然環境、漁業、観光へ影響を及ぼす。アオサはアオノリの代用品、家畜の飼料や農作物の肥料、バイオマス等へ利用できるが、その多くは未利用の状況である。アオサ成分の有効利用としてポリフェノールなどの抗酸化性や緑色の食品用色素としての利用性、蛋白質の分解物ペプチドの機能性、多糖類の分解による生成糖類の利用性について検討する。また他の瀬戸内の海産物についても検討する。

0.5%アオサ平板培地を用い土壌からのアオサ分解菌の分離を行い、113 株を分離した。各菌株を 0.5%アオサの液体培地で培養し、アオサ分解活性を測定したところ、比較的高活性の 6 株が得られた（図 1）。これら菌株を 0.2%酵母エキス添加の液体培地にて培養したところ、K14、K55、K84 株にて酵素活性が無添加と比べ増加あるいは同程度となった。他の菌株では低下し、コンタミが危惧された（図 2）。最も高活性の K14 株はカビ類であったので、カビの酵素生産に都合の良い固体培養を行った。その結果、固体培養後の抽出液の酵素活性は 0.81 U/ml と高活性となり、小麦フスマ 1g 当たりの酵素生産量は 8.1 U/g となった。80%飽和になるように硫酸アンモニウムを酵素抽出液に加え溶かし、酵素蛋白質を塩析させ粗酵素を調製し、アオサに作用させたところ、アオサ 1g 当たり 206mg の還元糖が得られた。生成糖は主に単糖類であった。今後はアオサを分解する K14 株の酵素系について検討する予定である。

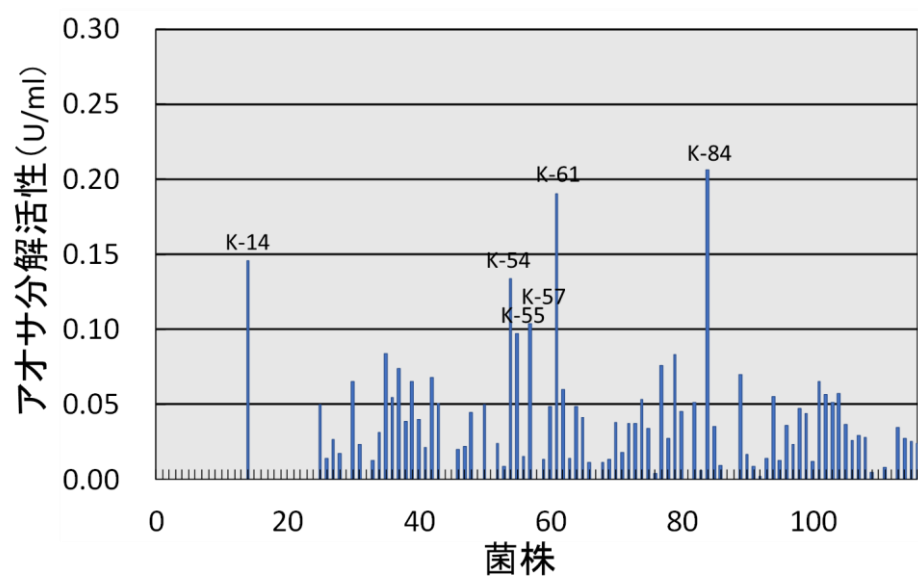


図1 分離菌株の液体培養液の酵素活性

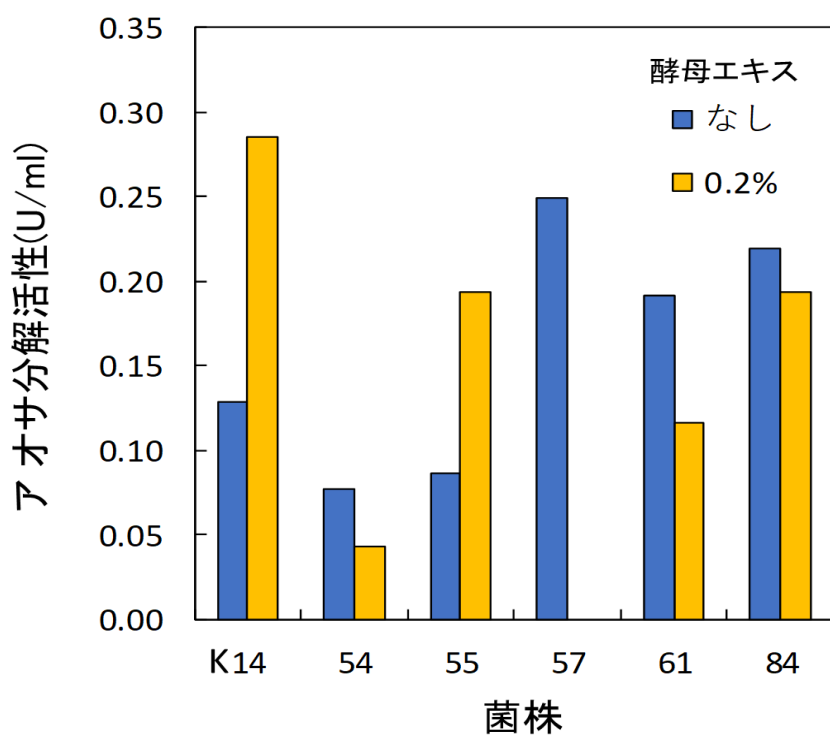


図2 分離菌6株の酵母エキス添加培地での液体培養による酵素生産

3) -2 糖転移酵素によるキチンからのオリゴ糖の合成

カニやエビ殻等の成分であるキチンは N-アセチルグルコサミンが β -1,4 結合した多糖である。キチン分解酵素系の中で N-アセチルグルコサミンを遊離させる N-アセチルヘキソサミニダーゼには糖転移作用を有するものもあり、新規オリゴ糖の合成が期待できる。本研究では土壌よりキチン分解菌の分離を行い、糖転移性を有する N-アセチルヘキソサミニダーゼを探索し、新規のオリゴ糖の合成について検討する。

土壌よりキチン分解菌の分離を行ったところ、高活性の N-アセチルヘキソサミニダーゼを有する *Bacillus* sp. CH11 株が得られた。CH11 株 N-アセチルヘキソサミニダーゼの最適 pH は 7 付近で、最適温度は 40°C であった。当該酵素を基質のジアセチルキトビオースに上記最適条件にて 24 時間作用させたところ、分解物の N-アセチルグルコサミンと共に、基質に糖転移した 3 糖のトリアセチルキトトリオースト (図 3) を生成した。糖転移反応での受容体特異性では、メタノールやエタノール等のモノアルコールへの糖転移が認められたが単糖および 2 糖類への転移はなかった。また、3 価アルコールのグリセリンや糖アルコールのキシリトールへの糖転移性が高いことがわかった。ポリフェノール等の水酸基を有する有機酸類への糖転移性は認められなかった。

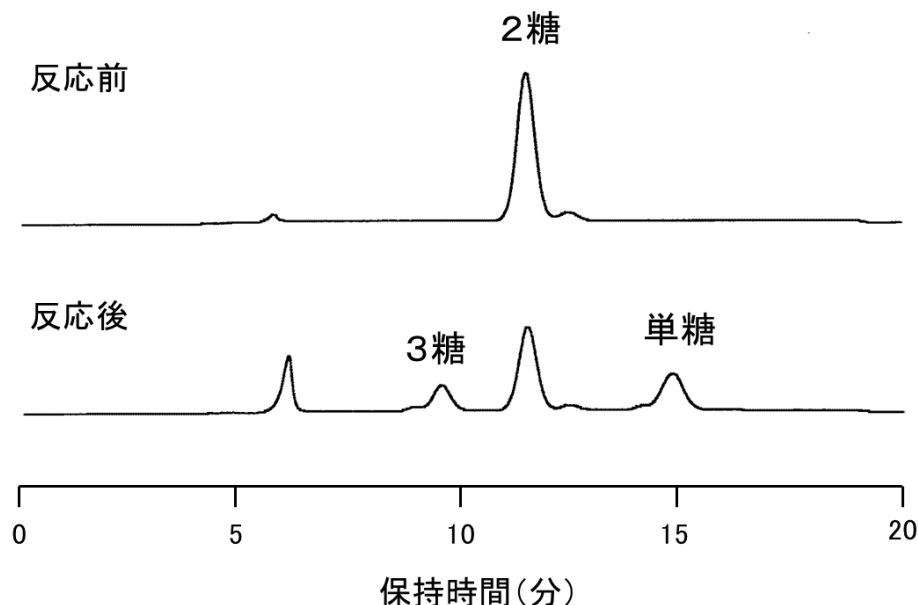


図 3 CH11 株酵素の糖転移反応

3)-3 酵素法による海藻類多糖類からの有用糖質の生産

海藻由来の多糖類は陸上植物と異なりウロン酸等を含みヘテロなものが多い。アルギン酸、カラギーナン、フコイジン等の高活性分解酵素を探索し、多糖類からのオリゴ糖等の糖類の生産能および生成糖類について検討する。

1%アルギン酸平板培地にてアルギン酸分解菌の土壌からの分離を行った結果、高活性のアルギン酸リアーゼを生産する *Paenibacillus* sp. S29 株が得られた。培養ろ液に 80%飽和となるように硫酸を溶かし入れ、塩析物を分離して粗酵素を調製し、酵素精製に供した。酵素の性質について調べたところ、分子量は 32 kDA で、最適 pH は 8.7 付近、安定 pH は 5.6~8.8 であった。また最適温度は 50℃ 付近で、40℃以下で安定であった。S29 株酵素はアルギン酸の構造体でグルロン酸が多い poly G およびマンヌロン酸が多い poly M に作用し、特に poly M に対する分解性が高かった。アルギン酸に作用させたところ、261mg の還元糖が生成した。図 4 に示すようにその主生成糖は単糖 (DP 1) であるが 2 - 6 糖 (DP2 - 6) のオリゴ糖も検出された。

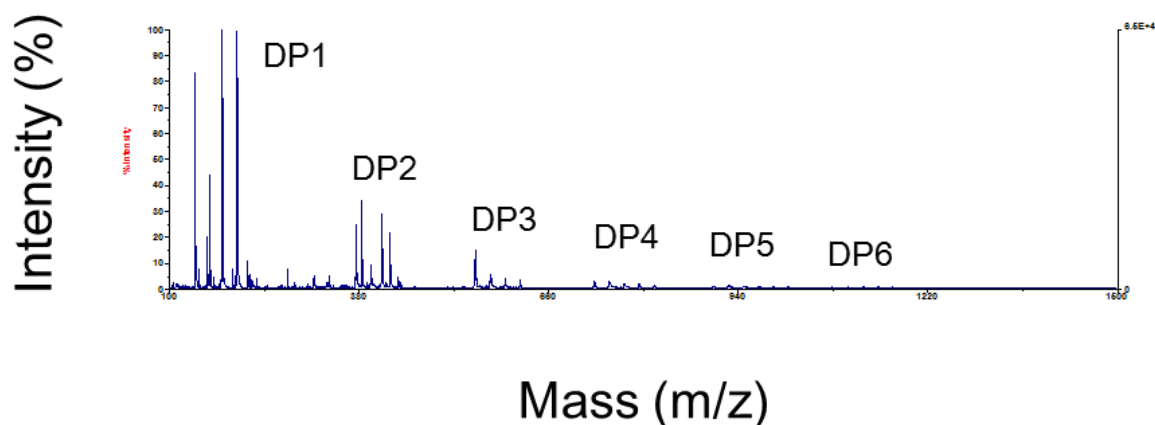


図 4 S29 株酵素によるアルギン酸分解物の MS 分析

3) -4 里海で発生する赤潮原因藻を殺滅する細菌の分離と殺藻機構の解明

赤潮の発生は里海の生物生息環境悪化に繋がるが、赤潮原因藻を殺滅する細菌（殺藻細菌）が環境中に存在することが知られており、殺藻細菌は赤潮の消長に関わる生物的要因として注目される。本研究では、藻場、干潟等の沿岸域から殺藻細菌を分離し、これらの場が水質浄化だけではなく生物的にも赤潮の発生抑制に寄与していることを明らかにすることを目的とする。さらに、分離

した殺藻細菌の殺藻機構を解析し、殺藻細菌を活用した赤潮の防除方の検討を行う。これらにより、藻場・干潟生態系における微生物の重要性和、里海の維持への微生物利用に関する新たな知見が得られることが期待される。

今年度は殺藻細菌を赤潮防除に活用する方法の検討を行った。殺藻細菌は赤潮消滅時に細胞密度が増えることが報告されており、現場での赤潮の消長に関与していると考えられることから、殺藻細菌を生物農薬的に使用することによって「環境にやさしい」赤潮対策を実現することが期待される。そのためには、殺藻細菌を開放系である海洋において高密度に維持する手法の開発が不可欠である。そこで、本研究では高分子ゲルに細菌を固定化する包括固定化法に着目し、殺藻細菌を包括固定化する担体の材料として食品分野で利用されているゲル化剤であるアルギン酸の利用について検討した。

供試藻には、カキやアサリなどの二枚貝を斃死させることで貝養殖に甚大な被害をもたらしてきた渦鞭毛藻 *Heterocapsa circularisquama* OA-1 株を用いた。供試菌には、カキ養殖海域から分離した *H. circularisquama* を殺藻する細菌 EHK-1 株を用いた。滅菌したアルギン酸ナトリウム水溶液 50 ml と EHK-1 株培養液 50 ml を混合し、終濃度 2.5% の担体を作製した。得られた担体 1 粒には EHK-1 株が 1.5×10^7 cells 存在した。細胞密度 1.0×10^3 cells/ml に調整した OA-1 株培養液 50 ml に、作製した担体を 1 粒、5 粒、10 粒、15 粒、20 粒添加した試験区および無添加の対照区を 2 連で設け、培養器内で 1 週間静置培養し、OA-1 株の細胞密度を毎日計測して殺藻効果を検討した。その結果、担体 10 粒以上では殺藻効果が見られ、担体を 5 粒添加した試験区ではアルギン酸濃度 2.5% で 6 日目には OA-1 株の細胞密度は 25 cells/ml まで減少した。担体 1 粒の試験区では OA-1 株の増殖が見られたことから、培養液中の EHK-1 株密度が 1.5×10^6 cells/ml 以上になるよう接種する必要があると考えられた。

次に、水槽における殺藻効果の検証実験を行った。アルギン酸ナトリウム溶液を終濃度 2.5% となるよう EHK-1 株培養液と混合した担体を作製し、対照として細菌用培地を混合した担体を作製した。25℃ の培養器内に 30 cm 水槽を 2 つ設置し、改変 SWM-Ⅲ培地を 10 l 入れ、OA-1 株を 1.0×10^3 cells/ml になるように接種した。一方には EHK-1 株固定化担体 100 ml を添加した濾過器を設置し、他方には対照の担体を添加した濾過機を設置し、モーターを作動して担体を流動させた。各水槽の OA-1 株の細胞密度を毎日計測するとともに、担体の崩壊の有無を確認した。その結果、EHK-1 担体添加区では 1 日目から OA-1 株は減少し、2 日目には 2.5×10^2 cells/ml、3 日目には 50 cells/ml となった。一方、対照区では OA-1 は増殖したが、その後担体が崩壊して水槽内に雑菌が繁殖し、OA-1 株も減少した。

これらの結果から、アルギン酸ナトリウム濃度 2.5% で殺藻細菌を包括固定化す

ることで、流動条件下でも赤潮原因藻の殺藻に利用できる可能性が示され、発生した赤潮を短期間に除去する用途には応用可能であると考えられた。しかし、アルギン酸ナトリウム担体は耐久性が低いと考えられ、長期の使用を考える際には担体に用いる材料を再検討する必要があると考えられる。

4) 今後の計画

4) -1 アオサ等からの有用物質の探索

高活性のアオサ分解酵素の探索を続け、分解生成糖の分析を行う。
またアオサの抗酸化性、タンパク質分解ペプチド等の機能性について調べる。アオサ以外の海藻類等の機能性についても検討する。

4) -2 糖転移酵素によるキチンからのオリゴ糖の合成

キチン関連の糖転移酵素の探索を続け、高活性や糖転移反応での受容体特異性を有する酵素を開発する。また糖転移反応を利用したオリゴ糖や配糖体の合成について検討する。

4) -3 酵素法による海藻類多糖類からの有用糖質の生産

カラギーナン等多糖類の分解酵素の探索を続け、その糖生産性等について評価する。

4) -4 里海で発生する赤潮原因藻を殺滅する細菌の分離と殺藻機構の解明

殺藻細菌による赤潮原因藻の殺藻メカニズムの解析を行う。珪藻殺藻細菌 *Pseudoalteromonas* sp. A25 株の産生する高分子殺藻物質について、ペリプラズム空間抽出物質の高分子画分の精製を行い、殺藻活性とプロテアーゼ活性の関連について詳細な検討を行う。*Pseudoalteromonas* sp. A25 株の継代培養中に殺藻活性を失うクローンが得られたため、野生株と変異株の相違についても検討する。

一方で、包括固定化法など現場への応用技術に関する検討を進め、殺藻細菌を活用した赤潮防除法の開発の基礎を確立する。

また、流れ藻に関して、細菌などさらに微小な生物の生息・移流・拡散に重要な場であるかについての検討に加えて、赤潮防除に利用可能な新奇な殺藻細菌の分離を行うため、流れ藻における殺藻細菌の分布に関する調査を実施する。

5) 研究成果発表

原著論文 (1 件)

(1) Enzymatic properties of alginate lyase from *Paenibacillus* sp. S29.

Masahiro Kurakake, Yuhei Kitagawa, Atsushi Okazaki, Kazuyuki Shimizu
Applied Biochemistry and Biotechnology, **183**, 1455-1464 (2017)

学会発表

口頭発表 (3 件)

(1) *Bacillus* sp.CH11 株 N-アセチルヘキソサミニダーゼの酵素的性質

倉掛 昌裕、天井 裕可里、小西 瑞希、池平 佳歩

日本農芸化学会 2017 年度大会（京都）、講演要旨集 p.1600（2017-3-19）

【目的】カニやエビ殻等の成分であるキチンは N-アセチルグルコサミンが β -1,4 結合した多糖であり医療や食品等に利用されている。キチン分解酵素系の中で N-アセチルグルコサミンを遊離させる N-アセチルヘキソサミニダーゼには糖転移作用を有するものもあり、新規オリゴ糖の合成が期待できる。本研究では土壌よりキチン分解菌の分離を行い、糖転移性を有する N-アセチルヘキソサミニダーゼを生産する *Bacillus* sp. CH11 株を得た。本研究では CH11 株 N-アセチルヘキソサミニダーゼの糖転移性等の酵素的性質について調べた。

【方法】0.5%キチン（カニ由来）、0.2%酵母エキスを、1.5%寒天の平板培地を用い土壌よりキチン分解菌の分離を行った。分離菌の CH11 株を 0.5%キチン、0.2%酵母エキスの液体培地 100ml（500ml 容三角フラスコ）にて、130rpm、30℃で 3 日間培養し酵素の生産を行った。培養ろ液に硫酸アンモニウムを 80%飽和になるように添加・溶解し、酵素タンパク質を塩析させた。ろ過により分離した塩析物を pH7 の 50mM クエン酸-リン酸緩衝液で溶解し粗酵素溶液を調製した。ゲルろ過のセファデックス G-25 カラム（ファルマシア株）および陰イオン交換クロマトグラフィーのスーパーQ トヨパールカラム（東ソー株）により酵素精製を行った。酵素活性は 1mM *p*-ニトロフェニル- β -D-N-アセチルグルコサミニドに pH 7、40℃にて 10 分間反応させ、遊離する *p*-ニトロフェノール量を比色法で測定することで求めた。1 分間に 1 μ mol の *p*-ニトロフェノールを生成させる酵素量を 1U と定義した。糖転移反応では基質に 2%の N,N'-ジアセチルキトビオース（東京化成株）を用い、pH7、40℃で 24 時間作用させた。また 8%の受容体を加えて反応させ、各受容体への糖転移性について検討した。生成糖の分析には GL-C610 カラム（日立化成株）を有する HPLC（流速 1.0ml/min、キャリアー 蒸留水、カラム温度 60℃）を用いた。

【結果および考察】CH11 株 N-アセチルヘキソサミニダーゼの最適 pH は 7 付近で、最適温度は 40℃であった。当該酵素をジアセチルキトビオースに上記最適条件にて 24 時間作用させたところ、分解物の N-アセチルグルコサミンと共に、糖転移した 3 糖のトリアセチルキトリオーストを生成した。糖転移反応での受容体特異性では、メタノールやエタノール等のモノアルコールへの糖転移が認められたが単糖および 2 糖類への転移はなかった。また、3 価アルコールのグリセリンや糖アルコールのキシリトールへの糖転移性が高いことがわかった。ポリフェノール等の水酸基を有する有機酸類への糖転移性についても検討を行った。

(2) カビ由来アオサ分解酵素の性質について

倉掛 昌裕, 堀井 朝日, 三浦 明久

日本食品科学工学会 第 64 回大会 (神奈川)、講演要旨集、p.106 (2017-8-29)

【目的】アオサはアオサ科アオサ属の海藻で、一般的に潮の満ち引きのある浅い海の岩などに付着して生息している。海の富栄養化などが原因で大量繁殖することで緑潮（グリーントイド）を発生させ、自然環境、漁業、観光への問題となっている。アオサの代用品、家畜の飼料や農作物の肥料、メタン発酵などバイオマス等へ利用できるが、多くは未利用である。アオサを酵素分解して糖類に変換することで新たな有効利用が期待できる。本研究では、アオサ分解菌のカビ類 K14 株を土壌より分離した。ここでは K14 株の酵素生産のための培養方法、酵素の性質等について調べた。

【方法】尾道市因島大浜町小浜で採取したアオサを水道水で洗浄し、70℃で 1 日乾燥させた後、乳鉢で粉末状にして実験に用いた。K14 株を 0.5% アオサ粉末、1.5% 寒天の平板培地を用い培養し、植菌に用いた。フスマ麴式固体培養では小麦フスマ 1g、蒸留水 1.5g の培地にて 30℃、5 日間培養した。蒸留水 10ml を加え混ぜ、静置後遠心分離 (3000rpm、10 分間) し、上清の酵素活性を測定した。酵素活性は 0.9% アオサ粉末に pH5、40℃にて 30 分間反応させ、生成還元糖量を DNS 法 (3,5-ジニトロサリチル酸法) で測定することで求めた。1 分間に 1 μ mol の還元糖を生成させる酵素量を 1 ユニットと定義した。アオサの酵素反応での生成糖の分析には GL-C610 カラム (日立化成株) を有する HPLC を用いた。

【結果および考察】K14 株の固体培養後の抽出液の酵素活性は 0.81U/ml となり、小麦フスマ 1g 当たりの酵素生産量は 8.1U/g となった。80% 飽和になるように硫酸アンモニウムを酵素抽出液に加え溶かし、酵素蛋白質を塩析させ粗酵素を調製し、アオサに作用させたところ、アオサ 1g 当たり 206mg の還元糖が得られた。生成糖は主に単糖類であった。アオサを分解する K14 株の酵素系について調べた。

(3) 殺藻細菌の包括固定化に用いる多糖類ゲルの検討

北口博隆・永吉昂輝・益七瀬・藤井啓子・満谷淳

平成 30 年度日本水産学会春季大会 (東京) 講演要旨集 (2018-3)

【目的】殺藻細菌を活用した「環境にやさしい」生物的赤潮防除法の確立のためには、作用させたい海域に高密度で細菌を維持する技術開発が不可欠である。本研究では、細菌を高分子ゲルに固定化する包括固定化法に着目し、殺藻細菌を包括固定化する担体の材料として食品分野で利用されている増粘多糖類の利用について検討した。

【方法】実験には、珪藻 *Skeletonema marinoi-dohrnii* complex NIES-324 株と、珪藻殺藻細菌 *Pseudoalteromonas* sp. A25 株を用いた。増粘多糖類である

κ-カラギーナン、ローカストビーンガム、グルコマンナン及びこれらを混合したゲルに A25 株を包括固定化した担体を作製し、NIES-324 株を 1×10^5 cells/ml になるように接種した培養液 50 ml に接種した。NIES-324 株の細胞密度を毎日顕微鏡観察して計数することにより殺藻効果を判定した。また、作製した担体を水中モーターフィルターのろ過槽に充填し、形状の変化を観察して耐久性を検討した。

【結果】 κ-カラギーナンとローカストビーンガムを混合した担体およびグルコマンナンを用いた担体を接種した試験区で、NIES-324 株細胞密度は 2 日以内に減少し、殺藻細菌による死滅時に典型的に見られる珪藻細胞の収縮及び消失が観察された。グルコマンナンを用いた場合、作製時に使用する塩の影響で A25 株未固定の担体接種区でも NIES-324 株は減少したが、担体作製後海水に 1 晩さらすことで塩の影響を除くことができた。κ-カラギーナン系の担体は、水中モーターフィルター中で 2 日以内に担体が崩壊したが、グルコマンナン担体は膨潤するが 7 日は形状が維持された。現在、各種増粘多糖類を混合することで強度と殺藻性を併せ持つ包括固定化担体の作製を検討中である。

3. 課題名：②-3 教育

1) 目的

藻場や干潟の生態系解明や産業支援に関する研究に焦点を当て、水族館を活用した展示活動だけでなく出前水族館や ICT を用いた遠隔授業などの情報発信活動を行い、プロジェクトの成果やホットな話題について社会一般に周知することで（科学コミュニケーション）、瀬戸内海の豊かな環境資源を次世代に引き継ぐ活動へと発展させる。また、内海生物資源研究所周辺の藻場や干潟を利用した実体験型環境学習を、小中学校や高校、一般対象に行うこと、そして、福山駅前 福山大学宮路茂記念館でセミナーを行うことで、地域資源の重要性和魅力を発信する。最終的には、瀬戸内海 しまなみ沿岸生態系研究の教材化により、本学の特色ある教育の一つとすることで、地域資源を活用した本学学生の成長につなげる。

2) 29 年度の実施目標及び実施計画

藻場・干潟を用いた教育のための資料収集、水族館整備等の準備を行う。

3) 成果

藻場や干潟の生態系解明や産業支援に焦点を当て、大学附属内海生物資源研究所水族館を活用した展示活動だけでなく出前水族館や ICT を用いた遠隔授業などの情報発信活動を行い、プロジェクトの成果やホットな話題について社会

一般に周知することで（科学コミュニケーション）、瀬戸内海の豊かな環境資源を次世代に引き継ぐ活動へと発展させる。また、内海生物資源研究所周辺の藻場や干潟を利用した実体験型環境学習を、小中学校や高校、一般対象に行うこと、最終的には瀬戸内海しまなみ沿岸生態系研究の教材化により、本学の特色ある教育の一つとすることで、地域資源を活用した本学学生の成長につなげるために実施した。

平成 29 年 11 月 11、12 日に福山市のリム・ふくやま 7 階のものづくり交流館で開催された、じばさんフェア 2017 の本研究プロジェクトブースにおいて、内海生物資源研究所と会場をインターネット回線で中継した遠隔講座を実施した（図 1、2）。実施には学芸員養成課程を履修する海洋生物科学科 4 年次生 15 名が、「シロギスについて」と「藻場・干潟について」の内容に分かれて 15 分間の講座を開催し、研究所内のシロギス養殖水槽や水族館のライブ映像を交えながら、来場者にそれぞれ解説した。各講座は 2 日間で 2 回ずつの計 4 回開催し、44 名の参加者にアンケート調査を実施した。また、透明骨格標本を UV レジン封入したアクセサリを作製し、アンケート回答者に配布した。アンケート回答者の年齢層については図 3 に示した。回答者の半数以上が 10 歳未満の子どもであったが、多くは引率する保護者と一緒に記入していた。ほとんどの回答者が講座内容のしまなみテッポウギスプロジェクトや藻場・干潟に対して理解や関心を示した反面、解説者の話し方や言葉遣いではなく「中継の音声聞き取りにくかった」、「映像が見えにくかった」、「内容が子どもには難しかった」など、技術改善や対象者への配慮を求める意見が多くみられた。これらの意見に関しては、会場および来場者層の事前リサーチ不足や主体となって活動した学生の不慣れさが原因であることから、プログラムを繰り返し実施していくことで内容を精査し、改善可能な問題と考える。また、講座参加後に興味を持った内容には、解説したシロギスの生態や飼育、藻場や干潟に生息する生物に関するより詳細な学習とともに、水族館での飼育体験やバックヤードツアー、養殖体験など、親子で体験できる参加型の学習プログラムや子ども向けの環境学習についての意見が多く伺えた。以上のことから、ICT を活用した遠隔講座や出前授業は、今後因島キャンパスでの実施を計画しているフィールドを活用した体験型学習の導入や事前学習として有効であることが示唆された。さらに、体験学習の運営スタッフとして本学科学生を動員することは、日頃の学習成果を自己評価させ、学習意欲の向上に非常に有効であると考えるが、参加者の満足度を得るためには、プログラムを精査し、技術の構築を踏まえた教員側の時間の必要性和労力の重要性も示唆された。

また、内海生物資源研究所水族館の 3 トン研究水槽では、因島周辺海域を再現した藻場水槽の設置に向け、アマモ育成用の照明器具や造波用の水中ポンプ

類を準備するとともに、水槽に干満差を表現するための配管類を新たに設置するなど、来年度からの展示研究の本格化に向けた作業を開始した。



図 1. じばさんフェア会場の様子.

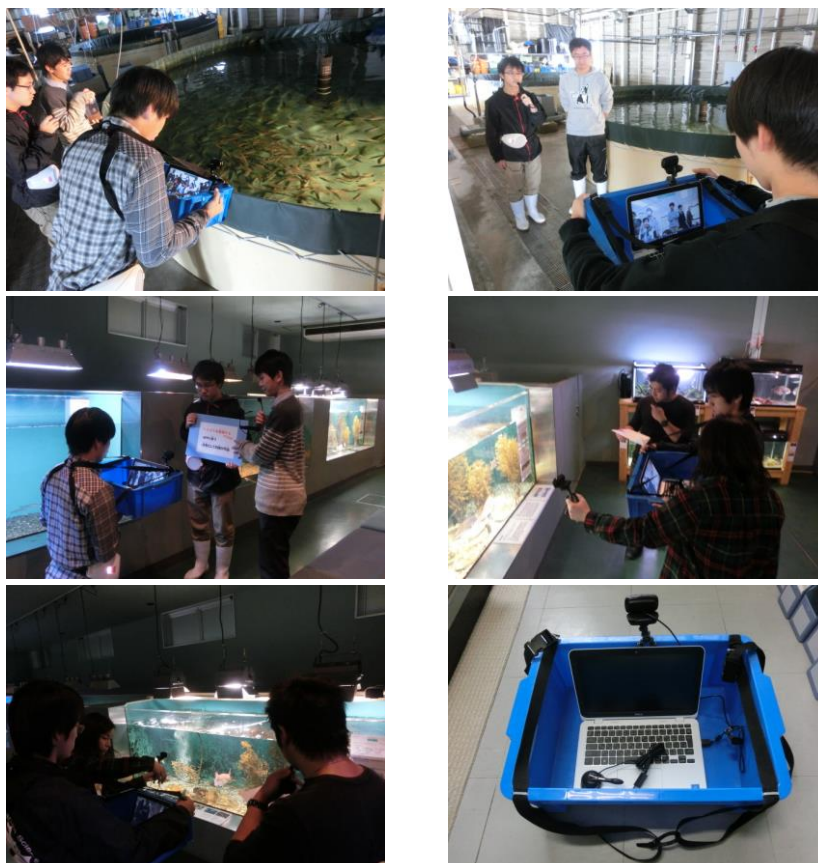


図 2. 内海生物資源研究所での映像配信の様子および使用機器.

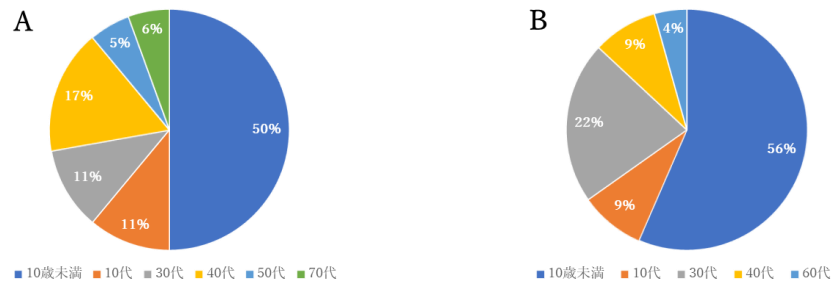


図 3. 遠隔講座実施後のアンケート回答者の年齢.
A : シロギスについて, B : 藻場・干潟について.

4) 今後の計画

1) 内海生物資源研究所水族館への藻場水槽の設置

大学附属内海生物資源研究所水族館の 3 トン研究水槽を用いて、因島周辺の沿岸海域を再現した藻場水槽の設置を今年度に引き続き実施し、アマモの飼育に適した水槽環境について調査、検討する。また、天然アマモから種子を採取し、人工下で発芽させた苗の水槽内育成についても検討する。

2) 藻場・干潟に関する企画展示や地域社会連携教育の実施

内海生物資源研究所水族館に設置した藻場水槽を用い、4 年生の卒業研究テーマと関連させながら藻場・干潟生態系に関する企画展示を開催し、それを活用した小中学校への出前授業や遠隔授業もしくは体験型学習を実施する。活動では参加者らへ事前・事後の藻場・干潟に関する認識調査を実施し、藻場・干潟に対する意識の変化をモニタリングすることで、展示や活動の学習効果について検証する。

5) 研究成果発表

特になし