

海洋生物科学科 2017 年研究業績

A. 研究発表

1. 論文

- (1) Effects of nonionic surfactants on pellet formation and the production of β -fructofuranosidases from *Aspergillus oryzae* KB.

Masahiro Kurakake, Saya Hirotsu, Miyuki Shibata, Yuta Takenaka, Taiki Kamioka, Tatsuya Sakamoto
Food Chemistry, **224**, 139–143 (2017)

Aspergillus oryzae KB produces two β -fructofuranosidases (F1 and F2). F1 has high transferring activity and produces fructooligosaccharides from sucrose. Mycelial growth pellets were altered by the addition of Tween 20, 40 and 80 (HLB=16.7, 15.6 and 15.0, respectively) in liquid medium cultures to form small spherical pellets. The particle size of the pellets decreased with the HLB value, which corresponds to an increase in surfactant hydrophobicity. Selective F1 production and pellet size were maximized using Tween 20. Adding polyoxyethylene oleyl ethers (POEs) with various degrees of polymerization (2, 7, 10, 20 and 50: HLB=7.7, 10.7, 14.7, 17.2 and 18.2, respectively) was investigated. A minimum mean particle size was obtained using a POE with DP=10, HLB=14.7. The POE surfactants had little effect on the selective production of F1. The formation of filamentous pellets depended on the surfactant HLB value, and F1 enzymes were produced most efficiently using Tween20.

- (2) 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)

Paenibacillus sp. S29 was isolated from soil and produces an alginate lyase. The molecular weight of this enzyme was 32 kDa and the N-terminal amino acid sequence was ASVTKST. The optimal pH was approximately 8.7 and the enzyme was stable over a pH range of 5.6 to 8.8 at 40 °C for 60 min. The optimal temperature was approximately 50 °C, and the residual activity was not decreased at temperatures of up to 40 °C at pH 8 for 30 min. *Paenibacillus* sp. S29 alginate lyase had also a little activity toward

hyaluronic acid. Poly G and poly M separated from alginate were degraded efficiently, and poly M was the more susceptible substrate. The maximum amount of reducing sugar released by the enzyme was 261 mg per gram of sodium alginate. The main sugar released was monosaccharide (unsaturated uronate) and small amounts of oligosaccharides of degree of polymerization 2–6 were also released.

(3) Influence of Rearing Water Temperature on Thermal Tolerance Traits of Clonal Silver Crucian Carp *Carassius langsdorfii*.

K. Sakamoto

Report Res. Inst. Marine Biores., Fukuyama Univ., 27, 1–9 (2017)

We evaluated the thermal tolerance traits of clonal silver crucian carp, *Carassius langsdorfii*. Individual juvenile fish of six clonal lines of silver crucian carp (SCC-M1, SCC-M2, SCC-M3, SCC-M4, SCC-M5, and SCC-M6) were kept in water at 40°C, and the time until their death was recorded. The times to death varied with rearing water temperatures (25°C or 30°C). The thermal tolerance of each clone acclimated at 30°C was significantly higher than that of each clone acclimated at 25°C ($p < 0.05$). Thermal tolerance was also evaluated by assaying free cells obtained from the caudal fins. Cells of fish from six clonal lines acclimated at 25°C or 30°C were exposed to thermal stress at 43°C for 2 h, and then the number of living cells was recorded. The mean percentage of living cells from each clone acclimated at 30°C was significantly higher than that of each clone acclimated at 25°C ($p < 0.05$). There was a significant correlation between the *in vivo* and the *in vitro* thermal tolerances in this fish ($p < 0.05$). These results highlight that the acclimation temperature has an important effect on the thermal tolerance of a given fish species. Therefore, fish should be acclimated at the same temperature before conducting thermal tolerance tests.

(4) 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)

アカアマダイ人工種苗に発現する形態異常について検討するため、取り上げ時に選別した形態異常魚100個体を用いて異常の類別化、および骨格の詳細観察を行っ

た。形態異常は体幹部の変形、鰓蓋の欠損、頭部の陥没、口部の異常、鼻孔隔皮の欠損の5タイプに区分できた。また、各タイプの発現頻度はそれぞれ26%、26%、23%、20%、5%となった。鰓蓋の欠損、頭部の陥没および口部の異常は併発する個体が多く見られ、かつ左右体側のどちらかに偏って発現する傾向が強かった。さらに、上記異常発現の左右性は頭部の傾きの左右性と強い関連性があった。一方、体幹部の変形を起こしていた個体は、尾椎（12~16椎体）に変形や癒合が集中して発現しており、全て鰓が未開鰓であった。このことから、本種における鰓蓋の欠損、頭部の陥没および口部の異常は頭部の傾き、体幹部の変形は鰓形成の不全と、それぞれ異なる原因により発現していると考えられた。

2. 報文

(1) 学芸員養成課程履修生による地域連携型教育に活用する実物教材の開発

水上雅晴、河原栄二郎、高田浩二

福山大学内海生物資源研究所報告, 27, 10-23 (2017-2)

これまでに、筆者らは学芸員資格取得に向けた博物館実習の事前事後学習の一環として、平成24年度にはふれあい出前水族館を活用した社会人基礎力養成教育、平成25年度にはアウトリーチプログラムを導入した新たな学芸員養成教育の取り組みを実施した1, 2)。また、平成24年度入学生から適応されている改正学芸員養成科目において必須となった学内実習では、平成26および27年度も継続し、より教育効果の高いプログラムの構築に努めている3, 4)。これらの取り組みでは、小学校や介護老人福祉施設等で海洋生物を教材とした出前水族館などのアウトリーチプログラムを実施してきたが、学生の活動報告書からはプログラム対象者に合わせた展示システムや解説手法に関する学習不足や事前準備と対象者に関する事前調査の重要性が示唆された。とくに小学校への出張講義では、事前事後学習まで一貫した学習モデルとしての定着化と、学習指導要領に沿ったプログラムの実施やそれに付随する教材の必要性が課題となる一方で、水槽展示やタッチングプールなど実物教材の有効性が明らかとなった。

そこで本研究では、学芸員養成課程履修生の博物館実習における学内実習の一環として、プログラム対象を小学校教育に絞り、対象者のニーズを調査する目的で、小学校で使用されている教科書から海洋教育に関連する項目を抽出し、提供できる学習プログラムを地域の小学校と連携しながら、学習指導要領に沿った内容で作成する手法について学習させた。また、履修生は海洋教育カリキュラムや指導計画書の作成およびそれに伴う標本やワークシートなどの教材作製にも取り組み、それらを

用いた出張講義を小学校で実施しながら、自ら開発したプログラムや教材について自己評価するとともに、出張先の小学校教職員からの評価を受け、PDCAサイクル方式でその改善と構築に努めた。

3. 学会発表

(1) Morphological and phylogenetic analysis of the Japanese *Chondria tenuissima* (Rhodomelaceae, Rhodophyta)

Suttikarn Sutti, Masaya Tani, Yukimasa Yamagishi, Tsuyoshi Abe, Kazuhiro Kogame

日本藻類学会第40回大会（高知）、講演要旨集、p. 48（2017-3）

Chondria tenuissima (Withering) C. Agardh (1817), currently regarded as a taxonomic synonym of *Chondria capillaris* (Hudson) M.J. Wynne, is the type species of the genus *Chondria*. This species is characterized by its terete thalli, fusiform branchlets and acute apices and is widely distributed while the type locality is in Portland, England. In Japan, *C. tenuissima* was firstly reported by Okamura (1936). But, descriptions of Japanese *C. tenuissima* include some differences from those of the typical *C. tenuissima* in literatures. We reexamined the Japanese *C. tenuissima* to clarify its classification and phylogenetic position. Morphological results demonstrated that the Japanese *C. tenuissima* differs from the typical *C. tenuissima* in having stoloniferous branches, adventitious pericentral cells among major 5 pericentral cells and no marked spur at the base of a mature cystocarp. Phylogenetic analysis based on *rbcL*, SSU *rRNA* and *cox1* gene sequences showed the corresponding results that the Japanese *C. tenuissima* should belong to a distinct genus other than the genus *Chondria* in the Rhodomelaceae. On the other hand, the Japanese *C. tenuissima* morphologically resembles *Chondria decipiens* Kylin and *Chondria nidifica* Harvey.

(2) *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）

【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、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°C 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 pH7、40°C 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°C 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°C) 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°C 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。

- (3) 三川ダムで発生するアオコの構成種に影響を及ぼす環境要因について
藤井啓子、北口博隆、満谷 淳
第 51 回日本水環境学会年会 (熊本)、講演要旨集、p. 277 (2017-3)

三川ダム (広島県東部) は毎年夏季になるとアオコが発生している。その構成種は例年 *Microcystis* 属シアノバクテリアであったが、2015 年 7 月には窒素固定能を有する糸状性シアノバクテリアの *Dolichospermum* 属が優占シアオコとなった。この理由として、同年の梅雨時期の出水規模が例年よりも小さく、その後発生し

た *Microcystis* によるアオコによって7月中旬には表層湖水中の窒素が枯渇していたことが考えられた。ところが2016年は7月中旬以降に前年同様に窒素が枯渇した状況であったにも関わらず、*Dolichospermum* が優占することはなかった。そこで本研究では、三川ダムにおけるアオコの構成種の遷移がどのような要因に影響を受けているのか、アオコ発生時期の水質環境（窒素・リン濃度）を中心に比較・検討した。2016年は6月7日～7月9日に断続的に数回の出水があり、出水後の6月30日にはDIN濃度が0.12 mg/L、DIP濃度が0.017 mg/Lと上昇した。その後は大きな出水がなく7月20日、8月5日、及び8月24日には、DIN濃度は0.004 mg/L以下、DIP濃度は0.002 mg/L以下と、共に著しく低い値を示した。すなわち、2016年には前年と同様に出水による栄養塩の供給が少なかった期間が2ヶ月程度あり、DINが枯渇した状況が長期にわたって続いたものの *Dolichospermum* は確認できず、*Microcystis* が優占し続けていた。2016年は前年に比べてDINだけでなくDIPもまた躍層以浅で著しく枯渇していた状況にあり、窒素固定能を有する *Dolichospermum* に有利に働くことがなく構成種の遷移がみられなかったと推察された。

(4) 瀬戸内海に生息するヨウジウオ科魚類3種の仔魚期外部形態の比較と飼育の試み
水上雅晴、阿部忠明・藤田和紀
平成29年度日本水産学会春季大会(東京)、講演要旨集、p.10 (2017-3)

【目的】ヨウジウオ科魚類は仔魚期の形態に関する知見が少ない。そこで本研究では、因島沿岸で採集したヨウジウオ、オクヨウジおよびガンテンイシヨウジを水槽内で飼育し、産出された仔魚の外部形態を比較するとともに、仔魚の飼育を試みながら摂餌後の胃内容物を観察した。

【方法】外部形態は、因島大浜町周辺海域で採集、飼育したヨウジウオ、オクヨウジおよびガンテンイシヨウジから産出された仔魚を、ヨウジウオおよびオクヨウジはSおよびSS型ワムシ、ガンテンイシヨウジは天然プランクトンで飼育し、4日齢まで3～4個体/日を3%ホルマリンで固定して観察した。飼育実験は、オクヨウジおよびガンテンイシヨウジ仔魚を直径35cm、幅10cmの8L容クレイセル水槽を用いて飼育し、無給餌、S型ワムシおよび天然プランクトン区で生残率を比較した。飼育魚の胃内容物は、天然プランクトン給餌1時間後のオクヨウジおよびガンテンイシヨウジ仔魚を5個体/日ずつ10日齢まで3%ホルマリンで固定し、後に実体顕微鏡下で剖検して同定を試みた。

【結果】ヨウジウオ、オクヨウジおよびガンテンイシヨウジ0日齢仔魚の平均全長は12.6、11.7および11.7mm、背鰭軟条数は31～35、16および28条、尾鰭軟条数は3種共に10条でいずれも定数に達し、背鰭始部はヨウジウオでは肛門

よりわずかに前方、オクヨウジおよびガンテンイシヨウジでは後方に位置していた。飼育したオクヨウジおよびガンテンイシヨウジ仔魚は、無給餌、ワムシ区でいずれも 5 および 4 日齢で死亡したが、天然プランクトン区で 10 および 7 日間生残し、胃内容物にはいずれもコリケウス科カイアシ類が観察された。

(5) 福島の淡水域における放射能汚染と魚類に及ぼす影響：これまでとこれから

III. 飼育実験から見えた放射能汚染の影響

III-2. フナの環境適応能力に与える影響

阪本憲司

平成 29 年度 日本水産学会春季大会シンポジウム（東京）、講演要旨集、p. 233 (2017-3)

河川は山林に降下した放射性物質が濃縮される場所であり、このようなところに見られる淡水魚は、放射性物質の影響を受けやすい環境に生息しているといえる。福島県の河川や沿岸域の魚からは、1000～10000 Bq（ベクレル）程度の比較的低線量の放射線が検出されている。

これまでに魚類における放射性物質汚染の状況は食品としての安全性の観点から調べられてきたが、魚類そのものに対する影響評価も重要である。放射線が生物に与える影響に関する調査研究は、これまで広く行われている。メダカやキンギョを実験魚として、魚体に放射線を被曝させた際の繁殖力や生存期間などが調べられている。これらの実験は、魚体そのものに放射線を照射する外部被曝の影響として調べられており、被曝させる放射線量は非常に高く、被曝時間も短い。

現在、日本で問題となっている ^{137}Cs は半減期が 30 年で、エネルギー量が 0.66MeV と高く、長い期間にわたって影響を及ぼすことが懸念される。また、比較的低線量の放射線被曝が長期間継続する場合の影響については、これまで検討されていない。さらに、放射線は体外からの影響に加え、食物連鎖を通して体内に取り込まれた内部被曝の影響も強いと考えられる。そこで本研究では、低線量の放射線を長期間被曝させたときの環境適応能力（高温耐性）に与える影響を調べた。

岡山県児島湖に生息していたフナ親魚から人工授精によって得られた一腹仔の飼育稚魚を供試魚とした。150 L 容量のガラス製水槽で、上面濾過による循環濾過飼育を行った。飼育水温を 23℃とし、4 つ設けた飼育水槽に 75 尾ずつ収容した。低線量放射線被曝実験は、3 つの実験区（餌料中の ^{137}Cs : 100, 1000, 10000 Bq/kg）を設け、各線量に調製した配合飼料を給餌した。さらに、 ^{137}Cs を調製していない配合飼料を与えた対照区を設けた。高温耐性実験は、0.25、0.5、1、1.5 および 2.25 年後に行った。なお、100 Bq 区の供試魚については、0.25 年後のみ実験を行った。また、1000 Bq 区の供試魚については 0.25、1 および 1.5 年後に実験を

行った。一方、10000 Bq 区と対照区においては、すべての期間で実験を行った。実験には保温性の高い 20 L 容量のプラスチック製容器を用い、この中に金属製の網籠を沈めた。この網籠に、実験区別に供試魚を 5 尾ずつ収容した。サーモスタットで温度コントロールが可能な石英ヒーターを用いて 23℃から 10 分間に 1℃ずつ昇温、36℃に達した時点で実験開始とし、供試魚が死亡するまでの生存時間を記録した。なお、鰓蓋開閉運動が無く、突くなどの刺激に対して無反応であった場合に死亡と判定した。

高温耐性実験の結果、被曝期間とともに高温耐性が変化し、0.5 年後、1 年後および 1.5 年後では低線量被曝区において対照区よりも有意に耐性が低下した。また、2.25 年後では、10000Bq 区において期間を通じて高温耐性が最も低下し、放射線被曝の影響が認められた。

(6) 福島の淡水域における放射能汚染と魚類に及ぼす影響：これまでとこれから 11-3. ギンブナ造血器官に及ぼす放射線の影響

—飼育実験による低線量放射性セシウム長期曝露影響の組織学的検証—

平井俊朗、小川智史、柴田安司、阪本憲司、原 将樹、中嶋正道

平成 29 年度 日本水産学会春季大会シンポジウム（東京）、講演要旨集、p. 231
(2017-3)

背景と目的：福島第一原発事故により、多くの放射性物質が海洋や山林などの自然環境中に放出された。河川は山林に降下した放射性物質が濃縮される場所であり、このような環境に生息する淡水魚は放射性物質の影響を受けやすい環境に生息していると言える。われわれは現在、福島県の河川に生息する魚類について放射性物質による汚染状況と生体内における影響を様々な角度から調査しており、放射能汚染との関連性が疑われる幾つかの知見を得ている。しかし、環境調査によって観察された知見と放射性物質との関連性について、実験的に証明された例はほとんどない。そこでモデル実験魚として、3 倍体クローンギンブナを用いて放射性セシウムによる低線量長期間被曝実験を行ない、造血器官（脾臓、頭腎）をはじめとする臓器への影響についての組織学的検証を行った。

材料と方法：3 倍体クローンギンブナ（約 3 月齢）を 150 L 水槽に 60 尾収容し、¹³⁷CsCl を 100、1000、10000 Bq/kg となるように含浸させた飼料を、1 日あたり総体重の 1%になるように 3 回に分けて給餌した。投与開始 6、12 カ月後に各郡から 5 尾ずつサンプリングし、各臓器を摘出後、眼球はスーパーフィックス KY-500（クラボウ）、他はブアン氏液にて固定し、常法によりパラフィン切片を作製した。

結果と考察：

1) 脾臓

ヘマトキシリン・エオシン (HE) 染色において、核、形態ならびに細胞質染色性から複数種の細胞の存在が確認された。さらに散在する大小の黄褐色色素沈着が見受けられたが、曝露区と対照区に関わらずほぼすべての個体で認められ、出現頻度にも差異は認められなかった。これらの褐変部は脾臓においては通常観察され、老化した赤血球の崩壊過程で生じるとされるヘモジデリン沈着と思われた。

2) 頭腎

HE 染色ならびに 3β -HSD (ステロイドホルモン産生細胞マーカー) 免疫染色を行ったところ、造血組織部と内分泌組織 (間腎腺) からなる組織構築が確認され、それぞれにおいて核形態ならびに細胞室染色性から複数の細胞腫の存在が確認された。しかし、両部ともに構成する細胞の形態等において曝露との関連性をうかがわせる差異は確認できなかった。

3) 生殖腺

大部分の個体で正常な卵巣形成を示す所見が確認されたが、一部の個体では完全な精巢化が確認された。しかし、これらの雄性化個体は対照区でも確認され、放射性セシウムとの関連性は確認できなかった。

4) 眼球

放射性障害の一つとして放射性白内障 (水晶体泥濁) が知られているため、水晶体上皮に注目して観察したが、以上は確認できなかった。

5) 肝臓

切片上の単位面積あたりの核数により細胞密度を算出したところ、曝露 12 カ月において密度低下傾向が認められたが、曝露との明確な関連性を確認するには至らなかった。

まとめ：今回、飼育実験によって低線量放射性セシウム曝露の影響を組織学的に確認することは出来なかった。今後の検討課題として、1) 各臓器への放射性セシウムの取り込み量の定量 (野外採取個体との比較)、2) 魚種による曝露への感受性の違い、などが残された。

(7) 重油浸漬によるヒラメ稚魚の高温耐性ならびに鰓および肝組織への影響

阪本憲司、小川智史、平井俊朗、中嶋正道

平成 29 年日本水産学会春季大会 (東京)、講演要旨集、p. 91 (2017-3)

【目的】重油流出による海洋汚染は、魚類をはじめ多くの生物に影響を及ぼす。海水と混ざり合った重油は、海底の堆積物と混ざり合って沈殿し、底生生物においてその影響は顕著なものと推察される。そこで本研究では、重油の影響をより強く受けると考えられる底生性のヒラメに着目し、重油浸漬後の高温耐性と鰓および肝組織への影響を調べた。

【材料および方法】実験にはヒラメ稚魚 84 個体（全長：77.2±6.2 mm）を用い、17℃で飼育した。重油 5 ppm に調製した飼育水に 5 日間浸漬した後、重油を含まない海水に移行した。移行後の経過日数から 5 つの実験区を設定した（0, 1, 3, 6, 9D 区）。また、重油を海水に溶解する際に用いた DMSO 区と、海水のみの対照区を設けた。高温耐性実験は、17℃から 10 分ごとに 1℃ずつ昇温し、30℃で行った。30℃に達した時点で実験開始とし、供試魚が死亡するまでの生存時間を記録した。さらに、重油浸漬から 5 日後の稚魚から鰓と肝組織を採取し、これを組織観察用試料とした。

【結果】高温耐性実験の結果、各実験区における平均生存時間（分±SD）は、0D 区（190.4±124.8）、1D 区（314.7±122.7）、3D 区（407.1±153.2）、6D 区（493.6±166）、9D 区（451.9±229.4）、DMSO 区（464.2±221）、対照区（534.1±201.1）の順に長くなり、重油浸漬後の経過日数に伴って高温耐性が変化した。さらに、各組織の顕微鏡観察から、重油浸漬群における鰓の塩類細胞（Na⁺/K⁺-ATPase 陽性細胞）の小型化と、重油浸漬群における肝組織の細胞密度の高まりが認められた。

（8） ブラジル産アルテミアノープリウスを与えたコウライアカシタビラメ人工種苗における白化個体の出現状況

有瀧真人、草加耕司、板倉祥平、熊谷直樹、松浦仁志

平成 29 年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 57（2017-3）

ヒラメやカレイ科魚類では、ブラジル産アルテミアノープリウス（BA）を与えることにより形態異常である白化個体が極めて高率に発現することが明らかにされている。また、このことを利用して形態異常の決定時期が変態開始の直前であることを推察している。今回、ウシノシタ科のコウライアカシタビラメに BA を与え白化個体が発現するの否かを確認するとともに本種における形態異常の決定時期や正常・異常タイプの出現特性について検討したので報告する。

福山大学で飼育した 14 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 2 試験区では試験開始に発育ステージと全長を、終了時に形態のタイプと全長をそれぞれ観察・測定した。

対照区では白化個体は全く発現しなかった（正常魚 31%、中間個体 69%）のに対し、BA 区では 13%と少ないものの白化個体が認められた（正常個体 53%、中間個体 34%）。試験開始時の発育ステージは発育初期のステージ 2 と 3 であり、かつ BA 区取り上げ時の各タイプのサイズは正常個体>中間個体>白化個体となった。以上のことから、本種は、発育の極めて早い段階で変態後の形態が決定している可能性が強く示唆された。一方、対照区を取り上げサイズも正常個体>中間

個体と BA 区同様、正常個体で明らかに大きかった。従って、コウライアカシタビラメの変態後の形態は仔魚期の発育や成長に大きく左右されていることが推察できた。今後は、BA の影響の再現性を確認するのに加え、本種仔魚期の発育速度と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。

(9) キジハタ人工種苗に発現する形態異常について

豊村晃丞、山下貴示、有瀧真人

平成 29 年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 57（2017-3）

種苗生産の現場では、今なお形態異常が大きな問題となっている。鰾の形成不全による体幹部の変形や、異体類の変態異常など一部の形態異常については、発現の機序や防除策が明らかにされている。しかし、多くの形態異常については知見が不十分であるものが多い。そこで、我々はアカアマダイ、キジハタ、キンギョなどの様々な分類群、生態的特性を持った魚種をモデルに“人工種苗に起こる形態異常とは何か”を検討している。今回はキジハタの観察結果を報告する。

水産機構伯方島庁舎で生産したキジハタ人工種苗の中から選別した形態異常魚 100 個体（TL51.7mm）を用いた。標本は、異常タイプに類別化し、関係する部位の骨格を詳細に観察した。

形態異常は体幹部の異常、鰓蓋の欠損、口部の異常、背鰭の陥没の 4 タイプに区分でき、それぞれの発現頻度は 27%、31%、27%、15%となった。鰓蓋の欠損では主鰓蓋骨、下鰓蓋骨のみ変形していた。口部の異常では上・下顎の構成骨に変形が見られた。これら頭部に発現する鰓蓋の欠損、口部の異常は併発している個体が多く、発現の左右性と頭部の歪みの左右性に関係性が認められた。体幹部の異常は、脊椎骨の尾椎（12～22 椎体）に変形、癒合が集中して生じた。また、それらの開鰾率は 53%と低かった。背鰭の陥没では、不完全神経棘および神経棘が癒合し、かつ 1~4 椎体に変形していたが原因は不明であった。先に述べた、頭部に起こる 2 タイプの異常と体幹部に起こる異常は、アカアマダイでも同様の現象が確認されており、区分して検討すべきであると考え。今後は、背鰭の陥没も含め発現時期や機序を明らかにしていく必要がある。

(10) 鰾の開腔操作によるキンギョの体型変化

豊村晃丞、穴井花佳、志村海喜、森田吉彦、有瀧 真人

平成 29 年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 57（2017-3）

魚類の人工種苗に発現する形態異常の中で、特に生産効率や価格を下げる異常が、短軀などの体幹部の異常である。この異常は、鰾の形成不全により引き起こされ

ることが明らかとなっている。今回、我々は鰾の開腔時期を人為的に操作することによって、魚類の体型と鰾の形成へどのように影響するのかを明らかにしたので報告する。

フナ型のキンギョであるシュブンキンを供試魚として、2016年6月4日にふ化した仔魚を300mlサンプル瓶へ30尾ずつ収容した。その後、水面を遮断し鰾の形成を阻害する実験区と全期間通常の飼育を行う対象区を設定した。実験区は、5、10、15日齢に順次鰾を開腔させ、対照区も含め全て60日齢で取り上げた。得られた標本は、鰾の形成状況および脊椎骨の異常の有無を観察し、体幹部に生じた異常との関わりを検討した。

取り上げた60日齢の稚魚は、3つの実験区ならびに対象区の全ての個体で鰾の開腔率が100%となり、開腔するか否かで差異は認められなかった。一方、体長/頭長の相対比は対象区、5、10、15日齢区で293%、289%、289%、286%、鰾長/頭長では64%、65%、63%、62%となり、短軀化と鰾の小型化傾向が認められた。加えて、脊椎異常の発現率は0%、5%、15%、35%となり、通常飼育への移行が遅くなるにつれて高くなった。このことから、鰾の開腔時期が遅れても鰾形成自体への影響は小さいものの、短軀化や脊椎骨の異常には強い影響が及ぶため、形態異常の発現には鰾が「いつ・どのように」形成されるかが重要であることが強く示唆された。

(11) 産卵状況から評価したシロギスの卵質

藤川稔晃、末石芳幸、隈村僚太、有瀧真人

平成29年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p.57（2017-3）

種苗生産では、卵の質が飼育に大きく影響するとされている。しかし、卵質の評価手法については未解明な点が多く残されている。そこで、我々は産卵期の長いシロギスをモデルに養成期間の異なる2群の天然親魚および人工種苗由来の親魚を用いて卵質を検討した。

親魚群には1年間養成した天然魚25尾（長期養成群：TL207mm）、産卵直前に入手した天然魚42尾（短期養成群：TL183mm）および2015年に生産した人工1歳魚群284尾（1歳魚群：TL103mm）を使用した。それぞれの群では、産卵開始から終了まで毎日採卵し、産卵数、受精率、孵化率、絶食生残指数（SAI）、卵径、油球径の6項目を観察・測定した。

産卵は長期養成群では疾病により採卵を中止したため、2016年5月27日～8月30日の96日間と若干短かった。一方、短期養成群では、2016年6月12日～10月3日の114日間、1歳魚群で、2016年6月19日～2016年10月13日の117日間と100日以上観察された。各親魚群の産卵期を前期、中期、後期に区分した場合、長期養成群と1歳魚群は中期に産卵数のピークを形成したが、短期養成群は

後期にずれ込んだ。また卵径は3群とも前期から中期に低下したが後期に上昇する傾向が伺えた。卵質を受精率、孵化率、SAIで総合的に評価した結果、短期養成群が最も良く、次いで長期養成群となり、人工1歳魚群は著しく劣った。さらに前2群は後期の卵質が最も高く評価されたのに対し、人工1歳魚群は産卵期が進むにつれて評価は低下していった。以上のように親魚の由来によって卵質は大きく異なることが示唆されたが、その要因として天然魚と人工種苗の差異や養成期間の長短、サイズ・年齢及び初回産卵の影響等様々な要因があげられた。今後、これらを詳細に検討していく予定である。

(12) 飼育状況から評価したシロギスの卵質

藤川稔晃、隈村僚太、末石芳幸、有瀧真人

平成29年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p.58（2017-3）

海産魚類の種苗生産において卵質はその後の飼育状況に大きな影響を与えているとされるが、卵質の評価が実際の飼育結果に反映しない場合もある。そこで、我々はシロギスをモデルに飼育状況から親魚の来歴及び産卵時期ごとの卵質を検討した。

飼育試験は、1) 5日齢までの生存及び3日齢までの摂餌状況と2) 40日齢までの生残及び形態異常の発生状況に注目して行った。1) は1年間養成した天然魚（長期養成群）、直前に入手した天然魚（短期養成群）、人工種苗の1歳魚（1歳魚群）の3つのグループから採卵したものをを用い、100L水槽で行った。2) は長期養成群及び1歳魚群から採卵したものをを用い、500L水槽で実施した。

1) では長期養成群41回、短期養成群29回、1歳魚群62回の飼育試験を行い、5日目まで飼育できた割合の平均値はそれぞれ、53.3%、60.0%、32.7%と天然魚で高かった。また、1歳魚群では産卵期が進むにつれ低くなった。長期養成群、短期養成群における3日齢の摂餌率は36%、34.2%であったが、1歳魚群は24%と低い値を示した。一方、摂餌状況はどの群でも産卵期の進行とともに悪化した。2) では長期養成群10回、1歳魚群8回の飼育試験を行った結果、前者では全産卵期間の卵で飼育が可能であったものの、後者では前、中、後期で、100%、25%、0%と低下した。形態異常の発現率は長期養成群、1歳魚群共に産卵期が進行すると高くなった。以上のことから天然魚の生残状況は産卵期間中、比較的安定しているが人工種苗では中、後期に著しく低下することや摂餌状況や形態異常の発現状況は両親魚群とも産卵期の進行に伴い高くなることが明らかとなった。

(13) 瀬戸内海におけるナルトビエイの摂餌行動：ビデオ・加速度記録計による観察

渡辺伸一、岩本 遼

平成 29 年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 35（2017-3）

【目的】 近年、瀬戸内海では貝食性のナルトビエイが増え、二枚貝類への被害が報告されている。演者らは、2015 年の調査で加速度記録計をもちいて本種の摂餌行動を推定した。しかし、推定した摂餌頻度が低く、記録データから摂餌行動を十分に検出できていない可能性がある。そこで本研究では、加速度記録計とビデオカメラで行動を記録することで摂餌行動の検出精度を上げ、摂餌の発生頻度や深度を分析した。

【方法】 2016 年 6 月から 8 月に広島県福山市の沿岸で 9 個体のナルトビエイ（体重 9.5～35.0kg）を釣獲し、記録計を装着した。記録計は深度・水温（1Hz）・3 軸方向の加速度（10Hz）を 44～79 時間（計 580 時間）記録し、タイマーで切り離して回収した。また、その間の映像を 3～14 時間（計 82 時間）記録した。

【結果】 映像データから、摂餌行動は 1 個体で 2 回観察された。ナルトビエイは、上昇と下降を繰り返して海中を移動し、摂餌の際には海底に留まり、砂を掘り返して摂餌した。海底を掘り返す際には、左右方向の加速度に特徴的な高周波成分が検出された。この特徴をもとに全データで摂餌行動の検出を試みた。海底に留まり、その間に摂餌行動が 6 秒以上みられた場合を 1 回の摂餌行動とした。その結果、8 個体から 20～397 回（計 750 回）の摂餌行動が確認された。1 回あたりの摂餌時間は平均 12～50 秒と短かったが、800 秒以上摂餌する場合もあった。また、摂餌深度は平均 1.7～3.9m で最深で 8.4m だった。以上の結果は、本種の二枚貝類へ与える影響を推定し、その対策を講じる上でも重要な情報となると考えられる。

(14) 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）

【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（グリーンタイド）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㈱)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。

(15) 瀬戸内海におけるトビハゼの遺伝的集団構造

阪本憲司、徳永隆史、中野優作、高木基裕

平成29年度日本魚類学会(函館)、講演要旨集、p.43(2017-9)

干潟や河口域にみられるトビハゼ *Periophthalmus modestus* は、環境省の汽水・淡水魚類レッドリスト(2007, 2013)で準絶滅危惧に指定され、全国的に生息状況の悪化の進行が危惧されている。このような危機的状況に在る本種の遺伝的集団構造を明らかにすることは、今後の遺伝的多様性をモニタリングし、保全・管理する上で非常に重要である。瀬戸内海は潮の干満が大きく、外洋からの波の影響が少ないため良質の泥干潟が形成され、各地の干潟において本種の生息が確認されている。今回の調査は岡山県の大島川、広島県の「芦田川、松永湾、沼田川」、山口県の佐波川、愛媛県の「国領川、加茂川、中山川」の8地点で行った。今回は、ミトコンドリアDNAのD-loop領域における塩基配列を解析した。全地点における採集個体(n=212)の解析結果から、75種類のハプロタイプが検出された。各地におけるハプロタイプ多様度は大島川0.905、芦田川0.911、松永湾0.855、沼田川0.933、佐波川0.933、国領川0.972、加茂川0.982、中山川0.846であり、全てにおいて0.8以上であった。遺伝的分化の程度を表す*Fst*値が0.05を上回った地点は「大島川-中山川(0.0558)」と「佐波川-中山川(0.0572)」であり、これらの地点間において中程度の遺伝的分化がみられた。その他の地点間における*Fst*値は何れも0.0371以下であり、遺伝的分化は認められなかった。これらのことから、瀬戸内海中部および西部沿岸域に生息するトビハゼは一つの大きな集団であ

ると推察された。

(16) 「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

日本水産増殖学会大会第 16 回大会（愛媛）、水産増殖 65（4）、439（2017-11）

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。

(17) ナルトビエイが撮影した広島県松永湾の魚類相

石黒直生・廣瀬友明・岩本遼・松井健介・渡辺伸一

第 13 回日本バイオロギング研究会シンポジウム（福山）、講演要旨集、p. 41
（2017-11）

近年、瀬戸内海では貝食性のナルトビエイが増え、二枚貝類への被害が報告されている。演者らは、バイオロギングをもちいて、広島県東部に位置する松永湾でその行動生態を調査している。2016—2017 年の調査で、計 15 個体のナルトビエイ（体重 6.5—40 kg）に動物搭載用ビデオカメラ（DVL400、リトルレオナルド社）を装着し、その行動と環境および遭遇した動物種を特定した。本講演では、ナルトビエイが遭遇した動物種から、ナルトビエイの生息環境と他種との種間関係について考察する。

ビデオカメラから計 144.6 時間の有効な映像データが得られた。その間に摂餌と考えられる海底の砂泥を掘り返す行動は、10 個体から計 141 回みられた。摂餌した動物は明らかでないが、砂泥を掘り返して二枚貝を探していたものと思われる。その間に遭遇した魚類は、計 7 種が計 956 回確認された（表 1）。最も多かったのがナルトビエイで、1—4 個体が接近して群泳する様子が確認された。また、雌

のナルトビエイの背後から雄と思われる個体が接近する様子も確認され、雄による交尾行動との関係が考えられる。つづいて多かったのがクロダイで、ナルトビエイを追尾して泳ぐ様子が確認された。クロダイは、海底の貝類や甲殻類、ゴカイ類などを捕食する。ナルトビエイが摂餌のために砂泥を掘り返した際には、ほかの餌生物も同時に掘り起こされる。クロダイはそれを摂餌するため、ナルトビエイを追尾しているものと考えられる。そのほかにも、フグ類がエイの尾部の皮膚を噛む様子やコバンザメが追尾する様子も確認された。コバンザメは熱帯から亜熱帯の外洋で大型魚に付着して生活する。瀬戸内海では、そのような大型魚は少なく、コバンザメを見ることは稀である。しかし、ナルトビエイに付着することで瀬戸内海にも分布を広げている可能性がある。

以上のように、ナルトビエイが瀬戸内海の他魚種と新たな種間関係を構築していることが明らかになった。よって、ナルトビエイの生息数が増加することで、直接的な摂餌行動を介さずとも、瀬戸内海の生態系を変えることも懸念される。

(18) *Bacillus* sp. CH11 株 N-アセチルヘキソサミニダーゼの糖転移作用

天井裕可里、小西瑞希、池平佳歩、倉掛昌裕

平成 29 年度日本応用糖質科学会中国・四国支部シンポジウム（福山）、講演要旨集、p.1（2017-11）

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。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ところ、最適 pH は 7 付近で、最適温度は 40°C 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。

(19) 受精状況がキングヨ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 年度日本水学会中国・四国支部例会（岡山）、日本水産学会誌 84 (3) , 444 (2017-12)

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。

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。

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。

(20) 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 年度日本水学会中国・四国支部例会 (岡山)、日本水産学会誌 84 (3), 444 (2017-12)

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。

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。

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。

(21) 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 年度日本水学会中国・四国支部例会（岡山）、日本水産学会誌 84（3）、444（2017-12）

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。

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。

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が出現した。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。

(22) 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、細越嵯千、草加耕司、有瀧真人

平成 29 年度日本水学会中国・四国支部例会（岡山）、日本水産学会誌 84（3）、444（2017-12）

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。

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。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。

(23) 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 年度日本水学会中国・四国支部例会（岡山）、日本水産学会誌 84（3）、444（2017-12）

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。

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。

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つ

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ったが、SAI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。

(24) 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年度日本水学会中国・四国支部例会（岡山）、日本水産学会誌84(3)、444(2017-12)

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。

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。

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鰓の形成状況が密接に関わっているとされている。今後は、シロギスにおける鰓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。

C. 著書

- (1) 異体類の形態異常は変態異常である
有瀧真人、青海忠久
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)、恒星社厚生閣、pp. 11-17 (2017)
- (2) ウシノシタ類に発現する体色・眼位異常
草加耕司、藤田亮太、小倉佳奈、那須隆文、有瀧真人
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)、恒星社厚生閣、pp. 19-26 (2017)
- (3) アカアマダイ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
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)、恒星社厚生閣、pp. 54-61 (2017)
- (4) 異体類の眼位・体色異常を発育速度のコントロールで軽減する
有瀧真人、青海忠久
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)、恒星社厚生閣、pp. 63-71 (2017)
- (5) 研究・技術開発の現場でシビレル瞬間
有瀧真人
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)、恒星社厚生閣、p. 114 (2017)
- (6) 環境適応能力評価手法の開発
阪本憲司
水産遺伝育種学(中嶋正道、荒井克俊、岡本信明、谷口順彦 編)
東北大学出版会、p. 97 (2017)
- (7) ギンブナの尾鰭および肝臓由来初代細胞培養法の開発
阪本憲司
動物細胞培養・自動化におけるトラブル発生原因と対策/新規培養法の開発と特許

戦略

技術情報協会、pp. 172-175 (2017)

D. その他

- (1) 「海の中道」がまもる博多湾の自然
高田浩二
日本電気協会 九州支部機関紙 「電気と九州」Coffee Break 3月号
日本電気協会、p. 3 (2017-3)
- (2) わが国における博物館学と水族館の歴史的考察
高田浩二
海岸 水族館考 連載第1回 pp. 68-70 (2017)
- (3) 山口県上関町宇和島のオオミズナギドリの繁殖生態と海洋環境の変化
上田健悟、松井健介、渡辺伸一、飯田知彦
東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会：オオミズナギドリ研究集会（柏）
(2017-3)
- (4) 高知県幸島におけるオオミズナギドリの繁殖状況
渡辺伸一、上田健悟、飯田知彦
東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会：オオミズナギドリ研究集会（柏）
(2017-3)
- (5) マリンバイオセンター（水族館）を活用した博物館学的研究の実践
高田浩二
2017年度福山大学研究成果発表会（福山）、p. 44 (2017-6)
- (6) お知らせ 第13回 日本バイオリギング研究会シンポジウム
渡辺伸一
バイオリギング研究会会報、129, 5 (2017-6)
- (7) ハイテク装置で明らかになったカブトガニの謎
渡辺伸一
日本カブトガニを守る会総会（講演会）（笠岡）(2017-8)

- (8) 環境 DNA を用いたカブトガニの分布調査：岡山県笠岡湾における研究事例
渡辺卓、渡辺伸一、佐藤淳、東川洗二郎、森信敏、惣路紀通
日本カブトガニを守る会総会（笠岡）（ポスター発表）（2017-8）
- (9) タブレット PC を活用した博物館見学の撮影記録データによる学習分析
高田浩二、高津大知、溝口雅貴
平成 29 年度 教育改革 IGT 戦略大会 5（東京）、pp. 234-23（2017-9）
- (10) 水族館を楽しい学びの場にするために
高田浩二
海遊館×東海大学海洋学部 共催シンポジウム（大阪）、p. 3（2017-9）
- (11) 飼育下におけるメバル類の自然交雑
阪本憲司、戸田慎平、田中麻衣、野口大毅、南 卓志
第 3 回広島めばる研究会（竹原）（2017-9）
- (12) 異なる塩分下におけるメバル類の高水温耐性
阪本憲司、品川良樹
第 3 回広島めばる研究会（竹原）（2017-9）
- (13) 宇和島のオオミズナギドリから得られたデータについて
渡辺伸一、松井健介
CREST「サイバーオーシャン：次世代型海上ナビ」ミーティング（千葉）（2017-10）
- (14) オニヒトデ体腔液に含まれる赤血球凝集素の特性および電気泳動分析
水上雅晴
平成 29 年度瀬戸内海・四国ブロック魚病検討会（岡山）（2017-10）
- (15) 海流から読み解く九州北部豪雨
高田浩二
日本電気協会 九州支部機関紙 「電気と九州」Coffee Break 11月号
日本電気協会、p. 3（2017-11）
- (16) 第 13 回 日本バイオリギング研究会シンポジウム「10 年後のバイオリギングーバ
イオリギングはどう発展するのか？ー」（福山大会）
渡辺伸一（実行委員長）（福山）（2017-11）

- (17) 特別支援校と連携した水族館学習
高田浩二、川端純也
平成 29 年度 第 58 回 日本動物園水族館教育研究会、p.9 (大阪) (2017-11)
- (18) 卵・稚子の出現情報による産卵期の推定法と調査設計
南 卓志 辺
第 39 回稚魚研究会 (2017-12)
- (19) 学会報告 第 13 回 日本バイオリギング研究会シンポジウム
渡辺伸一
バイオリギング研究会会報、136、pp. 6-7 (2017-12)
- (20) 大学水族館を活用した地域連携の実践
高田浩二
平成 29 年度東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会、水族館の展示と研究
その相互作用を探る、講演要旨集、p. 25 (柏) (2017-12)