

# 海洋生物科学科 2015 年研究業績

## A. 研究発表

### 1. 論文

- (1) Two species of the genus *Acinetospora* (Ectocarpales, Phaeophyceae) from Japan: *A. filamentosa* comb. nov. and *A. asiatica* sp. nov.  
Kousuke Yaegashi, Yukimasa Yamagishi, Shinya Uwai, Tsuyoshi Abe, Wilfred John Eria Santiañez, and Kazuhiro Kogame  
*Botanica Marina*, **58**, 331–343 (2015)

The brown algal genus *Acinetospora* is characterised by sparsely branched uniseriate filaments, scattered meristematic zones, short laterals (“crampons”) and scattered reproductive organs. The morphology and life history of the generitype *A. crinita* have been studied repeatedly, and accounts of the species’ highly varied reproductive patterns were assumed to be due to the presence of multiple taxa that were reported under this name. Herein, we attempt to contribute to the taxonomy of the genus by conducting morphological and culture studies on 33 *Acinetospora* samples collected from Japan. We recognised two *Acinetospora* species and propose to name them *A. filamentosa* comb. nov. and *A. asiatica* sp. nov. These two species are distinguished from *A. crinita* by the absence of monosporangia and plurilocular acinetosporangia/megasporangia. *Acinetospora filamentosa* and *A. asiatica* have similar vegetative morphologies but possess different reproductive patterns. The former forms unilocular sporangia on erect filaments and both unilocular sporangia and plurilocular zoidangia on prostrate filaments, while the latter forms plurilocular zoidangia only on both erect and prostrate filaments. Molecular analyses based on *rbcL* and *cox1* genes supported independence of these species.

- (2) ドジョウの個体と尾鰭細胞における温度耐性の関連性  
阪本憲司、細川裕司  
水産育種, **44**, 1–4 (2015)

We evaluated the correlation between the high temperature tolerance of live fish *in vivo* and caudal fin cells *in vitro* in weather loach *Misgurnus anguillicaudatus*. Fish were reared at 21°C then exposed to high temperature (35°C) and the time to death was measured. In

addition, we incubated weather loach caudal fin cells at 43°C for 2 h and measured cell viability using the trypan blue assay. There was a significant correlation between the *in vivo* and the *in vitro* tolerance to high temperature in this species ( $r=0.845$ ,  $P<0.05$ ). Our results suggest that the caudal fin cells from live fish may be used to evaluate high temperature tolerance traits in selective fish breeding programs.

(3) Effects of Large-Scale Releases on the Genetic Structure of Red SeaBream (*Pagrus major*, Temminck et Schlegel) Populations in Japan

Enrique Blanco Gonzalez, Masato Aritaki, Halvor Knutsen, and Nobuhiko Taniguchi

PLoS ONE, <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0125743> (2015)

Large-scale hatchery releases are carried out for many marine fish species worldwide; nevertheless, the long-term effects of this practice on the genetic structure of natural populations remains unclear. The lack of knowledge is especially evident when independent stock enhancement programs are conducted simultaneously on the same species at different geographical locations, as occurs with red sea bream (*Pagrus major*, Temminck et Schlegel) in Japan. In this study, we examined the putative effects of intensive offspring releases on the genetic structure of red sea bream populations along the Japanese archipelago by genotyping 848 fish at fifteen microsatellite loci. Our results suggests weak but consistent patterns of genetic divergence ( $F_{ST} = 0.002$ ,  $p < 0.001$ ). Red sea bream in Japan appeared spatially structured with several patches of distinct allelic composition, which corresponded to areas receiving an important influx of fish of hatchery origin, either released intentionally or from unintentional escapees from aquaculture operations. In addition to impacts upon local populations inhabiting semi-enclosed embayments, large-scale releases (either intentionally or from unintentional escapes) appeared also to have perturbed genetic structure in open areas. Hence, results of the present study suggest that independent large-scale marine stock enhancement programs conducted simultaneously on one species at different geographical locations may compromise native genetic structure and lead to patchy patterns in population genetic structure.

(4) Synthesis of galactosyl glycerol from guar gum by transglycosylation of  $\alpha$ -galactosidase from *Aspergillus* sp. MK14.

Masahiro Kurakake, Takumi Okumura, and Youichirou Morimoto

*Food Chemistry*, **172**, 150–154 (2015)

A guar gum-hydrolyzing strain, *Aspergillus* sp. MK14, secreted  $\alpha$ -galactosidase selectively in liquid culture. Its  $\alpha$ -galactosidase activity (0.820 U/ml) was much higher than its  $\beta$ -mannosidase and  $\beta$ -mannanase activities (0.027 and 0.050 U/ml, respectively). The molecular weight was estimated to be 59,000 Da by SDS–PAGE. The optimal pH was 5 and it was active from pH 2.2 to 6.2. The optimal temperature was 60 °C and the activity was stable below 50 °C. Enzyme activity toward melibiose was much lower than that with *p*NP- $\alpha$ -D-galactopyranoside. The activities toward 6<sup>1</sup>- $\alpha$ -D-galactosyl-mannobiose and 6<sup>3</sup>, 6<sup>4</sup>- $\alpha$ -D-galactosyl-mannopentaose were relatively high (86.2% and 48.4% relative to *p*NP- $\alpha$ -D-galactopyranoside, respectively). MK14 crude enzyme released only the monosaccharides, galactose and mannose (Gal/Man: 0.64) from guar gum. When glycerol was added to the reaction mixture, the transglycosylation proceeded efficiently, and the synthesis of galactosyl glycerol was 76.6 mg/g of guar gum. MK14  $\alpha$ -galactosidase could use guar gum as a good substrate (donor) in the transglycosylation.

- (5) Lignin antioxidants extracted from lignocellulosic biomasses by treatment with ammonia water.

Masahiro Kurakake, Saya Hirotsu, Miyuki Shibata, Asami Kubota, and Atsushi Makino

*Industrial Crops and Products*, **77**, 1028–1032 (2015)

In this study, it was found out that treatment with ammonia water efficiently produced thermostable antioxidant from lignin of selected herbaceous and soft wood species. The SOD-like activity was enhanced by ammonia water treatment and Madake (*Phyllostachys bambusoides*), Moso (*Phyllostachys edulis*) and Susuki (*Miscanthus sinensis*) showed high activity among the herbaceous species. The IC<sub>50</sub>s for the SOD-like activity of the lignin extract of Akamatsu (*Pinus densiflora*) and Moso were 0.0190 and 0.0097 mg/ml, respectively, where the IC<sub>50</sub> value was represented using the total phenolic content. The lignin antioxidants extracted from Moso and Akamatsu had high thermostability. This pretreatment also improved enzymatic hydrolysis of cellulose and hemicellulose for herbaceous species. After enzymatic hydrolysis of the treated samples, the release of glucose from Moso was about 3.5 fold more than the untreated, achieving total sugars of 114.6 mg/g-sample. Pretreatment of Akamatsu with high lignin content did not provide any benefits.

## 2. 報文

### (1) 因島をタイプ産地とする新種海藻セトウチダジアについて

山岸幸正

福山大学内海生物資源研究所報告 (25), 1-2 (2015)

筆者が海藻調査を行っている広島県尾道市因島大浜町八重子島から採集し、2014年に日本藻類学会英文誌に発表した紅藻イギス目ダジア科ダジア属の新種セトウチダジア *Dasya enomotoi* Yamagishi, Masuda et Abe の主な形態的特徴について紹介した。本種は体が長さ 30 cm 以上の大型になり、毛状枝が細く直径 20-30  $\mu\text{m}$  あり、皮層が厚く、断面で周軸細胞が不明瞭で、四分孢子嚢は 5、6 個ずつ作られ、縦に長くならない四分孢子嚢カパーセルを 3 個ずつ持つなどの特徴がある。

### (2) 海洋生物を教材としたアウトリーチプログラムの構築

水上雅晴、河原栄二郎

福山大学内海生物資源研究所報告 (25), 3-25 (2015)

これまでに、筆者らは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を実施し、山間部の小学校や介護老人福祉施設を含む計 4 施設で、学芸員養成課程履修者を中心とした本学科の 4 年生 10 名に対する教育活動を行った。出前水族館では、学生は学内生活だけでは接することのない小学生や要介護者と触れ合うことで、コミュニケーション能力や専門知識の必要性を改めて認識するとともに、それらの向上効果が認められた。さらに、平成 25 年度にも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、山間部の小学校や地域の産業展など計 3 施設で学芸員養成課程を履修する 13 名の 4 年生に対する教育プログラムの構築を図った。これに参加した学生は出前水族館や出張授業等のアウトリーチプログラムを実施する前に、事前学習としてグループディスカッションを積極的に取り入れながら同プログラム内容を立案し、また、同プログラム実施後に事後学習として問題点を取りまとめて整理して改善した同プログラムを構築した。そこで、筆者らはこれまでの活動を基に、平成 26 年度にも本学科で学芸員養成課程を履修する 19 名の 4 年生を 4 グループに分けて同プログラムを実施し、平成 24 年度入学生から適応される改正学芸員養成科目において必須となった学内実習の実施に向け、より教育効果の高いプログラムの構築に努めた。

(3) コウライアカシタビラメ天然魚における左右の不相称性

草加耕司、那須隆文、小倉佳奈、有瀧真人

岡山県農林水産総合センター水産研究所研究報告 (30), 13-16 (2015)

岡山県水産研究所では 1993 年よりコウライアカシタビラメ種苗生産技術の開発に着手し、近年、7.7 万尾の稚魚を生産するなど量産の見通しを得た。しかし、その飼育課程において、他のカレイ目魚類と同様に頭部周辺や体色等の外部形態に異常を呈す種苗が散見され、新たな課題となっている。ヒラメや複数種のカレイ科魚類の形態異常については詳細が観察され、変態期に異体類が獲得する左右不相称の異常であることが示されている。異体類にみられる左右不相称性は、脊椎動物に普遍的な内蔵の左右不相称性に加えて、眼と色素細胞の配置に不相称性がみられるなど、動物界でもっと顕著なものである。異体類の人工種苗について異常性を判定するには、まず前段階として天然魚における左右性を正確に把握した上で、比較検討することが不可欠である。これまでヒラメ、カレイ科魚類の左右不相称性に関する調査例はあるが、ウシノシタ科魚類の知見は乏しく本種についての報告はない。そこで、本研究では漁獲された標本の 8 形質に着目し、コウライアカシタビラメの左右不相称性を観察した。

(4)  $\lambda$ -カラギーナン分解酵素の探索

倉掛昌裕、前野裕紀、地頭俊樹

福山大学生命工学部研究年報 (14), 35-43 (2015)

土壌から、0.5%  $\lambda$ -カラギーナン平板培地を用いて 136 株の  $\lambda$ -カラギーナン分解菌の分離を行った。 $\lambda$ -カラギーナンは高い粘性を有するので、希硫酸で部分分解を行い、分解率 9.9% および 3.13% としたものを液体培地および酵素基質にそれぞれ用いることで、効率良く  $\lambda$ -カラギーナーゼ生産菌のスクリーニングを行うことができた。比較的酵素生産性の高い M-7 (放線菌)、M-8 (放線菌)、T-22 (細菌) および T-83 (かび) 株を選択し、培養・調製した粗酵素を  $\lambda$ -カラギーナンに作用させたところ、M-7、M-8 および T-22 株酵素は 2 および 3 糖類を主に生成し、これらのオリゴ糖は  $\alpha$ -1,4 及び  $\beta$ -1,3 結合を持つ新規性のあるガラクトオリゴ糖であることがわかった。T-83 株酵素では単糖のガラクトースのみが得られた。いずれの菌株酵素も  $\lambda$ -カラギーナンの  $\alpha$ -1,3 および  $\beta$ -1,4 結合を加水分解する酵素系を有しているものであった。しかし、生成還元糖量は 10.0~27.7 mg/g- $\lambda$ -カラギーナンと低かった。 $\lambda$ -カラギーナンのガラクトシル基は硫酸基を有しているが、各酵素によって得られた糖は硫酸基を有さないガラクトオリゴ糖であった。

これは $\lambda$ -カラギーナン直鎖に硫酸基を有さない部分が存在し、それが酵素により分解されたためか、硫酸基を遊離させる他の酵素によるためと推察された。

### 3. 学会発表

#### (1) 広島県因島周辺の流れ藻の構成種と季節変化

山岸幸正、吉浦仁啓、吉本康平、三輪泰彦

日本藻類学会第 39 回大会（福岡）、大会講演要旨集、p. 62（2015-3）

瀬戸内海備後灘に位置する広島県尾道市因島周辺において、流れ藻の構成種および季節変化を明らかにする目的で、2013 年 4 月から 2014 年 12 月まで流れ藻の採集調査を行った。毎月 1~3 回、調査船を用いて浮遊する流れ藻の塊をたも網ですくいで採集し、各塊に含まれる種の同定を行った。2014 年は各種の湿重量 (kg) を測定し、年間および各月における各種の重量割合 (%) を求めた。

本調査の結果、因島周辺から得られた流れ藻は褐藻ホンダワラ科 12 種（ジョロモク、シダモク、ホンダワラ、ヒジキ、アカモク、ノコギリモク、タマハハキモク、ヤツマタモク、マメタワラ、ヨレモク、ウミトラノオ、エンドウモク）、その他緑藻 12 種、褐藻 7 種、紅藻 11 種、アマモ、コアマモなど海草 4 種の合計 46 種であった。2014 年に採集された流れ藻全体において、ホンダワラ科およびアマモが重量割合で大部分（約 97%）を占めていた。その中で割合の高かったものは順にアマモ（35.5%）、アカモク（16.8%）、シダモク（15.1%）、エンドウモク（9.1%）、ヒジキ（6.7%）、ジョロモク（5.5%）であった。ホンダワラ科各種には季節変化が認められ、重量割合でジョロモクは冬（1 月）に多く、アカモクおよびシダモクは 3 月をピーク（それぞれ 37.6%、34.6%）として春に多く、ヒジキは他のホンダワラ科が衰退する 6 月に多くなり（29.9%）、秋（10 月）はヤツマタモクが多くなった（25.0%）。アマモは年間をとおしてみられたが、5 月から 11 月にかけて多く（35.7% 以上）、特に夏は流れ藻のほとんどをアマモが形成しており（8 月 96.3%、9 月 99.8%）、ホンダワラ科が衰退する時期の流れ藻の優占種になっていると考えられる。

#### (2) ニシキゴイに対する過酸化水素浸漬の致死毒性および非特異免疫能に及ぼす影響

中澤なつ子、河原栄二郎

平成 27 年度日本魚病学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 41（2015-3）

【目的】過酸化水素は魚類の外部寄生虫の駆虫剤として利用されている。しかし、

過酸化水素の魚類の生理機能に対する影響についてはほとんど明らかにされていない。本研究では、ニシキゴイに対する過酸化水素浸漬の致死毒性および非特異免疫能に及ぼす影響について検討した。

【方法】供試魚には体重約 31g のニシキゴイを用い水温 15、20 および 25℃で飼育した。過酸化水素は飼育水に濃度が 300、30 および 0ppm になるように調整し、供試魚を収容した。収容後、供試魚の斃死の有無を観察した。なお、実験期間中は無給餌とした。浸漬 7 日後、供試魚から採血して血清を分離し、血中のタンパク質量およびグルコース量を求めた。また、頭腎および腸管を摘出して、頭腎および腸管白血球の殺菌活性は NBT 還元法で調べた。そして、血清の補体活性はウサギ赤血球浮遊液を用いて、溶血率も求めて調べた。さらに血清および後腎のリゾチーム活性はミクロコッカス菌体懸濁液を用いて、溶菌率を求めて調べた。

【結果】過酸化水素浸漬後、いずれの水温でも 300ppm ではすべての供試魚が 1 日後までに斃死した。一方、30ppm では少なくとも 7 日後までは斃死は観察されなかったが、血中のタンパク質量は、水温 15℃では有意に低く、20℃では高く、25℃では低くなった。血中のグルコース量は、水温 15 および 20℃では有意に低く、25℃では低くなった。頭腎白血球の殺菌活性は、水温 15 および 20℃では低く、25℃では有意に低くなった。腸管白血球の殺菌活性は、水温 15℃では高く、20 および 25℃では低くなった。また、血清の溶血補体活性は、いずれの水温でも低くなった。さらに、血清のリゾチーム活性は、水温 15 および 20 では高く、25℃では低くなった。後腎のリゾチーム活性は、水温 15 および 25℃では高く、20℃では低くなった。したがって、過酸化水素浸漬はニシキゴイに対して少なくとも 300ppm 以上の濃度で致死毒性を有すると、また少なくとも 30ppm 以上の濃度で非特異免疫能に影響を及ぼすと推察される。

### (3) 芦田川中流域に設置された二つのダムにおけるアオコの増殖制限要因の違い

藤井啓子、北口博隆、満谷 淳

第 49 回日本水環境学会年会（金沢）、講演集、p.16（2015-3）

広島県東部を流れる芦田川の中流域に約 3 km 離れて設置されている三川ダムと八田原ダムでは、ともに毎年夏季になると *Microcystis* 属シアノバクテリアによるアオコが発生している。ところが、同一河川上の近距離に位置しているにも関わらず両ダムにおけるアオコの発生時期や発生規模には違いがみられる。そこで本研究では、上流側に位置する三川ダムにおいて窒素・リン濃度の季節変動調査とダム湖水を用いた Algal Growth Potential (AGP) 試験の結果から湖水中で *Microcystis* の増殖を制限している要因を推定し、過去に検討した八田原ダムのそれと比較した。

三川ダム表層水では、八田原ダム表層水と比べて、出水後を除き DIN 濃度が低い傾向がみられた一方で、DIP 濃度は同程度であった。すなわち八田原ダム表層水よりも相対的に窒素が少なくリンが多い状況となっていた。AGP 試験からは、八田原ダムではほぼ通年でリンがプライマリーな増殖制限要因となっていると判定されていたが、三川ダムではそれが窒素、あるいは窒素とリンの双方と判定される場合があった。すなわち、三川ダムでは窒素、または窒素とリン両方の新たな流入によってアオコの増殖が促進されるが、八田原ダムではリンのみでもアオコの増殖が促進されると推定された。これらの結果は、両ダムでプライマリーな *Microcystis* の増殖制限要因が異なっている可能性を示しており、そのことが両ダムにおけるアオコ発生状況の違いに繋がっている可能性も考えられる。しかし三川ダムでの調査が単年であることから、次年度以降も継続した調査を実施して再現性の確認を行うとともに、三川ダムの存在が八田原ダムでのアオコ発生に及ぼす影響についても検討していきたいと考えている。

- (4) 赤潮原因藻 *Heterocapsa circularisquama* を殺藻する細菌 EHK-1 株の宿主特異性  
北口博隆、鶴井達郎、丸山一樹、藤井啓子、満谷 淳  
平成 27 年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p.194（2015-3）

殺藻細菌 EHK-1 株は、有害赤潮原因藻 *Heterocapsa circularisquama* を殺滅する細菌として広島県江田島湾から分離された。本菌を利用した有害赤潮対策を検討するにあたり、他の藻類への影響を明らかにしておくことは重要である。本研究では、渦鞭毛藻、ラフィド藻、珪藻に対する EHK-1 株の殺藻効果について検討した。渦鞭毛藻 3 種 (*Alexandrium catenella*, *H. circularisquama*, *Karenia mikimotoi*) ラフィド藻 3 種 (*Chattonella antiqua*, *Fibrocapsa japonica*, *Heterosigma akashiwo*) および珪藻 4 種 (*Chaetoceros didymus*, *Nitzschia closterium*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides*) の培養液に EHK-1 株を  $1 \times 10^7$  cells/ml の密度になるよう接種し、顕微鏡観察により生死判別を行った。また、EHK-1 株の培養ろ液を酢酸エチル抽出した後、ヘキサソールとメタノールで二層分配したメタノール画分を藻類培養液に添加し、生死判別を行った。

【結果】 二者培養実験では、渦鞭毛藻 3 種およびラフィド藻 3 種はすべて 3 日以内に溶藻が観察され、珪藻では多くの細胞で溶藻あるいは細胞内容物の収縮が観察された。EHK-1 株の培養ろ液抽出物では、*A. catenella*, *H. circularisquama*, *C. antiqua*, *F. japonica* では 0.1 mg/mL の濃度で添加した区で溶藻が観察されたが、その他の藻類では 1.0 mg/mL の濃度で添加した区で溶藻あるいは細胞の収縮が観察された。これらの結果から、EHK-1 株は幅広い有害赤潮原因藻の防除に利用できる可能性があるが、高密度で接触させると珪藻にも影響を及ぼすため、包括固定化

担体に包埋して利用するなど、現場への適用にはさらに検討が必要であると考えられた。

- (5) オニヒトデ体腔液に含まれる赤血球凝集素の2、3の生物学的特性およびその分画  
水上雅晴、小倉季人、田淵圭将、河原栄二郎  
平成27年度日本水産学会春季大会(東京)、講演要旨集、p.142 (2015-3)

【目的】演者らは、これまでオニヒトデ体腔液が異種赤血球に対する凝集活性を持ち、その活性は30分間の加熱では完全に失活せず、2-メルカプトエタノールあるいはEDTAの添加により低下し、CaCl<sub>2</sub>の添加により上昇することを明らかにしてきた。そこで本研究では、オニヒトデ体腔液の生物学的特性を明らかにするために凝集活性に及ぼす体腔液の加熱時間、CaCl<sub>2</sub>およびEGTA濃度の影響について調べるとともに、遠心式限外ろ過膜を用いて赤血球凝集素の分子量を推定した。

【方法】オニヒトデの体腔液は注射器を用いてオニヒトデの歩帯溝から採集したのち、4℃で3,000rpm、10分間の遠心分離によって上清を分離し、3~5個体分をプールして使用した。体腔液の凝集活性は、ヒラメ赤血球を用いたマイクロタイター法によって測定し、100℃で30、60および120分の加熱に対する熱安定性およびカルシウム要求性を調べるとともに、遠心限外ろ過膜を用いて凝集素の分子量を推定した。

【結果】オニヒトデ体腔液は、100℃で120分間加熱しても凝集活性が完全に失活しなかった。凝集活性は反応液中に終濃度が0.25~75mMのCaCl<sub>2</sub>を段階的に添加すると濃度依存的に上昇した。また、その活性は同様に終濃度が0.25~2.5mMのEGTAの添加により濃度依存的に阻害された。体腔液を遠心限外ろ過により分画した濃縮液およびろ液の凝集価を比較した結果、凝集価はそれぞれ、分画分子量10,000では1:32および1:16、分画分子量5,000では1:32および1:8であったことから、赤血球凝集素は分子量が5,000から数万程度の熱安定性およびカルシウム依存性のある成分であると推察される。

- (6) カラギーナン分解酵素によるオリゴ糖の生産  
倉掛昌裕、前野裕紀、地頭俊樹  
日本農芸化学会2015年度大会(岡山)、講演要旨集、p.1386 (2015-3)

【目的】カラギーナンは紅藻類海藻から抽出される多糖類で、ガラクトースが $\alpha$ -1,3および $\beta$ -1,4結合した基本構造から成っている。食品添加物としてゲル化剤や増粘多糖類に広く用いられている。このカラギーナンを酵素で加水分解することで付加価値のあるオリゴ糖の生産が可能となる。本研究では、カラギーナン分解菌を

土壌より分離し、生産酵素によるオリゴ糖生成能について調べた。カラギーナンには $\kappa$ 、 $\lambda$ 等のタイプがあるが、ここでは実験操作上、流動性があり強固にゲル化しない $\lambda$ -カラギーナンを実験試料として用いた。

【方法】カラギーナン分解菌の分離には、0.5% $\lambda$ -カラギーナン、1.5%寒天末の平板培地を用い、30°Cで培養を行った。分離菌の液体培養には0.5% $\lambda$ -カラギーナン、0.2%酵母エキスの培地を用い、30°Cで3日間試験管にて振とう培養した。カラギーナン分解活性は、1% $\lambda$ -カラギーナン水溶液0.45mlに培養液上清を0.05ml加え混ぜ、pH5、40°Cにて30分間反応させ、生成還元糖量を3,5-ジニトロサリチル酸法(DNS法)で測定することで求めた。1分間に $1\mu\text{mol}$ のグルコースに相当する還元糖を生成する酵素量を1Uと定義した。酵素反応によりカラギーナンから遊離する糖類の分析にはHPLC(GL-C610カラム;日立化成(株)、キャリアー;水、流速;1.0ml/min、カラム温度:60°C)を用いた。

【結果】土壌からのカラギーナン分解菌の分離の結果、11カ所の採取地より、生育の良いものとして細菌63株、放線菌18株、カビ6株の計87株が得られた。液体培養を行い、酵素活性を測定したところ、3株の菌体の酵素が比較的高活性となった。酵素生産に及ぼす炭素源の影響を調べるため、 $\lambda$ -カラギーナンの他にシクロロース、ガラクトースおよびグルコースを培地に用いて液体培養した。その結果、3株とも $\lambda$ -カラギーナンの炭素源での酵素生産性が最も高くなり、 $\lambda$ -カラギーナンによる酵素誘導性が高いことがわかった。次に酵素活性に及ぼす温度の影響について調べた。反応温度を40、50、60°Cとして酵素活性を測定した結果、いずれの菌でも50°Cで酵素活性値が最大だったことから、50°C付近が最適温度だと考えられた。 $\lambda$ -カラギーナンを基質として、pH5、40°Cで24時間反応させ、生成糖量およびオリゴ糖の生成能について調べた。

#### (7) 細菌由来アルギン酸分解酵素の性質について

倉掛昌裕、岡田 翔、小西瑞希、田村直也、岡崎 敦、清水一亨

日本食品科学工学会 第62回大会(京都)、講演要旨集、p.139(2015-8)

【目的】アルギン酸は、D-マンヌロン酸およびL-グルロン酸が1,4-結合した多糖類であり、コンブやワカメなどの褐藻類に多く含有されている。食品への用途としては、増粘剤、ゲル化剤、人工イクラ等があり、低分子化したものは血清コレステロールの低下効果があり特定健康食品に認可されている。このアルギン酸をさらに低分子化しオリゴ糖まで分解することで新たな機能が期待できる。土壌よりアルギン酸分解菌の探索を行った結果、比較的高活性のアルギン酸分解酵素を生産する*Paenibacillus* sp. S-29株が得られた。ここでは生産酵素の酵素的性質について調べた。

【方法】S-29 株を 1%アルギン酸ナトリウム、1%酵母エキス、液量 3ml (φ18×180mm 試験管) の液体培地に植菌し 150 回/分のレシプロ振盪で 30°C、2 日間前培養した。これを 500ml リム付三角フラスコの同培地液量 100ml にすべて植菌し、150rpm、30°C で 3 日間本培養し、培養液からの酵素の精製を行った。アルギン酸分解活性は、0.9% アルギン酸基質に、pH 8、40°Cにて 30 分間反応させ、生成還元糖を DNS 法 (3,5-ジニトロサリチル酸法) で測定した。1 分間に 1 μmol の還元糖を生成させる酵素量を 1U (ユニット) と定義した。

【結果および考察】岡山県、鳥取県、兵庫県、佐賀県および福山大学校内の土壌よりアルギン酸分解菌のスクリーニングを行った結果、細菌 152 株、放線菌 5 株、カビ 3 株の計 160 株が分離され高活性酵素を生産する S-29 株が得られた。S-29 株のフラスコ液体培養液 5 本分をろ過し、そのろ液中 400ml に 80%飽和になるように硫酸を添加溶解させ蛋白質を塩析させ、粗酵素溶液を調製し、酵素分画に供した。ゲルろ過のセファデックス G-25 カラムでの酵素分画にて高活性のフラクション区分を陰イオン交換クロマトグラフィーのスーパーQ トヨパールカラムに流し酵素の精製を行い、酵素的性質について調べた。

#### (8) 広島県東部海域の松永湾におけるトビハゼの棲息場

横山勇一、阪本憲司、南 卓志

日本魚類学会第 48 回大会 (奈良)、講演要旨集、p. 51 (2015-9)

トビハゼ *Periophthalmus modestus* は準絶滅危惧 (NT) に指定されており、生息域の保全が重要課題となっている。本研究では、広島県東部海域の松永湾 (藤井川) に棲息するトビハゼ個体群について、微細な分布状況や棲息環境に関する知見を得ることを目的とした。調査は 2013 年 8 月から現在まで行っている。藤井川の河口付近を調査地とし、50m 間隔で 10 箇所にて区切った区間①～⑨において毎月 2 回、個体数調査を大、中、小型に区分して、歩きながら数取器を用いて目視で行った。今回調査をおこなった区間は、アシ原を含む区間 (①～④) とアシ原を含まない (⑤～⑨) に大別される。このうち、干潟を歩いて計数を行った区間①～⑥において、各区間ごとの年間の総個体数 (大、中、小型魚全てを含む) を比較すると、2013、2014 年とも区間②で最大となり、500 個体を超えていた (区間⑦～⑨は足場が悪いため、岸から大型魚のみ計数した)。これは、9 月から 11 月にかけて、中型魚の個体数が、区間②においてのみ 3 桁以上であったことによると考えられた。しかし、中型魚以外では、各区間において個体数に差が見られなかった。このことから、発育段階別の棲息場所が季節的に変化していることが示唆された。

#### (9) 広島県東部海域におけるタマガンゾウビラメの体長別、年齢別の産卵期と産卵場の

## 推定

黒瀬智彦、阪本憲司、南 卓志

平成 27 年度日本水産学会秋季大会（仙台）、講演要旨集、p. 20（2015-9）

タマガンゾウビラメは北海道南部以南から九州南部、南シナ海にかけて分布するヒラメ科ガンゾウビラメ属の魚種である。本種は瀬戸内海各地で漁獲されており、特に尾道など広島県東部では「でべら」と呼ばれる干物として親しまれ、漁業上重要な魚種となっている。しかし本種の当海域での資源管理に関わる研究はまだ行われていない。そこで本研究では資源管理を行う上で重要な繁殖に関する項目について、年齢別、体長別の生殖腺重量指数（GSI）の経月変化と天然海域に分布する浮遊卵の出現、分布状況から本種の産卵期と産卵場を明らかにすることを目的とした。2014 年 3 月から 2015 年 6 月にかけて広島県東部海域において底曳き網等により漁獲されたタマガンゾウビラメ 556 個体を用いた。標準体長と体重を測定後、生殖腺と耳石を摘出した。耳石から年齢を査定し、GSI の経月変化を調べた。浮遊卵の採集は 2015 年 4 月 21 日から同年 7 月 3 日の期間に 7 回行った。北原式定量ネット（口径 45 cm、側長 180 cm、目合い 100  $\mu$ m）を用いて 10 分間の表層水平曳きにて得られた卵を用いた。卵は直径約 0.8 mm、油球 1 個という本種の卵の特徴を持つものを選別し、リボソーム RNA 遺伝子の塩基配列を解析することによって本種の卵であることを確認した。GSI は雌雄共に 3 月から 7 月にかけて高い値を示した。雌の GSI 値は 5 月から 6 月にかけて急激に低下したためこの期間が産卵盛期であると推定された。年齢別では 3 歳魚、2 歳魚がまず産卵し、つづいて 1 歳魚が産卵すると推定された。体長別では GSI に明瞭な違いは見られなかった。本種の浮遊卵は 2015 年 4 月 21 日、5 月 11 日、5 月 26 日、6 月 10 日、6 月 16 日に出現した。このことから、本種が当海域において 4 月下旬から 6 月中旬にかけて産卵を行っていることが確認できた。

### (10) メバル複合種群の種間交雑に関する研究

戸田慎平、阪本憲司、南 卓志

平成 27 年度広島めばる研究会（広島）、講演集、p. 4-5（2015-9）

メバルはかつて *Sebastes inermis* という単一種を指すものであったが、形態の計数形質や AFLP 解析によりアカメバル *S. inermis*、クロメバル *S. ventricosus* およびシロメバル *S. cheni* とされ、3 種に分類された (Kai & Nakabo 2008)。しかし、これら 3 種のメバルは同所的に生息していることも珍しくなく、生息地の差異による地理的な隔離は機能していないと考えられる。また、3 種における生殖腺重量指数 (GSI) 値のピークはそれぞれ初期と終期には重なりが見られ、生殖時期の差異も

成立していないと考えられる。さらに、雄の生殖器などの形態的な生殖隔離も機能しておらず、自然環境下で交雑が起こっている可能性がある。そこで本研究では、飼育環境下における自然交配と人工授精による異種間交雑を試み、メバル複合種群3種の交雑の可能性を明らかにすることを目的とした。供試魚として、2013年は広島県尾道市因島周辺海域および広島県呉市音戸町周海域で、2014年は広島県呉市音戸町周海域で採集した個体を用いた。自然交配実験は1t 掛け流し水槽を用いて行い、供試魚の繁殖行動を観察した。人工授精実験は、飼育していた供試魚の中から腹部の膨らみが顕著に見られる雌と性成熟に達して生殖突起が隆起している雄を選定し、3種間において人工授精を行ないその後の受精と仔魚の産仔を観察した。また、親魚と産仔された仔魚との親子関係をマイクロサテライト DNA マーカーを用いて鑑定した。

自然交配実験では、アカメバル♂がアカメバル♀の鼻先へ腹部を近づけ震えるような行動や、メスのそばで身体を弓状に曲げる行動が多数回みられた。しかし、シロメバルやクロメバルではこれらの行動はみられなかった。一方、人工授精実験では異種間であるアカメバル♀×シロメバル♂、およびアカメバル♀×クロメバル♂との組み合わせにおいて受精卵が確認され、とくにアカメバル♀とシロメバル♂との組み合わせにおいて多数の仔魚の産仔が確認された。親魚と産仔された仔魚の親子鑑定を行なった結果、両者にアリの共有が確認でき、雑種第1代の作出が認められた。産仔された仔魚は産仔された当初より遊泳力が強く、シオミズツボワムシやアルテミア幼生を与えると摂餌行動が観察された。アカメバル♀×シロメバル♂、アカメバル♀×クロメバル♂において人工交雑ではあるものの受精と産仔が認められ、自然環境下におけるメバル複合種群の交雑の可能性を示唆するものとなった。本研究において、アカメバル♀×シロメバル♂、アカメバル♀×クロメバル♂の人工授精において雑種第1代が作出でき、その後の生育も確認されたことから、メバル複合種群は互いに交配が可能であることが明らかとなった。

(11) 愛媛県大三島および大島におけるメバル複合種群の遺伝的集団構造

奥谷健太、阪本憲司、南 卓志

平成27年度広島めばる研究会（広島）、講演要旨集、p.10-11（2015-9）

メバルは瀬戸内海において主要な漁業資源であるとともに、遊漁者からの人気も根強く、経済的価値の非常に高い魚である。広島県では、減少傾向にある本種の漁獲量を回復させるべく、2006年の53万尾をはじめ、年間30万尾前後の種苗放流を行い、資源の増大を図ってきた。一方、種苗放流は天然遺伝資源に負のインパクトを与える可能性もあるため、天然魚の多様性評価および継続したモニタリングは不可欠である。そこで本研究では、愛媛県大三島および大島産のメバル複合種群に注目

し、多くの遺伝変異を有するミトコンドリア DNA の調節領域から遺伝的多様性を評価した。供試魚には 2014 年 5 月 28 日から 9 月 29 日に釣獲にて採集された、愛媛県大三島 125 個体および大島 109 個体の計 234 個体を用いた (図 1)。供試魚を計数形質により 3 種に分類し、ミトコンドリア DNA D-loop 領域の前半部 401bp の塩基配列を解読した。アライメント後、フリーソフトを用いて種内の遺伝的多様性 (ハプロタイプ数, ハプロタイプ多様度, 塩基多様度) を求めた。全 234 個体 (アカメバル 43 個体、クロメバル 80 個体、シロメバル 111 個体) から塩基配列が決定され、得られたハプロタイプ数はアカメバル 26 個、クロメバル 49 個、シロメバル 59 個であった。ハプロタイプ多様度および塩基多様度は、アカメバルにおいて 0.840 および 0.010, クロメバルにおいて 0.970 および 0.012, シロメバルにおいて 0.954 および 0.009 となった。これらは Kai et al. (2002) にて報告されたアカメバル 0.92 および 0.017, クロメバル 0.99 および 0.013, シロメバル 0.98 および 0.007 と同等の値であった。また、マダイ, クロガシラガレイ, マツカワ, ホシガレイ, 本種と同属別種であるクロソイ, ウスメバル, トゴットメバル, ハツメと比較しても同等かそれ以上の値であった (表 1)。これらのことから、当海域におけるメバル複合種群は、遺伝的多様性の面における健全性は保たれていることが示唆された。

#### (12) コウライアカシタビラメにおける鱗の左右不相称性

有瀧真人、小倉佳奈、南 卓志

平成 27 年度 日本水産学会秋季大会 (仙台)、講演要旨集、p. 10 (2015-9)

異体類の左右不相称性はこのグループの大きな特徴であり全身の様々な部位、器官で発現する。ウシノシタ類でも眼位や体色の他に、鱗で左右の形態に差異のあることが報告されているが、詳細について検討されたことはない。今回、コウライアカシタビラメの鱗について観察を行い、左右不相称性を明らかにしたので報告する。用いた標本は、2014 年に広島県因島周辺海域で漁獲されたコウライアカシタビラメ 4 個体 (TL293±2.4mm) である。観察は左右の体格部をそれぞれ 17 カ所 (頭部、鰓蓋部、背部、中央部、腹部に区分し、背部、中央部、腹部については前方から後方に向けさらに 5 つに細分)、合計 34 カ所に区画し、各 5 枚の鱗を採取して行った。観察項目は、円鱗・楕鱗の区分、鱗のサイズ、鱗の棘の長さ及び本数である。無眼側は頭部及び腹部の 2 カ所を除く 14 カ所で円鱗が発現していたが、有眼側は鰓蓋部のみ認められた。棘のサイズは、明らかに有眼側よりも無眼側の方が小さかった。また、棘の本数も無眼側で少ない傾向が顕著であった。一方、これら鱗における左右不相称性は部位によって発現の程度に差異があり、頭部や背部と体の中央部や腹部で異なる傾向が見られた。今後は、飼育魚を用いて本種の鱗の発達過程を明らかにするとともに、イヌノシタ等近縁種と比較し、ウシノシタ類における左右性の発

現を鱗から検討していく予定である。

(13) 種子島における早期ブリ人工種苗の中間育成について

堀田卓朗、吉田一範、中川雅弘、野田 勉、水落裕貴、青野英明、津崎龍雄、島 康洋、有瀧真人、松尾 齊

平成 27 年度 日本水産学会秋季大会（仙台）、講演要旨集、p.31（2015-9）

発表者らはブリ養殖における経営安定化のために、早期に出荷可能な大型の人工種苗（早期種苗）を供給する技術開発を行っている。早期種苗の生産は一定サイズ以上になると陸上水槽の収容能力等の問題から、海面での育成が必要となる。しかし、育成開始時期である 1 月における一般的なブリ養殖場の海水温は本種が成長可能な 18℃を大きく下回る。そこで中間育成場の候補地として鹿児島県種子島を選定し、2012~2014 年に育成試験を試みたので、その結果を報告する。西水研五島庁舎において 2012、2013、2014 年に生産された早期種苗 6 ロット（平均全長 5~13cm）を活魚船および活魚トラックにて鹿児島県熊毛郡南種子町島間港に設置した海面小割生簀へ輸送し、育成試験を行った。試験は 1 月下旬から 5 月に実施した。定期的に全長および体重を測定すると共に天然種苗とのサイズの比較を行った。各年の平均水温は、2012 年が 20.0℃（17.0~24.1）、2013 年は 21.1℃（16.0~23.6）、2014 年は 20.3℃（17.5~25.2）であった。何れのロットも早期種苗は停滞することなく成長し、生残率は 97~99%であった。4 月中旬時点で早期種苗は平均全長 17~21cm、60~110g に達し、天然種苗（最大群でも 12cm、20g）よりも大型化することができた。

(14) ブリ人工種苗における形態異常の発生状況について

堀田卓朗、吉田一範、中川雅弘、野田 勉、水落裕貴、青野英明、津崎龍雄、島 康洋、原田悠生、豊田陽子、柳田忠大、有瀧真人

平成 27 年度 日本水産学会秋季大会（仙台）、講演要旨集、p.31（2015-9）

現在のブリ人工種苗に見られる形態異常は口部の歪み、両顎の不整合、頭部陥没が 90%以上を占めており、これらの異常に関連する骨格の確認を行った。また、特に発生頻度の高い口部の骨格異常の発現時期について検討した。人工種苗は平成 23 年度に西水研五島庁舎において生産したものをを用いた。異常に関連する骨格の確認は飼育 31、44 日齢（平均全長 20、46mm）について目視により正常、口部の歪み、両顎の不整合、頭部陥没にタイプ分けしたものと天然種苗（同 49mm）を硬骨染色および透明化処理を施し、前上顎骨、主上顎骨、歯骨、角骨、神経頭蓋の形状を観察した。骨格異常の発現時期の確認は、飼育 5、8、10、15、20、25 日齢について軟

骨・硬骨染色を施し、上・下顎の骨格を観察した。正常タイプの前上顎骨、歯骨は、何れも左右の相対比に差は無く、天然種苗と同様であった。一方、口部の歪みは左右いずれかの前上顎骨、主上顎骨、歯骨、角骨が歪むもしくは短かった。両顎の不整合は歯骨、角骨が正常魚よりも小さかった。頭部陥没は前頭骨の前方もしくは前頭骨の側辺が陥没していた。口部の骨格異常は、8日齢と骨格形成のごく初期の時点で上顎に歪み、発育不全が確認され、その症状は発育、成長が進むごとに顕著になる傾向が認められた。

(15) 魚類人工種苗に発現する形態異常とは何か？

豊村晃丞、有瀧真人

平成 27 年度 日本水産学会秋季大会（仙台）、講演要旨集、p. 73 (2015-9)

魚類の増養殖では人工種苗の利活用が一般的になる中、現在も形態異常が大きな問題となり経済性や効率性を低下させている。鰻の形成不全により発現する脊椎骨上湾症や、異体類の変態異常等一部の形態異常については、発現の機序や防除策が確立されている。しかし、多くの形態異常については検討が不十分であるものが多い。そこで、我々はブリ、アカアマダイ、シロギス、キジハタ、ギンブナなど様々な分類群、生態的特性を持った魚種をモデルに“形態異常とは何か”を検討する。本研究では、1) モデルとした魚種においてどの部位に、どのような異常が発現するかを把握し類別する。2) 類別化した形態異常の骨格を詳細に観察し、その要因を明らかにする。3) 骨格系の形成過程を観察するとともに、いつ形態異常が発現するのかを検討する。4) 得られたデータを用いて、各魚種における形態異常の類似性や魚種特異性を明らかにし、人工種苗に発現する形態異常について議論する。マダイやブリでは鰻の有無が脊椎骨の異常に非常に大きく関わっていることが明らかにされている。また、異体類では仔稚魚の発育と形態異常発現に大きな関係性のあることが示唆されている。本研究は、緒に就いたばかりであるが、上記の既存知見を元に発育の“健全性”と形態異常の発現について明らかにしていく予定である。また、これまでに得られたデータから、卵質やふ化直後のごく初期の飼育状態が形態異常に影響している可能性が示されており、親魚の状態や卵質についても検討していきたい。

(16) Daily and seasonal activity patterns of horseshoe crabs in the Kasaoka bay estuary, Seto-Inland Sea, Japan

Shinichi Watanabe, Satoshi Morinobu, and Norimichi Souji

The 3rd International Workshop on the Science and Conservation of Horseshoe Crabs, Sasebo, Japan, Abstract 0-13 (2015-6)

The purpose of our study is to determine activity patterns of the horseshoe crab *Tachypleus tridentatus* in the Kasaoka bay estuary, Seto-Inland Sea, Japan and then seek an understanding of the processes that give rise to these patterns. To investigate the daily activity patterns, crabs with attached acceleration data-loggers were exposed under two conditions: 1) light-dark and tidal cycles and 2) light-dark cycles during the mating season. Daily activity patterns and relationships with light or tidal cycles were investigated. Results showed that the crabs expressed both circadian (ca. 24-h cycle) and circatidal (ca. 12.4-h cycle) activity rhythms under light and tidal cycles. The animals expressed circadian activity were strictly nocturnal and started moving during high tide at night. When exposed to 'light only' conditions, although crabs also expressed circadian activity rhythms, such activity did not synchronize with light-dark cycles. To investigate seasonal activity patterns, crabs with attached ultrasonic transmitters and depth-temperature data-loggers were released in the field and their movement patterns were investigated. Most crabs stayed in the bay estuary during the mating season from June to September, after which period most of these animals subsequently moved out of the bay. Eight crabs were recaptured out of the bay released after 69 to 715 days. The data recorded for 8.8 years in total showed crabs were active until water temperature dropped to 18°C in late October to November, after which it remained dormant over winter at shallow depth (<10 m) near the bay mouth. These findings show that activities of horseshoe crabs are strongly influenced by both daily cycles of light and tides and the seasonal cycle of water temperature.

(17) 外洋性海鳥の体サイズの種内地理変異

山本誉士、河野裕美、水谷 晃、依田 憲、松本祥子、河邊 玲、渡辺伸一、岡奈理子、佐藤克文、山本麻希、須川 恒、狩野清貴、塩見こずえ、米原善成、高橋晃周

日本鳥学会 2015 年大会（神戸）、講演要旨集、p. 102（2015-9）

一般に、動物の体の大きさは寒い高緯度域では大きく、暖かい低緯度域では小さい。このような地理変異は、ベルグマンの法則として知られる。体の大きさの地理変異の適応的意義は、主に体温維持機能として説明される。ベルグマンの法則はこれまで様々な陸上動物で証明されてきた。一方、海洋動物ではいくつかの繁殖地間で体サイズが異なることが報告されているが、繁殖分布を縦断して種内変異傾向を調べた研究はほとんどない。そこで、本研究では外洋性海鳥であるオオミズナギドリの

体サイズの種内変異を調べ、それがベルグマンの法則で説明できるか検討した。野外調査は 2006–2013 年にかけて 8 つの繁殖地で実施した(北から、船越大島、三貫島、粟島、冠島、御蔵島、宇和島、男女群島、仲ノ神島)。各繁殖地において、ノギスとものさしを用いて、合計で 454 羽の外部計測をおこなった(露出嘴峰長、鼻孔前端嘴高、全頭長、翼長、ふしよ長)。性別は鳴き声から判断した。主成分分析により体サイズ指標を求め、性別間および繁殖地間で第一主成分を比較した。さらに、体サイズと各繁殖地の緯度・経度・気温(1981–2010 年 7–9 月平均)の相関を調べた。全ての繁殖地において、オスはメスよりも大きかった。オオミズナギドリの体サイズの地理変異は、緯度および経度と正の相関を示し、気温とは負の相関を示した(下図)。緯度と経度は気温と高い相関を示したことから( $r < -0.89$ )、オオミズナギドリの体サイズの地理変異傾向はベルグマンの法則に従う。一方、体サイズを各繁殖地間で比較すると、いくつかの個体群では低緯度に位置する繁殖地よりも体サイズが小さい傾向が見られた(e.g. 御蔵島)。海鳥では、採餌行動に関連した形態的特徴の差異が報告されている(e.g. 翼面荷重)。本研究により、外洋性海鳥であるオオミズナギドリの体の大きさの繁殖地間差は、全体的にベルグマンの法則に従うが、各繁殖地が位置する海洋環境と関連した採餌行動の特徴が体サイズに影響している可能性が示唆された。

(18) 瀬戸内海におけるオオミズナギドリ *Calonectris leucomelas* の繁殖成功率に影響を与える要因とは？

上田健悟、渡辺伸一、飯田智彦

日本鳥学会 2015 年大会(神戸)、講演要旨集、p.141 (2015–9)

オオミズナギドリは、日本近海の離島で繁殖する海鳥である。6 月中に 1 つの卵を産み、その後、雌雄が交代で抱卵する。8 月中に卵が孵ると雌雄が交代で給餌する。本種の繁殖地は、外洋に面した場所にあるのがふつうだが、2009 年に瀬戸内海では唯一、山口県上関町宇和島で本種の繁殖が確認された。その後、2010 年から 2015 年現在まで、繁殖状況が定期的にモニタリングされている。瀬戸内海唯一の繁殖コロニーである宇和島の個体群は、本種の生態を知る上で大変貴重である。しかし、これまでの結果から繁殖巣数が 50 巣未満と極めて少なく、繁殖成功率も他の繁殖地と比べて低いことが示されている。

本研究では、巣内を定期的に観察し、卵または雛の消失が繁殖期間中のどの時期に生じるかを調べた。つぎに、卵または雛の消失が捕食により(仮説 1)、または親鳥の給餌頻度の低下により(仮説 2)生じたと仮定した。仮説 1 の検証として、3 月(求愛期)から 11 月(雛の巣立ち後)まで、巣の入り口にセンサーカメラを設

置して、潜在的な捕食者の撮影頻度を調べ、その季節変化を卵および雛の消失時期と比較した。仮説2の検証として、育雛中の親鳥に着水センサー付きデータロガーを装着して、帰巣状況を記録した。データロガーは翌年の抱卵期から育雛期に回収して、帰巣頻度（帰巣日数／記録日数）を繁殖成功親と失敗親間で抱卵・育雛初期（孵化後25日まで）・中期（孵化後26～50日まで）・後期（孵化後51日以降）のそれぞれで比較した。

卵または雛の消失は、抱卵期から育雛初期までに多く、中期以降の消失は少なかった。また、繁殖成功率（巣立ち率）は50～69%と年間で大きく差が見られた。卵または雛の潜在的な捕食者として撮影されたのは、ハシブトガラスとシマヘビだけだった。カラスは3～8月まで確認され、7月に撮影頻度は高く、それ以外の月で低かった。シマヘビは、5～10月まで確認されたが撮影頻度は低く、季節的な増加はみられなかった。また、親鳥の帰巣頻度は、すべての時期間で繁殖成功親と失敗親で有意な差は見られなかった。

潜在的な捕食者として、ハシブトガラスとシマヘビが確認された。カラスが卵や雛を捕食した映像は撮影されていないが、鳥類に食べられた卵がコロニー内で発見されることは多い。実際、抱卵期である7月にカラスの撮影頻度が高いことから、カラスが卵を捕食している可能性が考えられる。しかし、育雛期中の撮影頻度は低かったことから、雛の捕食への影響は小さいと考えられる。他の捕食者としてシマヘビが撮影されたが、その撮影頻度は低く、季節変化も見られなかった。小型のシマヘビがオオミズナギドリの卵や雛を捕食することは考えにくく、捕食の影響は小さいと考えられる。また、親鳥の帰巣頻度は繁殖成功親と失敗親で差は見られなかった。本研究では、帰巣頻度を調べ、それが雛への給餌量を反映すると仮定したが、それらに相関があるかの検証はできていない。よって、雛の生存率と給餌量との関係を調べる必要があるだろう。また、繁殖成功率や雛の消失時期が年間で大きく差が見られた。今後、採餌環境の変化なども比較することで繁殖成功率の年間の比較についても考察していきたい。

#### (19) 外洋性海鳥の体サイズの種内地理変異

山本誉士、河野裕美、水谷 晃、依田 憲、松本祥子、河邊 玲、渡辺伸一、岡奈理子、佐藤克文、山本麻希、須川 恒、狩野清貴、塩見こずえ、米原善成、高橋晃周

日本動物行動学会 2015 年度大会（東京）、講演要旨集、p. 41（2015-11）

一般に動物の体は寒い高緯度域では大きく、暖かい低緯度域では小さい（ベルグマンの法則）。本研究では外洋性海鳥であるオオミズナギドリの体サイズの種内変異

を調べ、それがベルグマンの法則で説明できるか検討した。繁殖分布域の北限から南限にかけて 8 カ所の繁殖地で外部計測をおこなった。主成分分析により体サイズ指標を求め、性別間および繁殖地間で比較した。さらに、体サイズと各繁殖地の緯度・経度・気温の相関を調べた。オオミズナギドリの体サイズの地理変異は、緯度および経度と正の相関を、そして気温とは負の相関を示し、ベルグマンの法則に従っていた。一方、体サイズを各繁殖地間で比較すると、いくつかの個体群では低緯度に位置する繁殖地よりも小さい傾向が見られた。海鳥では、採餌行動が形態的特徴に影響することが報告されている。本研究により、外洋性海鳥であるオオミズナギドリの体の大きさの繁殖地間差は全体的にベルグマンの法則に従うが、各繁殖地が位置する海洋環境と関連した採餌行動の特徴が体サイズに影響している可能性を示唆された。

(20) Use of small fish resources caught by bottom trawl fisheries in Seto Inland Sea, Japan

Takashi Minami

The 26<sup>th</sup> Japan, China and Korea Fisheries Scientist Conference, Beijing, China, Abstract, p. 3-5 (2015-11)

Indigenous use of local fish resources in Seto Inland Sea, Japan were reviewed. Marketable fish species caught by coastal fisheries are Anchovy, Sardine, Red sea bream, flounders, Horse mackerel, Mackerel, Sand eel, Spanish mackerel, Ribbon fish, Tiger puffer, squids and shrimps. By-catch species are Japanese scaled sardin (*Sardinella zunasi*), Multicolorfin rainbowfish (*Harichoeres poecilopterus*), Verticalstriped cardinalfish (*Apogon lineatus*), Fivespot flounder (*Pseudorhombus pentophthalmus*), Tongue sole, Discard-fish species are Gummy shark (*Mustelus manazo*), Japanese stingray (*Dasyatis akajei*), Shortfin lizardfish (*Saurida elongata*), Spotted flathead (*Cociella crocodile*), Yellowspotted bandfish (*Acanthocephala krusensternii*). Indigenous use of local fish resources around Hiroshima Prefecture are introduced such as Fivespotflounder (*Pseudorhombus pentoophthalmus*), *Apogon leneatus*, Belted beard grunt (*Hapalogenys mucronatus*) and Tonguefish. Some problems on exploiting the local fish resources are pointed; Data on biological characteristics and stock assessment are insufficient.

(21) 地域博物館関係者の学び場「博 Mono 塾」の運営

高田浩二

平成 28 年度日本動物園水族館教育研究会(沖縄)、講演要旨集、p. 33 (2015-12)

水族館・動物園は昭和 26 年の博物館法制定時から博物館の 1 つとして位置づけられ、主に自然科学分野の資料を収集、保管（育成を含む）、展示、調査、研究、教育などを行うとされてきた。しかし一方で、動物園水族館の設置者運営者は、公立水族館では教育委員会所属が散見するが、動物園の多くは公園や建設部局に所管され、また民営においてはレクレーション機能を重点にした娯楽やレジャー施設として扱われてきたことも一因し、博物館的な活動は十分でなく他の博物館（美術館、歴史博物館、科学館、自然史博物館等）とはやや隔絶されてきたことも否めない。そこで演者は、水族館に勤務している 40 年の間を通して、水族館や動物園が他の博物館と同一の機能や役割をもつことを、一般の人々だけでなく他の博物館の職員相互にも広く認知させ、より高い意識をもつことを目的に、博物館の異業種連携に積極的に取り組んできた。それらは、合同企画展や共同での教材開発、教育プログラム実践など様々であったが、今回は、個人として地域の博物館仲間や博物館に関心を寄せる人々が自由に集まる学びの場「博 Mono 塾」を、平成 23 年 4 月より 3 か年に渡って、福岡市にある喫茶店「箱崎水族館喫茶室」で主宰してきたので、その実施概要や成果、今後の展望などについて報告する。

- (22) ランチュウの *Aeromonas veronii* 感染症に対するファージ療法の有用性  
河原栄二郎、林 諒紀  
平成 27 年度日本水産学会中国・四国支部例会（高松）、講演要旨集、p. 4 (2016-10)
- (23) ニシキゴイの非特異免疫能に及ぼす水温と過酸化水素浸漬の影響  
中澤なつ子、河原栄二郎  
平成 27 年度日本水産学会中国・四国支部例会（高松）、講演要旨集、p. 5 (2016-10)
- (24) ナマズに対するローズバツエキスの免疫賦活効果  
河原栄二郎、北嶋 駿  
平成 27 年度日本水産学会中国・四国支部例会（高松）、講演要旨集、p. 9 (2016-10)

## B. 総説

## C. 著書

- (1) Ecological flexibility of the top predator in an island ecosystem: the Iriomote cat changes feeding patterns in relation to prey availability

Shinichi Watanabe

In *Biodiversity in Ecosystems – Linking Structure and Function*, Juan A. Blanco ed., pp. 353–381, In Tech d.o.o., Rijeka, Croatia (2015)

- (2) 野生動物は何を見ているのか バイオロギング奮闘記  
佐藤克文、青木かがり、中村乙水、渡辺伸一  
丸善プラネット社、東京、197 pp. (2015)
- (3) 観光資源としての博物館、第2章 博物館の種類 12. 水族館  
高田浩二  
中村 浩、青木 豊 編緒、芙蓉書房出版、東京、p.94–99 (2015)
- (4) ミュージアムマネジメント学事典、第II部 実践研究 第1章 人材・組織 5.  
水族館  
高田浩二  
日本ミュージアムマネジメント学会事典編集委員会編、日本ミュージアムマネー  
ジメント学会、東京、p.100–105 (2015)
- (5) 魚類の初期生活史  
望岡典隆、木下 泉、南 卓志  
恒星社厚生閣、東京、147 pp. (2015)

## D. その他

- (1) 漁業現場と種苗生産機関、行政、研究機関が連携“育て・ふやす”宮崎県地域栽培漁業推進協議会の挑戦  
有瀧真人  
豊かな海、35、52–56 (2015–3)
- (2) 第7次栽培漁業基本方針をこう受け止める–栽培漁業を今一度考える–  
有瀧真人  
豊かな海、36、34–35 (2015–7)
- (3) 博物館展示報告 笠岡市立カブトガニ博物館 特別陳列展  
追跡、カブトガニを追え！展 ?ハイテク機器で明らかになったカブトガニの謎?

渡辺伸一

バイオロギング研究会会報 (105), 7-9 (2015)

- (4) 新刊の案内: 『野生動物は何を見ているのか: バイオロギング奮闘記』

渡辺伸一

バイオロギング研究会会報 (112), 4 (2015)

- (5) 第3回カブトガニ国際ワークショップ: カブトガニの科学と保護に参加 (そしてポ  
ルネオ調査へ)

渡辺伸一

バイオロギング研究会会報 (114), 4-5 (2015)

- (6) 山口県上関町宇和島におけるカラスバトの鳴き声の季節変化

稲野 碧、渡辺伸一

関の自然を守る会編 宇和島カラスバト調査報告書、p. 4-7 (2015)

- (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

愛媛県西条市カブトガニフェスティバル講演会 (愛媛県西条市)、(2015-10)

- (8) 異業種博物館が連携した教育プログラム (九州モデルを基に)

高田浩二、三宅基弘、三島美佐子、緒方 泉、西嶋昭二郎、坂倉真衣

全日本博物館学会博物館教育研究会、学会ニュース No. 110、 p. 15-16 (2015)

- (9) 水産用イソジン液の海産白点虫に対する殺虫効果および各種海産生物に対する致  
死毒性

水上雅晴

平成 27 年度瀬戸内海・四国ブロック魚病検討会 (広島)、(2015-10)