

海洋生物科学科 2012 年研究業績

A. 研究発表

1. 論文

- (1) Inter-colony differences in the incubation pattern of streaked shearwaters in relation to the local marine environment

Takashi Yamamoto, Akinori Takahashi, Nariko Oka, Masaki Shirai, Maki Yamamoto, Nobuhiro Katsumata, Katsufumi Sato, Shinichi Watanabe, and Philip N. Trathan

Waterbirds, **35**, 248–259 (2012)

Foraging trip duration of breeding seabirds is affected by characteristics of available feeding habitat in the marine environment, which may, in turn, generate inter-colony difference in the patterns of nest attendance. Here, nest attendance patterns and foraging areas of Streaked Shearwaters (*Calonectris leucomelas*) during their incubation period were examined using global location sensors. The study was conducted at Sangan (SI) and Mikura Islands (MI) in the northwestern Pacific, and Awa Island (AI) in the Japan Sea during 2006–2009. The duration of incubation shifts showed significant inter-colony difference, but no sex-related difference. Shearwaters from SI had shorter mean incubation shifts (5.6 days on average; range 3.0–8.0 days) than those from MI (7.2 days; range 4.8–10.7 days) and AI (6.9 days; range 6.0–9.7 days). During the incubation period, SI and MI shearwaters foraged in the northwestern Pacific's Kuroshio-Oyashio transition area, while shearwaters from AI mostly foraged in the Japan Sea. The Northwestern Pacific represents a high-productivity zone, and SI shearwaters appeared to forage in these waters, where foraging efficiency is potentially high, leading to shorter incubation shifts. Also, although MI shearwaters foraged in the northwestern Pacific, the distance between their colony and foraging areas was greater (645 km on average; range 546–756 km), compared to SI (272 km; range 244–297 km) and AI birds (228 km; range 75–518 km). In this study, inter-colony differences in incubation shift length of Streaked Shearwaters appeared to be related to differences in foraging areas associated with the local marine environment.

- (2) Activity time budget during foraging trip of emperor penguins
Shinichi Watanabe, Katsufumi Sato, and Paul J. Ponganis
PlosONE, **7**, e50357 (2012)

We developed an automated method using depth and one axis of body acceleration data recorded by animal-borne data loggers to identify activities of penguins over long-term deployments. Using this technique, we evaluated the activity time budget of emperor penguins (n=10) both in water and on sea ice during foraging trips in chick-rearing season. During the foraging trips, emperor penguins alternated dive bouts (4.8 ± 4.5 h) and rest periods on sea ice (2.5 ± 2.3 h). After recorder deployment and release near the colony, the birds spent $17.9 \pm 8.4\%$ of their time traveling until they reached the ice edge. Once at the ice edge, they stayed there more than 4 hours before the first dive. After the first dive, the mean proportions of time spent on the ice and in water were $30.8 \pm 7.4\%$ and $69.2 \pm 7.4\%$, respectively. When in the water, they spent $67.9 \pm 3.1\%$ of time making dives deeper than 5 m. Dive activity had no typical diurnal pattern for individual birds. While in the water between dives, the birds had short resting periods (1.2 ± 1.7 min) and periods of swimming at depths shallower than 5 m (0.25 ± 0.38 min). When the birds were on the ice, they primarily used time for resting ($90.3 \pm 4.1\%$ of time) and spent only $9.7 \pm 4.1\%$ of time traveling. Thus, it appears that, during foraging trips at sea, emperor penguins traveled during dives >5 m depth, and that sea ice was primarily used for resting. Sea ice probably provides refuge from natural predators such as leopard seals. We also suggest that 24 hours of sunlight and the cycling of dive bouts with short rest periods on sea ice allow emperor penguins to dive continuously throughout the day during foraging trips to sea.

- (3) Phenotypic correlations of high water and low water temperature tolerance with sea water tolerance in clonal silver crucian carp *Carassius langsdorfii*
Kenji Sakamoto, and Nobuhiko Taniguchi
J. Fish Gene. Breed. Sci., **42**, 21–24 (2012)

Phenotypic correlations of high water and low water temperature tolerance with sea water tolerance were estimated using eight or ten clonal lines of silver crucian carp *Carassius langsdorfii*. Juvenile fish were exposed to high water temperature stress at 36°C , low water temperature stress at 4°C or sea water stress at 20‰, and the survival times (minutes after start) were recorded in each treat groups. Significant positive phenotypic correlation between high water temperature tolerance values and sea water tolerance was

observed. No significant phenotypic correlations between high water and low water temperature tolerance were observed.

- (4) Relationship between oxygen consumption, growth and survival of larval fish
Aki Miyashima, Tomonari Kotani, Hirohito Tawa, and Hiroshi Fushimi
Aquacult. Res., **43**, 679-687 (2012)

This work aimed to evaluate the relationship between morphological development, oxygen consumption and reduced mortality in larval fish. We measured the resting metabolic rate (RM), specific metabolic rate (SMR) and the change in the total length during the larval stage of four fish species. Resting metabolism decreased from hatching to mouth opening, and then increased after mouth opening. The changes in the SMR were variable during the larval stage. After hatching, there was no increase in SMR in yolk-sac larvae. However, SMR increased between mouth opening and the onset of notochord flexion and then decreased during notochord flexion before finally stabilizing. We observed two peaks in mortality during the larval period of all species: between mouth opening to the onset of notochord flexion and from the completion of notochord flexion to the juvenile stage based on the per cent mortality and the number of dead fish collected from the bottom of the rearing tank. Interestingly, the changes in SMR coincided with these periods of mortality. We hypothesize that larvae require more energy during these periods of larval development and are thus more susceptible to mortality when energy is insufficient. Thus, it is important to supply enough nutrition to larvae in during early development to prevent mass larval mortality.

2. 報文

- (1) A Morphological and Molecular Study on the Gracilariaceae (Gracilariales, Rhodophyta) around the Hakata Bay, Northern Kyushu, Japan
Narongrit Muangmai, Yukimasa Yamagishi, Ryuta Terada, and Shigeo Kawaguchi
Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University, **57**, 411-420 (2012)

Detailed morphological study on the plants of the Gracilariaceae around the Hakata Bay, northern Kyushu, Japan revealed that five species of the family were recognizable in this

area. According to the previous description, they were assignable to *Gracilaria chorda*, *G. cuneifolia*, *G. parvispora*, *G. textorii* and *G. vermiculophylla*. Of these, only *G. chorda* was separated from the other four species by its lack of spermatangial cavities and nutrient tubular cells in cystocarps. As *rbcL* gene sequence analyses and the resultant phylogenetic trees (maximum parsimony, maximum likelihood, Bayesian inference) support this distinction, the four species were retained in the genus *Gracilaria* while *G. chorda* was considered to belong to *Gracilariopsis*, a genus that consists of species with superficial spermatangia and without nutrient tubular cells. In our phylogenetic trees, *G. vermiculophylla* was recovered as a basal species to all other *Gracilaria* species, which were positioned in the same evolutionary lineage. Interestingly, our specimens of *G. vermiculophylla* showed a mixture of spermatangial conceptacles, monocavities (the verrucosa type) and multicavities (the polycarverna type) on the same blade. However, the multicavities conceptacle is a major character of other genus *Hydropuntia* within the Gracilariaceae. Further studies are thus necessary to clarify the relationship among these genera and to establish a better classification system of the family.

(2) 日本海の中深層底棲魚に捕食されたズワイガニ属幼生と稚ガニの水深分布について

小西光一、養松郁子、廣瀬太郎、南 卓志

日本水産学会誌, 78, 976-978 (2012)

深海性の産業重要種であるベニズワイは、その資源管理のために生活史の解明が重要である。とくに生活史初期のゾエア、メガロパ幼生の発育や分布については、第6齢期以降については断片的な知見が得られているが、変態・底着期前後の個体はトロールや桁網などの採集器具では採集が困難なためこれらの齢期の採集数は少なく、生態の情報がほとんど得られていない。本研究では、日本海で採集された中深層底棲魚の胃内容物中からズワイガニ属の稚ガニを検出し、それらの形態による種判別と齢期の判別を行なった。底棲魚類が採集されたのは、日本海の青森沖、秋田沖、大和堆、上越沖、能登半島沖、隠岐島西方の6地点で、桁網により水深400~1500 mの範囲で漁獲したアゴゲンゲ、アシナガゲンゲ、クロゲンゲ、キタノクロゲンゲ、タナカゲンゲ、ガンコ、ソウハチ、ドブカスベ、ヤマトコブシカジカの胃内容物を分析した。それらのうちアゴゲンゲ、キタノクロゲンゲおよびヤマトコブシカジカからズワイガニ属のメガロパを分収した。水深別にみると、900 mまではズワイガニとベニズワイガニの両種の稚ガニが発見されたが、これより深い水深帯から採集された魚類の胃内容物からはベニズワイガニの

みが検出された。メガロパについては水深 450 m 前後でズワイガニとベニズワイガニの両種が、これより深い 700~1000 m 前後でベニズワイガニが検出された。

(3) 広島県尾道市因島大浜町の干潟におけるアサリ殻長組成の季節変化

北口博隆、藤井啓子、満谷 淳

福山大学生命工学部研究年報, (11), 35-43 (2012)

福山大学因島キャンパスが立地する大浜地区の干潟は、現在ではアサリが取れなくなったため潮干狩りがほとんど行われていない。福山大学生命工学部海洋生物科学科では、漁業組合や住民とともに、アサリ資源の回復を目指した活動を 2007 年度から開始した。その一環として、2007 年、2008 年には因島漁業組合から提供されたアサリを、地元区長会および福山大学が協力して放流した。本研究では 2007 年度には放流したアサリの一部を干潟内に設置したカゴ内に収容して生残および成長を検討し、2008 年度および 2009 年度には干潟に 5 定点を設けて定期的にアサリを採取して殻長組成の季節変化を調査した。その結果、放流したアサリは保護策を講じなければ 1 ヶ月以内にほぼ消滅すること、場所によっては 1 歳貝が数百個体/m²という高密度で存在するが、2 歳貝に成長する前に減耗してしまうことが明らかとなった。したがって、当干潟にはアサリ幼生が毎年供給されているが、成長の過程で減耗することが問題であり、潮干狩りを再び楽しめるようにするためには、稚貝および初期成貝の減耗対策が重要であると考えられた。

(4) スクミリンゴガイ血リンパ液および卵抽出物の凝集活性

山田千明、河原栄二郎

福山大学内海生物資源研究所報告, (22), 1-12 (2012)

Hemagglutinating activity of *Pomacea canaliculata* hemolymph and egg extract was examined against several animal erythrocytes. The hemolymph agglutinated rabbit, guinea pig, chicken, red sea bream and carp erythrocytes. The egg extract agglutinated rabbit, horse, cow, goose, Japanese flounder and carp erythrocytes. Optimum response temperature and pH of the hemolymph hemagglutinin against rabbit erythrocyte were 25-30°C and pH 7.0-8.0, and those of the egg extract hemagglutinin were 37°C and pH 5.5-6.0. The hemagglutinating activities of hemolymph and egg extract were not inactivated by either heating at 80°C for 60 min or heating at 100°C for 10 min. After 2-mercaptoethanol treatment, the hemagglutinating activity of hemolymph remained completely, and that of egg extract partly remained. These findings suggest that there is

the significant difference in the properties of the hemolymph hemagglutinin and the egg extract hemagglutinin.

(5) オニヒトデ体腔液の赤血球凝集活性

水上雅晴、松本 晋、安藤宗一郎、山田千明、河原栄二郎
福山大学内海生物資源研究所報告, (22), 13-19 (2012)

Hemagglutinating activity was found in coelomic fluid from crown-of thorns starfish, *Acanthaster planci*. High hemagglutinating activity was observed against Japanese flounder red blood cells (RBC), compared with shrimnose tigerfish, carp, ginbuna, red sea bream, goldfish, banded houndshark, largescale blackfish and Japanese black porgy RBC. The hemagglutinating activity was also observed against horse, bovine, rabbit, guinea pig, chicken and goose RBC, although absence against sheep. The hemagglutinating activity against Japanese flounder RBC were highest in the pH range of 8.4 to 8.6 for 2 h reaction at 20°C before incubation for 22 h at 4°C.

(6) 瀬戸内海因島周辺海域の藻場における魚類相の季節変化－2009 年の記録－

阪本憲司、寺迫 晃、前屋敷遼、谷口順彦
福山大学内海生物資源研究所報告, (22), 20-28 (2012)

因島周辺海域のアマモ場およびガラモ場における魚類相を調査した。アマモ場では、6 目 5 科 33 種 1585 個体が採取された。種数の割合はスズキ目が最も高く、次いでカサゴ目、フグ目、ヨウジウオ目の順に高かった。長期定住種であるアミメハギ、ハオコゼ、ヨウジウオ、クサフグに加えて、季節的定住種のゴンズイやメバルなどアマモ場を保育場として利用している種の割合が高かった。一方、ガラモ場では 5 目 18 科 35 種 356 個体が採取された。種数の割合はスズキ目が最も高く、次いでカサゴ目、フグ目、ヨウジウオ目の順に高かった。長期定住種のメバル、ハオコゼ、クジメのほか、カサゴ、アイナメ、アナハゼなどカサゴ目の割合が比較的高かった。また、ダイナンギンポやイソギンポといった岩礁域に見られる遇来種の出現も特徴的であった。

(7) 2004 年度から 2009 年度に和歌山県で発生した海産養殖魚介類の疾病

菅谷恵美、堅田昌英、河原栄二郎
福山大学内海生物資源研究所報告, (22), 29-44 (2012)

Diseases of cultured marine fish and shellfish, which were occurred in Wakayama prefecture from April 2004 to March 2010, were surveyed in this study. Over a 6-years period, the total number of diagnostic tests was 427. At least 26 diseases were detected within 23 host species. The percentages of bacterial diseases, parasitic diseases, viral diseases and fungal diseases were 39.8, 29.1, 27.8 and 1.1, respectively. Red sea bream *Pagrus major* occupied 37.9% of the tests. Annual numbers of diagnostic tests from April 2006 to March 2009 were almost twice as many as other periods.

3. 学会発表

(1) 広島県東部の干潟でのアサリ生育環境調査

北口博隆、森政航太、藤井啓子、満谷 淳、尾上広司

第 46 回日本水環境学会年会(東京)、講演要旨集、p. 139 (2012-3)

広島県三原市鷺浦町(佐木島)の干潟では、平成 23 年春にあさり資源回復のために立体式の被覆網を設置し、4 月 21 日に、平均殻長 25 mm のアサリ 300 kg を被覆網内に放流した。ここでは、放流を行った後の干潟においてアサリの生育調査を行った結果を報告する。

5 月 6 日から 9 月 26 日まで月 1 回、被覆網内 3 ヶ所と構造物外 2 ヶ所の計 5 定点で 25 cm コドラート内のアサリ個体数と殻長を調査した。また、餌料環境に関する情報を得るため、調査日に地先の表層水を採取した。試水の窒素・リン濃度はオートアナライザーで測定し、クロロフィル a は試水の一部を GF/C フィルターで濾過した残渣を DMF 抽出した後フルオロメーターで測定した。

被覆網内のアサリは、5 月には殻長 24~30 mm の放流サイズの個体が 70% を占めていたが、6 月以降天然由来とみられる小型個体の割合が増加した。一方、被覆網外ではアサリ密度は低く推移した。表層水の全窒素は 0.19~0.26 mg/L⁻¹、全リンは 0.024~0.056 mg/L⁻¹であった。クロロフィル a は 0.13 µg/L⁻¹~1.3 µg/L⁻¹で夏に低い傾向であった。

これらの結果から、当干潟では餌料環境がアサリの生育に十分ではない可能性はあるが、アサリの主要な減耗要因は魚類などによる食害であると示唆され、被覆網による保護は有効であると考えられた。また、当干潟には天然稚貝の加入があると考えられるため、着底稚貝を保護することにより放流によらずとも資源を回復することができる可能性があると考えられた。

(2) Algal Growth Potential 試験からみた八田原ダムにおけるアオコ発生と栄養塩環境との関係

藤井啓子、北口博隆、満谷 淳

第 46 回日本水環境学会年会(東京)、講演要旨集、p. 328 (2012-3)

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広島県東部の八田原ダムにおけるアオコの発生と栄養塩環境との関係について、湖水を用いた AGP 試験により検討を行った。

八田原ダムの堰堤付近から流入河川の 1 本である宇津戸川の流入点に向かって設定した 3 定点 (St. 1~3) において、2009~2011 年に調査を行った。調査時には、まず水温鉛直分布を測定し、表層から底層 (B-1 m) まで数 m ごとに湖水を採取した。これらの湖水の窒素・リン濃度を測定し、堰堤付近の St. 1 で採取した表層湖水を孔径 0.2 μm のフィルターで無菌的にろ過し、窒素、リンを添加することで N 添加区、P 添加区、N+P 添加区をそれぞれ設定した。これらに、*Microcystis aeruginosa* NIES-102 株を接種して一定条件下で培養を行い、経日的に細胞量を測定した。

八田原ダムでは、豪雨による河川水の流入でダム湖水が入れ替わった場合、*Microcystis* が利用できる無機態窒素濃度にはほとんど影響がみられない一方で、溶存態無機リン濃度が著しく増加した。増加した無機リンは、その後アオコが発生すると急激に減少し、*Microcystis* の増殖に利用されたと考えられた。

AGP 試験では、N+P 添加区の増殖量が他の区の増殖量を上回り、両者以外の増殖必要物質は相対的に充分量存在していたことが示された。また、N 添加区の増殖量が対照区とほぼ同じであったのに対し、P 添加区の増殖量は対照区を上回った。これらの結果は、ダムの表層水が *Microcystis* にとって常にリン欠乏の状態にあったことを示している。

以上の結果から、八田原ダムにおいては、夏季に大量の河川水の流入によって湖水に無機リンが供給され、その後に晴天が続いた場合にアオコの発生規模が大きくなると推測された。

(3) *Aspergillus* sp. N-a 株 α -ガラクトシダーゼの酵素的性質

倉掛昌裕、奥村 匠、森本裕一郎

日本農芸化学会 2012 年度大会 (京都)、講演要旨集、p. 357 (2012-3)

【目的】グアガムはマメ科植物種子から得られる多糖であり、増粘剤として広く利用されている。マンノースが β -1,4 結合した主鎖に、ガラクトースが α -1,6 結

合した構造をしており、その比率はマンノース：ガラクトース＝2：1である。この多糖を分解する酵素系としては、 α -ガラクトシダーゼ、 β -マンノシダーゼおよび β -マンナナーゼがある。特に α -ガラクトシダーゼは生理活性物質の作用とも関連し、その用途が期待できる。グアガム平板培地を用い、土壌より分離した *Aspergillus* sp. N-a 株は、高い α -ガラクトシダーゼ生産性を有した。この α -ガラクトシダーゼの精製を行い、糖転移性等の酵素的性質について調べた。

【方法】グアガム分解菌の分離には、1%グアガム (Sigma Ltd)、1.5%寒天培地を用いた。酵素生産のための N-a 株の液体培養には 1%グアガム、0.5%酵母エキス、0.2%リン酸水素 2 ナトリウム 12 水和物、水 100ml の培地を用いた。500 ml 容三角フラスコにて 30℃、150 rpm で 4 日間培養した。培養液に 80%飽和になるように硫酸を溶解させ、得られた塩析物を粗酵素標品として、各種クロマトカラムによる分画に供した。 α -ガラクトシダーゼ活性測定には、1 mM p-ニトロフェニル- α -D-ガラクトピラノシドを基質として用い、pH 5、40℃で 10 分間作用させ、生成する p-ニトロフェノールを定量することで求めた。酵素活性 1U は 1 分間 1 μ mol の p-ニトロフェノールを生成する酵素量と定義した。

糖転移反応には、基質として 8%メリビオース (Gal- α -1, 6 -Glc)を用い、受容体として同量のメタノール、エタノール、キシリトール、マンノース、トレハロース、グリセリンおよびエチレングリコールを用いた。pH 5、40℃で 24 時間反応させ、生成物を HPLC で分析した (カラム:GL-C610 [日立化成]、カラム温度 60℃、キャリアー：蒸留水、流速 1 ml/min、または、カラム:NH2P-50 [旭化成]、カラム温度 25℃、キャリアー：アセトニトリル：水＝76：24)。

【結果】*Aspergillus* sp. N-a 株の液体培養液の各種酵素活性は、 α -ガラクトシダーゼ 0.82 U/ml、 β -マンノシダーゼ 0.027 U/ml、 β -マンナナーゼ 0.050 U/ml であり、 α -ガラクトシダーゼの生産性が非常に高いものであった。N-a 株 α -ガラクトシダーゼの最適 pH は 5 付近で、安定 pH は 2～6 となり酸性側で安定な酵素であった。最適温度は 60℃で、安定温度は 50℃以下であり、比較的耐熱性を有することがわかった。基質にメリビオースを用い、メタノール、エタノール、キシリトール、マンノース、トレハロース、グリセリン、エチレングリコールへのガラクトース転移性について調べたところ、トレハロースを除いて、HPLC 分析において糖転移物のピークが検出された。しかし、いずれもわずかなものであった。これは α -ガラクトシダーゼの基質として用いたメリビオースへの反応性が低かったためである。そこで、より反応性が高い基質の選択を行い、糖転移性についての検討を行った。

(4) 宮城県名取川における津波による攪乱後のヤマトシジミの生息状況の変化

片山亜優、伊藤絹子、佐々木浩一、片山知史、西川正純、南 卓志

平成 24 年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 55（2012-3）

【目的】東日本大震災による攪乱により、名取川に生息するヤマトシジミは大きな影響を受けた。名取川は、ヤマトシジミの漁場としても重要であり、この攪乱後のヤマトシジミの生息状況を把握することは、ヤマトシジミの資源維持のために重要である。本研究では、昨年までの調査結果と、攪乱後の調査結果を比較することにより、ヤマトシジミ資源の現状を把握することを目的とした。

【方法】宮城県名取川の河口から 1.5 km 上流に St. 1、3.5 km に St. 2、4.5 km に St. 3 を定めた。調査は、2009 年から 2011 年にかけて行った。漁場の物理環境およびヤマトシジミの生息状況について調査した。さらに、ヤマトシジミの胃内容物の観察、安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$) により食性解析を行った。

【結果】攪乱前の調査では、ヤマトシジミは St. 1 から St. 3 まで分布が認められた。生息状況や物理環境には場所による違いがみられ、St. 1 は海水流入の影響が大きい場所で、分布密度は他の定点に比べ低かった。St. 2 には有機物の滞留、沈積しやすい河川構造があり、分布密度は高く、殻長に対する体重が大きかった。St. 3 は St. 2 より分布密度が低く、底質の環境変動が大きい場所であった。東日本大震災による攪乱後、St. 1 から St. 3 にかけてヤマトシジミの分布はほとんどみられなく、物理環境も大きく変化した。St. 3 では、分布がみられるが、殻長 10 mm 以下の個体の半数が死亡していた。しかし、生息していた個体の軟体部重量や生殖腺の発達状況は、攪乱前と攪乱後では、差がなかった。2010 年までのヤマトシジミの安定同位体比は、St. 1 の $\delta^{13}\text{C}$ で $-22.3 \pm 0.5\text{‰}$ 、St. 2、3 は $-26.5 \pm 0.6\text{‰}$ 、 $\pm 0.9\text{‰}$ と定点間で差が認められた。この傾向は、一年を通し全定点で変化することとはなかった。しかし、攪乱 2 ヶ月後の 2011 年 5 月 21 日のヤマトシジミの St. 3 の安定同位体比は、 $\delta^{13}\text{C}$ で $-21.7 \pm 0.7\text{‰}$ と攪乱前と大きく変化がみとめられた。また、攪乱後 3 ヶ月では $\delta^{13}\text{C}$ が $-24.1 \pm 0.9\text{‰}$ であった。この結果から、ヤマトシジミは攪乱後の物理環境の変化に伴い、食物も変化したと考えられる。また、フィールドにおいて食物の変化は、2 ヶ月でヤマトシジミの安定同位体比に反映することがわかった。

(5) クロマグロ健苗育成技術開発研究 II-9 消化酵素活性から見たクロマグロ仔稚魚の健苗性

川合眞一郎、黒川優子、藤井あや、神村裕司、赤澤敦志、斎藤 誠、佐藤哲哉、川本智彦、鎮原正治、小野寺 純、伏見 浩、宮嶋 暁、伊藤 暁、草野 孝

平成24年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 131（2012-3）

〔目的〕クロマグロの健苗育成において適正な餌料の選択や給餌時間帯、給餌回数等を決める際に、仔稚魚の消化生理を把握しておくことは重要である。トリプシンやキモトリプシンは仔稚魚の健康状態のバロメーターとなることから、本研究ではふ化後4日の仔魚から約60日までの若魚について成長にともなう消化酵素活性の変化と活性の日周リズムを調べた。

〔方法〕2011年8～9月に（有）奄美養魚においてふ化した仔稚魚を実験に用い、成長に応じて栄養強化したL型シオミズツボウムシ、アルテミア幼生、ハマフエフキ仔魚、マグロ用配合飼料などを与えて飼育した。消化酵素活性はトリプシン、キモトリプシンおよびリパーゼの活性を測定した。また、ふ化後7、10、13、および16日において3時間間隔でサンプリングし、消化酵素活性の日周リズムを調べた。

〔結果〕トリプシンやキモトリプシン活性はふ化直後から認められるが、アルテミアやハマフエフキ仔魚を活発に摂取するふ化後16日頃に活性は急上昇した。シオミズツボウムシの栄養強化法の違いは成長やキモトリプシン活性などに大きく影響した。ふ化後6～16日の間に消化酵素活性の日周リズムを調べたところ、一般に21時頃に最も高い活性が認められたが、成長に伴い、12～18時の活性も上昇した。ふ化後30日前後の沖出し時期において、健常魚と非健常魚の消化酵素活性を比較すると、非健常魚のキモトリプシン活性などが明らかに低かった。

（6）クロマグロ健苗育成技術開発研究 II-10 クロマグロ仔魚の酸素消費量

宮嶋 暁、伏見 浩、小谷政司、佐藤信光、神村祐司、斎藤 誠、赤澤敦司、
佐藤哲哉、川本智彦、鎮原正治、小野寺 純、伊藤 暁、草野 孝

平成24年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 131（2012-3）

〔目的〕クロマグロ仔魚期の成長に伴う酸素消費量の特徴を把握することを目的とした。

〔方法〕試験区はアルテミアの栄養強化成績が良好だった市販強化剤と本PJで自作した強化剤で栄養強化したワムシで飼育した2試験区を設けた。密閉式測定方法を用いて卵から最大9日齢（全長 5.1 ± 0.6 mm）の成長に伴う酸素消費量/尾/分（RM）と酸素消費量/mg 乾重/分（SMR）を求めた。

〔結果〕ワムシ中のDHA、EPAおよびn-3系PUFAの含有率（%）は自作強化剤で強化したワムシの方が高く（ $P < 0.05$ ）、このワムシを給餌した仔魚の給餌開始1～2日後の乾燥重量は重かった（ $P < 0.05$ ）。RMは成長と共に増加せず、n-3系PUFAの含有率（%）が高いワムシを給餌した区では摂餌開始以降やや減少した後、一定の値を示し

た。n-3 系 PUFA の含有率(%)が低いワムシを給餌した区では 3 日齢から急激に減少し、増減を繰り返した。SMR は試験区間で同様の变化パターンを示していた。全長 3.53 ± 0.05 mm 付近で現れた変曲点の出現時期は n-3 系 PUFA の含有率(%)が高いワムシを給餌した方が早かった。卵黄吸収完了時の RM と SMR 値が減少したのは n-3 系 PUFA の含有率(%)が低いワムシを給餌した区だった。クロマグロ仔魚の酸素消費量の特徴から、仔魚の栄養状態を評価できる可能性が示された。

(7) クロマグロの健苗育成技術開発研究 II-11 試作栄養強化剤を用いたヒラメ仔魚のワムシ中のDHA要求量の検討

宮嶋 暁、伏見 浩、神谷高広、小谷知也、佐藤信光、佐藤秀一、芳賀 穰、神村祐司、斎藤 誠、赤澤敦司、佐藤哲哉、川本智彦、鎮原正治、小野寺 純、伊藤 暁、草野 孝

平成24年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 131（2012-3）

〔目的〕クロマグロ仔魚期のワムシ中の DHA 要求量を検討するために作製した試作栄養強化剤の安全性とヒラメ仔魚の DHA 要求量を検討した。

〔方法〕DHA 含量を一定とした EPA 含量の 2、3、4、5 倍量に変化させたワムシを用いた 4 試験区と市販栄養強化剤を用いた対照区を 3 反復ずつ設けた。ヒラメ仔稚魚の成長、発育、生残、ストレス耐性から安全性を評価した。また、ワムシと孵化時から取り上げ時までの各発育段階の仔稚魚の脂肪酸組成から各発育段階における DHA 要求量を検討した。

〔結果〕ワムシ中に強化可能な DHA 含量の上限は $22.02 \pm 2.5\%$ だった。仔魚の成長、発育およびストレス耐性はワムシ中の DHA 含量が 8.3 mg/乾重 1 g 以上で良かった($p < 0.05$)。また、腸管回転開始時と脊索末端上屈開始時でワムシ中の DHA 含量が 7.2 mg/乾重 1 g 以上で仔魚の DHA 含量は一定となった。脊索末端上屈完了時には仔魚の DHA 含量はワムシ中の DHA 含量に依存的に増加した。以上の結果から、試作栄養強化剤で強化したワムシをクロマグロ仔魚に給餌しても安全であり、クロマグロの DHA 要求量の検討を行うことが可能であると考えられた。

(8) クロマグロの健苗育成技術開発研究 II-11 クロマグロ仔稚魚の飼育成績に対する非加熱魚粉飼料および市販配合飼料の有効性

守屋 透、芳賀 穰、牛草健人、佐藤秀一、田中庸介、久門一紀、塩澤 聡、太田裕章、石田修三、草野 孝、伏見 浩

平成24年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 131（2012-3）

〔目的〕 これまでにクロマグロの餌料用孵化仔魚を代替する微粒子配合飼料の開発を行ってきた。本研究では、タンパク源として非加熱魚粉を用いた試験飼料および市販配合飼料をクロマグロ仔稚魚に給餌して、カゼインペプチドをタンパク源に用いたこれまでの試験飼料の飼育成績と比較した。

〔方法〕 試験飼料として、2種類のカゼインペプチドを46および12%配合し、脂肪酸カルシウムを粘結剤に用いた区(従来区)、ニジマス筋肉を凍結乾燥して作成した非加熱魚粉飼料(非加熱区)、および市販配合飼料A区(市販区)の3区を設けた。上述の飼料を500 L水槽に収容した全長21.3 mm(日齢21)のクロマグロ仔魚に9日間給餌して、全長および魚体重、体成分を調べた。なお、試験開始4日目までは、孵化仔魚を併用給餌した。試験飼料の粒径は約800~1000 μm とし、配合飼料は1水槽当たり約15 g/日で給餌した。

〔結果〕 試験終了時の生残率は市販区および非加熱魚粉区が高く、従来区で劣った。また、配合飼料単独給餌2日目から市販区では他の区と比較して減耗の鈍化がみられた。試験終了時における全長および魚体重は、市販区および非加熱魚粉区が従来区よりも有意に優れ、有意差はみられなかったものの市販区で最も大きくなった。試験終了時の魚体では、粗タンパク質および粗脂肪含量が市販区および非加熱魚粉区で高かった。以上より、タンパク質源としての非加熱魚粉の有効性および市販配合飼料Aの有効性が明らかになった。

(9) クロマグロ健苗育成技術開発研究 II-13 養殖クロマグロ稚魚の遊泳特性と異常行動の出現について

工藤尊世、有元貴文、神村祐司、斎藤 誠、赤澤敦司、川本智彦、鎮原正治、古西健二、小野寺 純、伏見 浩

平成24年度日本水産学会春季大会(東京)、講演要旨集、p. 132 (2012-3)

〔目的〕 クロマグロ養殖事業において、稚魚の生残性向上に向けて、水槽飼育の段階での遊泳行動を録画し、動画解析によって尾鰭振動数と遊泳速度についての関係を解析するとともに、水槽壁付近での異常行動の出現について検討したので報告する。

〔方法〕 奄美養魚篠川支所の屋内飼育水槽において、日齢約1カ月(全長50 mm)の稚魚の遊泳行動をビデオ録画した。飼育水槽は円形水路の形状で、この中心部、中央部、壁際の3か所でそれぞれ昼間の遊泳行動を録画するとともに、夜間に中央部に点灯された常夜灯直下の行動を録画した。この記録をもとに動画解析ソフト(MOA-2D)によって、尾鰭振動数と遊泳速度の関係を解析し、また、群れから外れたり、壁に接触して遊泳するような異常行動の出現状況を調べ、壁に衝突する

際の行動について記録し、遊泳特性との関係を調べた。

〔結果〕群れの主体は水路中央部を周回遊泳し、5-10 TL/sの速度で移動し続けるのに対して、中心部と壁際では5 TL/s以下の遅い速度での遊泳が多くなり、特に壁際には群れから外れた異常遊泳の個体が多く出現していた。同じ水路中央部で、夜間の常夜灯直下では昼間よりも高速の遊泳が記録された。尾鰭振動数と遊泳速度の関係から、尾鰭1振動あたりの前進距離となる遊泳係数の傾向は水槽各部と昼夜間で差がなかったことから、遊泳モードとしての違いはなく、尾鰭振動数を増加させることでの高速遊泳となっていることが確認された。壁に衝突した際の観察例では、0.23秒で全長の5倍の距離を前進し、瞬間的に異常な高速遊泳をしていることが確認された。

(10) クロマグロ健苗育成技術開発研究 II-14 養殖クロマグロ稚魚の筋収縮時間測定と最大速度の推定

M. Riyanto・Nofrizal、有元貴文、金 扶映、工藤尊世、柳瀬一尊、伏見 浩、神村祐司、斎藤 誠、赤澤敦司、川本智彦、鎮原正治、古西健二、小野寺 純
平成24年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 132（2012-3）

〔目的〕クロマグロ養殖事業において、生簀沖出し後の稚魚の遊泳能力を確認する目的で、生簀内での遊泳特性の観察、並びに筋収縮時間の測定に関する実験を行い、最大遊泳速度について検討したので報告する。

〔方法〕奄美養魚篠川支所において、沖出し後の稚魚（全長155-185 mm）について、生簀内での遊泳行動を観察録画した。この記録をもとに動画解析ソフト（MOA-2D）によって、尾鰭振動数と遊泳速度の関係を解析した。また、生簀から取り上げた稚魚の筋肉片に、水温11-24℃の条件で電気刺激（2 V, 2 ms）を与えて筋収縮時間の測定を行った。筋収縮の検出にはひずみゲージ（共和電業、KFWS-11L3M2R）をアクリル板に接着した装置を使い、板のひずみをアンプ（共和電業、DPM-110B）で増幅し、オシロスコープ（岩通電気、DS-5102）に出力して、電気刺激を与えてから筋収縮の最大に至るまでの経過時間で求めた。この結果をもとに、最大遊泳速度の推定を行った。

〔結果〕生簀内での遊泳特性について、尾鰭振動数（ F , Hz）に対する遊泳速度（ U , TL/s）として、 $U=0.74F$ の関係を求めた。また、筋収縮時間としては全長、魚体部位、そして水温によって変化し、19-40 msの範囲に結果は分散しており、低温で長く、また小型個体で短くなる傾向にあった。測定事例の多かった水温24℃の条件では全長155 mmの個体で筋収縮時間は32 msとなり、この値をもとに最大尾鰭振動数として15.5 Hz、最大遊泳速度としては1.78 m/s（11.5 TL/s）と推定された。

全長185 mmの場合は筋収縮時間として22 ms、最大遊泳速度は3.1 m/sとなった。

(11) クロマグロ健苗育成技術開発研究 II-15 クロマグロの成長にともなう魚体断面と鰭の面積変化

金 扶映、有元貴文、M. Riyanto、工藤尊世、柳瀬一尊、神村祐司、斎藤 誠、赤澤敦司、川本智彦、鎮原正治、古西健二、小野寺 純、伏見 浩、伊藤 暁、草野 孝

平成24年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 132（2012-3）

〔目的〕クロマグロ養殖事業において、人工採卵による種苗の遊泳能力を確認する目的で、魚体断面積、並びに尾鰭と胸鰭面積を測定した。これを天然ヨコワについての傾向と比較して、成長にともなう体形の変化を検討したので報告する。

〔方法〕奄美養魚篠川支所において育成された人工種苗について成長をおってサンプリングを行ったなかで、日齢100日、全長360～380 mmの3個体について、魚体の吻端からの距離別に垂直断面で切断し、デジタルカメラで各断面、及び胸鰭と尾鰭について撮影した。この画像について各断面での普通筋と血合筋、そして胸鰭と尾鰭の面積を計測ソフトLENARAF220Bによって算出した。さらに、切りだした部分についての形状を円錐台と仮定して、各個体の体積を推定した。天然ヨコワについては、鹿児島・三重・高知で採取された全長220～378 mmの6個体について、同様に計測・解析を行った。

〔結果〕魚体の大きさに対応して筋肉断面積、そして体積は増加し、断面積については吻端から全長の40-50%の位置で最大となった。この最大断面積の値は同じ大きさの天然ヨコワに対して養殖個体で1.17～1.48倍となった。また筋肉の全量としては養殖個体で1.29～1.68倍であった。吻端からの距離で普通筋と血合筋の面積比率を比較すると、全長の42～54%位置で血合筋の割合が最も高くなっていた。また、同じ大きさであれば養殖個体で尾鰭面積が1.08～1.35倍大きくなっていた。

(12) 八田原ダムにおける夏季の水温躍層形成状況と躍層低下循環装置のアオコ抑制効果の検討

藤井啓子、北口博隆、満谷 淳

平成24年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 162（2012-3）

各地のダム湖に設置されている『浅層曝気装置（躍層低下循環装置）』は、低層に空気を送り込んで泡と共に湖水を持ち上げて水温一定な循環混合層を形成し、表

層のアオコを下層へ拡散させるとともに、栄養塩の供給源である河川水を光量の少ない循環混合層の下に押し込むことでアオコ抑制に効果を発揮することが期待されている。本研究では、同装置が6基設置されている広島県東部の八田原ダムにおいて水温躍層の形成状況を調査し、装置の影響範囲ならびにアオコ抑制効果について検討した。

八田原ダム堰堤付近から宇津戸川方向に設定した St. 1~3 ならびに芦田川方向に設定した St. 4~7 の計7定点、および宇津戸川の流入点において2011年4~11月に計8回の調査を行った。CTDにより表層から湖底までの水温、濁度、相対蛍光量を測定したとともに、表層から底層(B-1 m)まで水深数mごとに湖水を採取した。また宇津戸川流入点では水温の測定と河川水の採取を行った。採取した試水のN・P濃度はオートアナライザーにより測定した。

躍層低下循環装置の直近に位置する St. 2 では表層から水深約20 mまでの水温がほぼ一定であったが、定点が装置より離れるほど水深2 mまでの層で循環混合層よりも水温が高くなる傾向がみられた。装置から最も離れた St. 7 では6月の調査時に表層水温が下層よりも5℃以上高かった。宇津戸川の水温は4、6、7月を除く調査時には循環混合層の水温よりも低く、河川水は混合層の下(水深20 m以深)に潜り込んでいたと考えられる。一方、アオコ発生初期にあたる6、7月の調査時には宇津戸川の水温が表層水とほぼ同じであったことから、1 $\mu\text{mol/l}$ 以上の無機リンを含む河川水が表層に流入し、リンをアオコ原因生物の *Microcystis* に直接供給していたと考えられる。すなわち、この時期には装置に期待される「河川水の低層への押し込みによるアオコ抑制効果」が働いていなかった可能性がある。

(13) ニシキゴイの非特異免疫能に及ぼすイミダクロプリド浸漬の影響

河原栄二郎、川上悠子

平成24年度日本水産学会春季大会(東京)、講演要旨集、p. 199 (2012-3)

【目的】農薬として使用されている化学物質が環境水中へ流入し、水棲生物の生理機能に影響を与えているのではないかと懸念されている。これまでに、水田除草剤の有効成分の1つであるモリネートはコイに貧血症状および鰓薄板の崩壊を引き起こすと報告されている。そこで、本研究では農業用殺虫剤として使用されているネオニコチノイド系殺虫剤の有効成分の1つであるイミダクロプリドを用いて、ニシキゴイの非特異免疫能および鰓組織に及ぼす影響について検討した。

【方法】供試魚には体重約40 gのニシキゴイを用い、水温約20℃で飼育した。供試魚を0、0.1、1および10 mg/lのイミダクロプリドに5日間浸漬した。浸漬

後、頭腎白血球の殺菌能、血清の溶血補体活性、血清および後腎のリゾチーム活性、血清のタンパク質量およびグルコース量を測定した。さらに、供試魚から鰓を摘出して固定後、常法に従って組織切片標本を作製し、HE 染色を施して検鏡した。

【結果】頭腎白血球の殺菌能は 10、1、0.1 および 0 mg/l 浸漬の順に低い値となった。血清の溶血補体活性は 10 mg/l 浸漬で高い値となった。血清のリゾチーム活性は 1 および 10 mg/l 浸漬で低い値となったが、後腎のリゾチーム活性はいずれの試験区の間でも差異は認められなかった。血清のタンパク質量は浸漬濃度に依存して高い値となった。血清のグルコース量は 0.1 および 1 mg/l 浸漬で高い値となった。鰓組織の検鏡では、0.1 mg/l 以上の濃度の浸漬で上皮細胞が崩壊し、二次鰓弁間細胞の増生が確認された。したがって、イミダクロプリドは少なくとも 0.1 mg/l の浸漬でニシキゴイに対して免疫毒性を有し、鰓の二次鰓弁間細胞を増生させると推察される。

- (14) 深層底棲魚の消化管内容物から得られたズワイガニ属の幼生と稚ガニについて
小西光一、養松郁子、廣瀬太郎、南 卓志
平成 24 年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 206（2012-3）

【目的】深海性のズワイガニ属の生活史調査は主としてトロールや桁網を用いて行なわれ、これまでに 6 齢以降の個体群については、深度と分布の状況が明らかにされつつあるが、これより小型の変態・着底前後の個体については網等による捕獲が困難なためにデータがほとんどない。これを補完する間接的データのの一つとして、底棲魚の消化管内容物から得られる稚ガニ標本の解析があるが、その事例は少ないのが現状である。今回、中深層底棲魚からこれらの標本を得る機会があったので、種の判別を含めたデータを供する。

【方法】日本海沿岸域の 6 地点において桁網により、水深 400～1500 m の範囲で採れた底棲魚 6 種の消化管内容物を検鏡し、それらの中でアゴゲンゲ、キタノクロゲンゲおよびヤマトコブシカジカからズワイガニ属の稚ガニ等を分収した。これらについて、メガロパ幼生では額角とその側方にある一対の側額角の長さの比、稚ガニでは背甲側後方に見られる一対の顕著な棘の有無や額棘の太さと向き、および背甲下側縁の 2 条の顆粒列の合流点に基づき種の判別を行なった。また、稚ガニの齢期については甲幅分布に基づき判定した。

【結果】ベニズワイガニとズワイガニのメガロパ幼生で第 1～4 齢までの稚ガニが確認された。今回の調査水深帯では、ほぼ 900 m までは両種が見られ、これより深い場所では深海性のベニズワイガニのみであった。稚ガニの出現水深に関して

は、成体の分布より範囲が広がったが、捕食者であるアゴゲンゲ、キタノクロゲンゲおよびヤマトコブシカジカは主に 300～1500 m 水深帯に棲息することが知られており、稚ガニよりはるかに大型で行動範囲が広いことが要因の一つとして考えられる。またベニズワイガニにおいて、水深 50～600m で浮遊生活をするとして、メガラバ幼生が 1000 m 前後で確認されたことは、間接的ではあるが、変態・着底期には、より幅広い水深帯に分布している可能性もあり得る。しかしながら、これらの底棲魚の摂餌行動の詳細は不明であり、今後の課題である。

(15) ファージの出現動向に基づくマダイのエドワジエラ症の発生予測

菅谷恵美、河原栄二郎、日向芳裕、河東康彦、中井敏博、山下浩史、安池元重、藤原篤志

平成24年度日本魚病学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 10（2012-3）

【目的】バクテリオファージの出現動向を指標としたマダイのエドワジエラ症の発生予測の試みとして、飼育環境水および養殖マダイにおける *Edwardsiella tarda* とファージの出現動向と本症の発生との関連性をみた。

【材料および方法】愛媛県水産研究センターのマダイ飼育施設において、エドワジエラ症が発生する前後（計 3 回）に生簀近傍の海水から *E. tarda* およびファージの分離を試みた。海水中の *E. tarda* については、海水（1～200 mL）を濾過した 0.45 μm フィルターをサルモネラ・シゲラ寒天培地（SSA）に重層して培養する方法（フィルター培養法）で行った。ファージの分離には、同じく濾過海水を用い、*E. tarda* 3 株（マダイ、ヒラメ、ウナギ由来各 1 株）を宿主菌として集殖法と二重寒天スポット法により行った。また、飼育マダイ（稚魚と成魚の 2 飼育群）について、腎臓から SSA およびトリプトソーヤ寒天培地（TSA）を用いて *E. tarda* を分離するとともに、*E. tarda* に対する血中抗体価の測定をした。

【結果】調査した 9 月、10 月および 12 月のいずれの時点でも稚魚飼育群にはエドワジエラ症の発生はなく、この群での *E. tarda* 保菌率と抗体保有率はともに 0%であった。一方、成魚飼育群では 10 月に本症による死亡が発生し、その時の保菌率と抗体保有率はともに 45%であった。12 月の調査時では病気はほぼ終息状態にあり、保菌率は 10%、抗体保有率は 65%であった。いずれの調査時においても飼育環境水から *E. tarda* は分離されなかったのに対し、*E. tarda* ファージは病気発生前の 9 月に海水から検出され、発生時の 10 月では高濃度に検出された。分離されたファージの多くはマダイ由来 *E. tarda* 株に特異的に溶菌性を示した。これらの結果は、マダイのエドワジエラ症の発生予測にファージの出現動向が指標となることを示唆する。

- (16) Cultivation methods of euryhaline rotifer *Bachionus plicatilis* affect the metabolic rate of larval red sea bream *Pagrus major*
A. Miyashima, T. Kotani, N. Watanabe, and H. Fushimi
2012 Australasian Aquaculture, Melbourne, Australia, Abstracts, p.167
(2012-5)

Improvement of nutritional value of rotifer is key issue of successful larviculture performance. Nutritional value of enriched rotifer is depending on the cultivation methods and that affect the larviculture (Kotani et al. 2009, 2010; Tomoda et al. 2006, 2007). We examined the effect of nutritional value of rotifer, cultured by continuous and batch methods, on metabolic rate of larval red sea bream *Pagrus major*.

- (17) 瀬戸内海に生育する紅藻エナシダジア類似種について
山岸幸正
日本藻類学会第 36 回大会（札幌）、講演要旨集、p. 97（2012-7）

紅藻エナシダジア *Dasya sessilis*（ダジア科、イギス目）は Yamada(1928)により青森県陸奥湾をタイプ産地として記載され、これまで北海道、本州太平洋および日本海沿岸、瀬戸内海の各地から報告されている。本種は体が密に皮層に覆われ、高さが 15 cm 以上になり、毛状小枝は枝の上部で多く下部で少なく、四分孢子囊 stichidium が無柄であることなどの特徴を持つとされている。しかし日本産ダジア属については近年報告された沖縄および小笠原産の種を除き、四分孢子囊 cover cell の形態などダジア属において種の区別に重要な特徴の多くが不明瞭であり、分類学的再検討が必要である。

本研究では、瀬戸内海中央部の広島県因島に生育するエナシダジアに類似した外観を持つ種について調べた結果、タイプ産地のエナシダジアと *rbcL* 塩基配列が一致したエナシダジアのほか、塩基配列が明瞭に異なる 2 種（ここでは *Dasya* sp. 3、*Dasya* sp. 4 とよぶ）の 3 種が混在していることを明らかにした。因島ではエナシダジアおよび *Dasya* sp. 4 は 12 月～5 月の低水温期を中心に生育し、*Dasya* sp. 3 は 7 月～9 月の高水温期を中心に生育する。またこれら 3 種は枝の断面で 5 個の大きな周軸細胞が明瞭であるか不明瞭であるか、四分孢子囊 cover cell の形状が縦長で柵状になるか柵状にならないかなどの形態的特徴で区別できる。これまで瀬戸内海のほか各地でエナシダジアと同定されている標本にはこれらの種が混在している可能性があり、再検討の必要がある。

(18) バイオロギング：野生動物 (Super Vehicle) による環境計測システム

渡辺伸一

計測自動制御学会中国支部 計測制御シンポジウム 2012 (広島)、講演要旨集、
pp. 6-7 (2012-9)

人類は、人工衛星や深海探査艇などの超高性能の乗り物 (Super Vehicle) を開発し、それに計測装置を搭載することによって、地球上のさまざまな場所での環境計測を可能にしてきた。しかし、未だ人類が到達できない場所も多く、衛星リモートセンシングなど遠隔で得られる情報は、必ずしも現地の情報と一致しないなどの問題点がある。動物は 40 億年のときを経て、地球上のあらゆる環境に適応進化してきた。人類が 20 世紀になってやっと成し得た、ジェット機による地球規模での移動や、深海探査艇による深度数千メートルへの到達も、人類が世に生まれる以前から動物たちは日常的に行っていたのである。その動物たちに高性能の小型計測装置 (マイクロデータロガー) を装着して、動物たちが何を見て感じているかを記録し、環境と動物たちの営みを理解するのがバイオロギング・サイエンス (Bio-logging Science) である。バイオロギングとは、Bio (生物) と Logging (記録) を合わせた造語で、この研究分野では、日本の研究者がマイクロデータロガーを開発してきた日本の企業と連携して、先駆的な役割を担ってきた。バイオロギングは、これまで動物学者がその動物の営み自体を調べる目的として利用されてきた。しかし、環境計測を直接の目的として、野生動物を Vehicle、その上に取り付けたデータロガーを我々の眼として利用することも可能なのではないだろうか。本講演では、この研究分野の発展をマイクロデータロガーの開発史 (Fig. 1) とともに紹介し、演者が関わってきた動物学研究について紹介する。こうした野生動物の行動を通じて得られた知見が、今後の環境計測技術への応用の可能性を秘めていることに期待し、これらの話題を提供させていただく。

(19) メバル類 3 種における胸鰭軟条数の左右の差異

加藤 瑞、阪本憲司、南 卓志

平成 24 年度日本水産学会秋季大会 (下関)、講演要旨集、p. 15 (2012-9)

【目的】メバル類 (*Sebastes*) は、カサゴ目フサカサゴ科メバル属に分類され、北海道南部から九州、朝鮮半島南部に棲息する。近年、メバルは Kai and Nakabo (2008) による形態および AFLP 解析によって *S. inermis* (胸鰭軟条数 15 本)、*S. ventricosus* (胸鰭軟条数 16 本) および *S. cheni* (胸鰭軟条数 17 本) の 3 種に

分類され、現在では胸鰭軟条数がこれら 3 種の判別指標となっている。しかし、胸鰭軟条数の左右差が懸念されることから、本研究では芸予諸島に棲息するメバル類における胸鰭軟条数の左右の差異について調査した。

【方法】瀬戸内海の芸予諸島における因島、生口島、大三島、伯方島および大島の 6 地点で採取したメバル類の幼魚全 300 個体、伯方島周辺と大島沖、江田島沖および鹿島沖の 3 地点で採取した成魚全 197 個体を調査対象とした。採取したメバル類は、形態測定（全長、体長、体重、胸鰭軟条数および臀鰭軟条数）を行った。胸鰭あるいは背鰭組織から全 DNA を抽出し、ミトコンドリアの D-loop 領域の一部を PCR によって増幅し、オートシーケンサーにより DNA 多型解析を行った。DNA 多型解析後、胸鰭軟条数の左右の差異との関係を調べた。

【結果】胸鰭軟条数を指標として分類したメバル 3 種において、共通するハプロタイプが検出された。調査したメバル類のうち、胸鰭軟条数が 15 本の個体が 66 サンプル、胸鰭軟条数が 16 本の個体が 256 サンプル、胸鰭軟条数が 17 本の個体が 129 サンプル確認された。胸鰭軟条数における左右の差異が見られたメバル類は、幼魚では 24 サンプル、成魚では 20 サンプル確認された。このように胸鰭軟条数の左右差が認められた個体は、全個体数の約 1 割に達していた。また、各採取地点においても採取個体の約 1 割に胸鰭軟条数における左右差が認められた。

(20) 広島県東部の干潟での覆い網設置によるアサリ保護効果

北口博隆、藤井啓子、満谷 淳

平成 24 年度日本水産学会秋季大会(下関)、講演要旨集、p. 17 (2012-9)

広島県三原市鷺浦町（佐木島）の干潟では、地元町内会が中心となりアサリ資源の回復を目指した取り組みが平成 22 年度から実施されている。平成 23 年度は、覆砂と耕耘、立体式の覆い網設置を行った後、被覆網内にアサリを放流した。本研究では、放流後に被覆網内外のアサリ個体密度を調査し、被覆網によりアサリが保護されるかについて検討した。

佐木島東側の干潟に設置した 50 m×10 m×1 m の立体式の被覆網（目合 25 mm）内に、平成 23 年 4 月 21 日平均殻長 25 mm のアサリ 300 kg を放流した。同年 5 月 6 日から 9 月 26 日まで月 1 回及び翌年 5 月 21 日の計 6 回、被覆網内 3 点と構造物外 2 点の計 5 定点でアサリ個体数と殻長を調査した。

被覆網内では、平成 23 年 5 月には殻長 24～30 mm の放流サイズの個体が 70% を占めていたが、6 月以降天然由来とみられる小型個体の割合が増加した。放流後約 1 年経過した平成 24 年 5 月の被覆網内殻長組成ヒストグラムではピークが殻長 22～24 mm であった。平成 23 年 9 月の殻長組成ヒストグラムでは放流個体群とみ

られるピークは殻長 30～32 mm であり、放流個体はこの期間に 1 ヶ月 1 mm 程度成長すると考えられた。一方、被覆網外ではアサリ密度は低く推移した。これらの結果から、当干潟において被覆網はアサリの保護に有効であると考えられた。また、当干潟には天然稚貝の加入があると考えられるため、着底稚貝を保護することにより放流によらなくても資源を回復することができる可能性があると考えられた。

(21) クロマグロ健苗育成技術開発研究 11-16 ワムシ摂餌期におけるマダイ仔稚魚のワムシ中のDHA要求量の検討

伏見 浩、小谷知也、宮嶋 暁、秋山偉作、豊田健一、佐藤信光、草野 孝
平成24年度日本水産学会秋季大会（下関）、講演要旨集、p. 42（2012-9）

〔目的〕本研究はDHA含量を変化させたワムシを給餌して、マダイ仔魚のワムシ摂餌期におけるDHA要求量を検討することを目的とした。

〔方法〕平成21年度にはEPA含量を一定とし、DHA含量をEPA含量の0.5、1、2、3倍量に変化させたワムシを用いて試験を行い、稚魚の段階でのマダイのDHA要求量はワムシ中のDHA含量が5%/乾重1 g付近であることを明らかにした。そこで、本研究ではワムシ中のDHA含量を約5%/乾重1 gとした試験区を追加して、飼育成績、干出耐性および孵化、開口、脊索末端上屈開始および完了時、仔魚膜消失時の各發育段階の仔魚の脂肪酸組成からDHA要求量を検討した。

〔結果〕脊索末端上屈完了時には、ワムシ中のDHA含量が10.5%/乾重1 gまでは仔魚魚体中のDHA含量は増加し、14%前後になるとほぼ一定になった。23%前後で再び増加し、魚体中のDHA含量は最大値を示した。約29%になると減少していた。この時の仔魚魚体中のDHA含量は、DHA含量 14%/乾重1 gのワムシを摂餌した仔魚中のDHA含量と等しかった。以上から、摂餌開始から脊索末端上屈完了時までの期間に給餌するワムシ中のDHA含量は14%/乾重1 gあればよいと考えられた。

(22) 八田原ダムにおけるアオコ発生と湖水のリン濃度に及ぼす河川水流入量の影響

藤井啓子、北口博隆、満谷 淳

平成 24 年度日本水産学会秋季大会（下関）、講演要旨集、p. 60（2012-9）

毎年夏季に *Microcystis* によるアオコが発生している八田原ダム（広島県世羅町）において、これまでに、アオコ発生時のダム湖水は *Microcystis* にとってリンがプライマリーな増殖制限物質となっていること、降雨により大量の河川水がダム湖に流入すると湖水中のリンの濃度が著しく高くなること、などを明らかにして

きた。本研究では、同ダムにおけるアオコの発生状況ならびに窒素・リン濃度の変動と、河川水の流入状況とを比較し、アオコ発生メカニズムについてさらに検討した。

八田原ダム堰堤から上流に向かって設定した St. 1~3 の 3 定点において 2011 年 4~11 月に計 8 回の調査を行い、CTD により表層から底層の水温、相対蛍光量を測定した。また、水温鉛直分布を基に表層及び底層 (B-1 m) まで水深数 m ごとに湖水を採取し N・P 濃度を測定した。

調査開始時には湖水中の無機窒素濃度は約 60 $\mu\text{mol/L}$ 、無機リン濃度は約 0.1 $\mu\text{mol/L}$ であった。5 月 26 日には、水深 25 m までの無機リン濃度が約 0.8 $\mu\text{mol/L}$ に急激に上昇しており、6 月 30 日にも約 1 $\mu\text{mol/L}$ とやはり高かった。その後の 7 月 28 日には無機リン濃度がわずかに減少しており、8 月 26 日には 6 月のその半分程度まで減少した。一方、無機窒素濃度は 5 月 26 日には調査開始時とほぼ同程度であったが、6 月 30 日以降わずかに減少した。この間の、公開されている八田原ダムへの河川水流入量データをみると、5 月 11 日から 13 日、5 月 29 日から 31 日、6 月 11 日から 13 日の 3 回、湖水が全て入れ替わるような河川水の大量流入が確認できた。また、アオコは 6 月 30 日の調査時から発生していた。すなわち、河川水の大量流入により湖水中の無機リンが増加したことに、水温上昇と日照の増加が加わってアオコの発生に至ったと考えられる。一方、その後は大量流入がなかったために、無機リンが *Microcystis* に利用されて減少する速度が河川からの供給速度を上回り、その濃度が減少したと推察される。

(23) ミニシンポジウム「養殖業の未来—生産から利用・流通・市場まで—」、

2. 養殖用魚類の人工種苗生産の課題

伏見 浩

平成 24 年度日本水産学会秋季大会（下関）、講演要旨集、p. 137. (2012-9)

わが国の商業的な海面魚類養殖は 1960 年代から本格化した。ブリ、マダイ、ギンザケ、シマアジ、ヒラメ、およびトラフグなどの海面養殖が行われてきた。近年は、クロマグロの養殖も盛んになりつつある。海面魚類養殖の技術開発は係留施設、生簀と生簀網、配合飼料とその給餌方法、魚病対策、養殖魚の健康管理、収穫方法と収穫後の品質管理、出荷時の加工処理、輸送方法、経営管理、市場開発などきわめて多岐にわたる。したがって、魚類養殖のこれからを考える場合には、これらに関する総合的な視点が必要になる。しかし、忘れてはならないことは昔から言われ続けてきた「養殖の原点は種と水だ。」ということである。残念ながら、そのどちらも心配がない状態とは程遠い。ここでは、養殖用の魚類人工種苗

に求められる健苗性をどのようにして向上させるかに視点を置いて、これまでの経過とこれからの課題を考える。

(24) ミニシンポジウム「低魚粉飼料の栄養評価と飼育魚の健康評価」、Ⅱ．低魚粉飼育魚の健康評価、Ⅱ-2. 飼育魚の免疫機能

小嶋智一、河原栄二郎

平成 24 年度日本水産学会秋季大会（下関）、講演要旨集、p. 145（2012-9）

1. はじめに

養魚用配合飼料の主原料である魚粉の需要は増加して、魚粉輸出国の生産調整なども加わり、供給の逼迫から価格が高騰している。これを受けて、魚粉削減飼料の研究が多く魚種で行われている。タウリンの飼料添加物としての認可はその研究を大きく前進させ、既に市場では魚粉を半減した飼料が販売されている。しかし、経済性を重視する養殖現場では、放養密度・給餌量・飼育条件など異なる飼育環境の中で、従来同様の飼育成績の維持が求められている。

2. プロバイオティクスへの着目

低魚粉飼料では、魚粉代替となる植物性原料に含まれる様々な阻害因子の影響を緩和し、健康度を維持できる添加原料が必要とされる。さらに EP 飼料では、製造過程で高温・高湿・高圧が加わるため、この影響を受けにくい素材であることが条件となる。そこで、プロバイオティクスに着目し、環境適応力が高く、海水のような高塩分下でも生息でき、また動物の消化管中の酵素にも耐えられる植物乳酸菌を選定し、EP 飼料製造条件に適合するよう死菌体として、その有用性について検討した。

3. 植物乳酸菌死菌体末 (LP)

菌の選定は、人・魚・環境にとって安全な菌株の選定が不可欠であり、既に食品分野で利用されて実績のある乳酸菌の中から選定した。試験に用いた植物乳酸菌株は、広島大等の特許登録菌株（特許第 4346559）*Lactobacillus plantarum* (SN35N 株) である。本株は、梨より分離された菌株で、主な特性として、高塩分耐性、ペプシン耐性、多糖体産生（+）を有する。期待効果としては、整腸、免疫賦活、抗アレルギー等が挙げられ、既に発酵飲料等に用いられている。今回はこの菌株を加熱し死菌体として使用した。

4. ブリに対する LP の効果

供試魚には 567 g のブリ当歳魚を用いた。試験飼料は魚粉 50% 含有飼料（1 区）と植物性タンパク源により粗タンパク質と粗脂肪含量を 50% 区と同等に調整した魚粉 30% 飼料を用いた。魚粉 30% 飼料は、LP 無添加区（2 区）と LP 添加区（3

区)とした。飼育試験は10月から12月までの2ヶ月間実施し、3区には中間時と終了時に6日間LPを投与した。体重と尾数は中間時と終了時に測定した。この結果、成長面においては、1区と3区がほぼ同等の成長を示し、2区は劣っていた。LPの添加により植物性タンパク原料の利用性が高まり、成長が促進されと考えられる。

非特異的免疫能に関しては試験終了時に測定した。3区ではLP投与によって、血清の溶血補体活性の向上、頭腎および腸管白血球の殺菌活性の向上が認められた。したがって、低魚粉飼料の課題である抗病性の低下を抑制できる可能性が示唆される。血清のリゾチーム活性に関してはLP投与で向上が認められたがその差はわずかであった。

以上のことから、低魚粉飼料への植物乳酸菌 (*L. plantarum*) の死菌体としての添加は、植物性タンパク原料の利用性を向上し、非特異的免疫機能を亢進させ、抗病性を高めることが期待される。現在、LPに関しては既に市販のブリ用飼料に展開しており、対象魚種の拡大を目指して検討を進めている。

- (25) *Aspergillus oryzae* KB のフルクトース転移酵素生産に及ぼす界面活性剤の影響
倉掛昌裕、芝田美幸、廣津紗弥、竹中勇太、上岡大起
日本応用糖質科学会平成24年度大会(東京)、講演要旨集、p.34(2012-9)

【目的】*Aspergillus oryzae* KB株は、2種の β -フルクトフラノシダーゼ、F1及びF2を生産した。F1は糖転移性の高い酵素であるのに対し、F2は高い加水分解性を有した。ここでは非イオン性界面活性剤を培地に添加し、菌体ペレット形成とF1酵素生産性に及ぼす影響について検討した。

【方法】KB株の液体培養は、1%シュクロース、0.5%酵母エキス、0.2%リン酸水素2ナトリウム12水和物の培地に、Tween等の界面活性剤を0.5~1.0%添加し、30℃、150 rpmで2日間行った。培養後、菌体ペレットをホモジナイズした懸濁液を1%シュクロースに、pH 5、40℃で10分間反応させ、生成したグルコース量をグルコースオキシダーゼ法によって定量することで、 β -フルクトフラノシダーゼ活性を求めた。この活性値を0.2 U/mlにそろえ、20%シュクロースにpH 5、40℃にて1~2時間反応させ、HPLC(NH2-P50カラム;旭化成(株))にて、生成糖のフルクトースおよびグルコース量を測定することで糖転移活性 U_t 及び加水分解活性 U_h を求めた。

【結果】KB株の液体培養において、シュクロース培地に各種Tweenを添加することで無添加に比べ、F1酵素生産が4倍程度高まったが、HBL値による影響はなかった。一方、HBL値が低いほど、すなわち疎水性が高いほど、F2酵素生産性は高

まり、F1 酵素の生産選択性 (F1/F2) は、最も親水性の高い HLB 値 16.7 の Tween 20 で最大となった。

- (26) Daily and seasonal activity patterns of horseshoe crabs in the Kasaoka bay estuary, Seto-Inland Sea, Japan
Shinichi Watanabe, Satoshi Morinobu, and Norimichi Souji
North Pacific Marine Science Organization (PICES) 2012, Hiroshima, Abstracts, p. 210 (2012-10)

The purpose of our study is to determine activity patterns of the horseshoe crab *Tachyplesus 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 circadian activity rhythms under light and tidal cycles. They 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. Two crabs were recaptured out of the bay after 5 and 9 months, respectively. The data obtained showed both crabs were active until water temperature dropped to 18°C in late November, after which it remained dormant over winter at shallow depth (7-8 m at low tide) 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.

- (27) POPs in the preen gland oil of Streaked Shearwaters breeding on the islands in Japan reflect marine pollution in western North Pacific
Atsuo Ito, Rei Yamashita, Hideshige Takada, Takashi Yamamoto, Kozue Shiomi, Carlos Zavalaga, Takuya Abe, Shinichi Watanabe, Maki Yamamoto, Katsufumi Sato, Hiromi Kohno, Ken Yoda, Tomohiko Iida, and Yutaka Watanuki

North Pacific Marine Science Organization (PICES) 2012, Hiroshima, Abstracts, p. 84 (2012-10)

Persistent Organic Pollutants (POPs) are diffused and transported in the sea. POPs are highly accumulated in the tissues of marine top predators through bio-magnification, and can disturb endocrine function and induce reproductive failure. To monitor POPs in the seas around Japan, we analyzed those in the preen gland oil collected from streaked shearwaters *Calonectris leucomelas* breeding at four islands. Foraging ranges of the sample birds were tracked using GPS tags. Total PCB was highest in birds breeding at Uwa and foraging mainly within small area (<60 km) in Seto-Inland Sea. Total DDT was highest and the proportion of DDE (metabolite of DDT) was lowest in birds breeding at Nakanokami and presumably foraging in East China Sea. Total HCH was highest in birds breeding at Awa and foraging in northern Japan Sea. All POPs were lowest and the proportion of lowerchlorinated PCB congeners was highest in birds breeding at Funakoshi and foraging in Pacific Sea off northern Japan. These regional variations could be related to the trends in emissions, and subsequent transport and fate of POPs, and are consistent with previous observations of regional variation of POPs in mussels and seawater. Thus, we conclude that the POPs in the seabird preen gland oil during breeding partly reflects those in the seas around their breeding colonies.

- (28) 岡山県笠岡湾周辺におけるカブトガニ (*Tachypleus tridentatus*) の生息地利用と越冬行動
渡辺伸一、近藤輝明、森 信敏、惣路紀通
平成 24 年度日本水産学会中国・四国支部例会 (福山)、講演要旨集、p. 5 (2012-12)

- (29) 加速度・深度ピンガーをもちいたマガキ養殖筏におけるクロダイの行動解析
津行篤士、渡辺伸一、西村 翼、海野徹也
平成 24 年度日本水産学会中国・四国支部例会 (福山)、講演要旨集、p. 5 (2012-12)

- (30) 紅藻スサビノリのリンゴ酸脱水素酵素遺伝子の解析
吉田拓音、西村寿弘、山岸幸正、三輪泰彦
平成 24 年度日本水産学会中国・四国支部例会 (福山)、p. 8 (2012-12)

- (31) 殺虫剤イミダクロプリドのニシキゴイに対する致死毒性
川上悠子、河原栄二郎

平成 24 年度日本水産学会中国・四国支部例会（福山）、講演要旨集、p. 11 (2012-12)

- (32) ヒラメ病魚由来 *Streptococcus parauberis* の菌体外産生物質の細胞毒性

河原栄二郎、貴島ゆう希、菅谷恵美

平成 24 年度日本水産学会中国・四国支部例会（福山）、講演要旨集、p. 11 (2012-12)

B. 総説

C. 著書

- (1) Ecological flexibility of the top predator in an island ecosystem: food habit of the Iriomote cat

Shinichi Watanabe

In Diversity of Ecosystems, ed by Mahamane Ali, pp. 465-484, InTech (2012)

The leopard cat, *Prionailurus bengalensis*, is one of most widespread felids and is distributed throughout Asia. The Iriomote cat *Prionailurus bengalensis iriomotensis*, a subspecies of the leopard cat, lives only on Iriomote Island of the Ryukyu Archipelago in southern Japan. Although there are thousands of islands of various sizes within the range of distribution of the species, the Iriomote cat is the only population on such a small island (284 km²). Moreover, on the island, there are no autochthonous terrestrial small mammals such as rodents that are generally the principal prey of wild felids. Thus, it is likely that there are unique characteristics of the ecology of the cat as the top predator in the ecosystem. In the present study, I aim to clarify characteristics of the cat population inhabiting the most limited environment for wild felids. The cat diet was examined regarding prey preference and seasonal pattern of each prey item by analysing their 947 scat contents collected from various environments throughout the island. I also investigated potential prey availability for the cat using a total length of 242 km of transects conducted over two years. In the cat diet, 76 prey items were found, this being the most diversified diet in the cat family. Seasonal patterns of 19 principal prey items were examined, which was compared with those of prey availability. Both prey availability and predation varied between seasons. The cat seasonally shifted principal prey items in relation to prey availability. The seasonal patterns of prey availability were

chiefly influenced by seasonal migration of birds, by temperature variation for reptiles, by reproductive cycles for insects and by temperature variation and reproductive cycles for amphibians, respectively. From the above results, I considered that the broad range of the food niche of the Iriomote cat probably resulted from making the best possible use of fauna on the small subtropical island. Furthermore, the cat adapts to the islandwide environment to change principal prey items and feeding patterns in relation to temporal variations of prey availability.

D. その他

- (1) 【特集】生物が記録する科学ーバイオリギングサイエンス：加速度計でわかる動物の動き
坂本健太郎、渡辺伸一
自然と科学の情報誌[ミルシル], 5, 14-16 (2012)

- (2) ノリ添加培養した植物乳酸菌の魚類に対する免疫賦活効果
河原栄二郎
平成 23 年度南中九州・西四国水族防疫会議（熊本）(2012-3)

- (3) オオミズナギドリ特集 2 瀬戸内海唯一の繁殖地：山口県上関町宇和島におけるオオミズナギドリ調査
渡辺伸一
日本バイオリギング研究会会報, 70, 2-4 (2012)

- (4) カブトガニ、2 億年の謎に迫る④
渡辺伸一
日本バイオリギング研究会会報, 74, 6-7 (2012)

- (5) スネークアイ vs スネークカメラ
渡辺伸一
日本バイオリギング研究会会報, 76, 4-5 (2012)

- (6) 連鎖球菌症原因菌 *Streptococcus parauberis* の菌体外産生物質の細胞毒性
河原栄二郎

平成 24 年度瀬戸内海・四国ブロック魚病検討会（高松）、(2012-10)

- (7) スクミリンゴガイ血リンパ液および卵抽出物の凝集素の生物学的特性

川上悠子、河原栄二郎

集まれ！理系女子、第 3 回女子生徒による科学研究発表交流会（福山）、(2012-10)

- (8) 氷の上で一休み：採餌旅行中のエンペラーペンギンの行動時間割合

渡辺伸一

日本バイオロギング研究会会報, 78, 2-3 (2012)