

海洋生物科学科 2011 年研究業績

A. 研究発表

1. 論文

- (1) Influence of non-feeding period on high temperature tolerance in clonal silvercrucian carp (*Carassius langsdorfii*)

Kenji Sakamoto, Rena Hoshie, and Nobuhiko Taniguchi

Aquaculture Sci., **59**, 641–642 (2011)

The influence of non-feeding period on high water temperature tolerance in clonal silver crucian carp (*Carassius langsdorfii*) was examined using 180-day-old juveniles of clonal lines SCC-OKL1, SCC-OKL2 and SCC-OKL3. Juveniles were reared at 20°C, and then feeding was stopped for 0, 3, 5, 10 and 15 days. The high-temperature tolerance (time to death) of each individual was evaluated at 36°C. For all three clonal lines, juveniles unfed for five days survived significantly longer than those unfed for other periods of time ($P < 0.05$), and the juveniles unfed for 15 days survived for significantly shorter durations

- (2) Improved larviculture of ocellate puffer *Takifugu rubripes* through control of stocking density

Tomonari Kotani, Yoshiyuki Wakiyama, Tatsuhiro Imoto, and Hiroshi Fushimi

Aquaculture, **312**, 95–101 (2011)

The occurrence of cannibalism in larviculture of ocellate puffer is affected by initial stocking density and lower initial stocking density can suppress the occurrence of its cannibalism. However puffer larvae begin cannibalism sooner or later. To reduce mortality due to cannibalism, we investigated the effect of re-stocking at reduced densities. Ocellate puffer larvae were reared at an initial stocking density of 5 larvae l⁻¹ in six 1-m³ tanks from 0 to 21 days after hatching (DAH). They were then re-stocked at four different densities of 1 to 4 larvae l⁻¹ in duplicate and reared until 40 DAH. On 21 DAH, the average number of survivors was ~4300 larvae. After re-stocking, the survival rate was negatively correlated with re-stocking density ($R = -0.936$, $P < 0.01$). The number of surviving ocellate puffer larvae was highest at a re-stocking density of 2 larvae l⁻¹. A

reduction in stocking density at 21 DAH is recommended for an improved larvicultural performance of the ocellate puffer.

(3) Determination of appropriate feeding schedules from diel feeding rhythms in finfish larviculture

Tomonari Kotani, and Hiroshi Fushimi

Aquaculture, **315**: 104–113 (2011)

In finfish larviculture, feeding regimes and schedules vary with hatchery and species. They have no biological or technological foundation and are dependent of operator expediency and previous experience. Inadequate feeding regimes and/or inappropriate food intake, especially during early larval stages, may result in a decline in health and/or quality and high mortalities. Fish have species-specific diel feeding rhythms; therefore, feeding schedules in larviculture cannot be determined uniformly among target species. To improve survival and quality, it is important to establish feeding schedules corresponding to the diel feeding rhythms of larval fish species. In fish, the feeding and circadian rhythms are linked; most species have diurnal feeding peaks, especially at dusk and dawn, such as flat fishes, groupers, sparids, devil stinger *Inimicus japonicas* and ayu *Plecoglossus altivelis*. These fish do not ingest food at night and the larvae actively feed at dawn and dusk. Differences in this trend have not been reported during the co-feeding period of rotifer and *Artemia nauplii*. Although ocellate puffer larvae also have diurnal peaks of food intake, they commenced ingestion before day break.

The delay in first feeding causes serious problems in finfish larviculture and in many cases, it is performed to prevent this delay. After mouth opening, larvae do not have a well-developed functional jaw and, thus, rotifers or *Artemia nauplii* remain in the rearing water. They metabolize the enriched nutrients, resulting in deterioration in the nutritional quality of the residual live food. Therefore, the timing of first feeding is important.

In conclusion, the feeding schedule of a particular fish species should be determined on active diel ingestion. Delays in active ingestion result in un-ingested live food remaining in the rearing water and consequent nutritional deterioration. Therefore, feeding schedules in finfish larvae and juveniles should be matched to the peak of food intake.

(4) Analysis of the mechanism of skeletal deformity in fish larvae using a vitamin A-induced bone deformity model

Yutaka Haga, Shao-Jun Du, Shuichi Satoh, Tomonari Kotani, Hiroshi Fushimi,

and Toshio Takeuchi

Aquaculture, **315**, 26–33 (2011)

Vitamin A (VA) is an essential nutrient in fish. VA is involved in a large spectrum of biological processes. One of the most important functions of VA is to control embryonic development in animals. In mammals, organogenesis is completed during embryogenesis. In contrast, most marine fish larvae are in a comparatively immature state at hatching and undergo organogenesis during the exogenous feeding stage. This developmental feature of marine fish larvae requires appropriate control of the nutritional composition of the diet to support normal skeleton development. Nutrient deficiency or imbalance results in skeletal deformities that are often recognized in hatchery-reared fish. However, the etiology and precise mechanism of such skeletal deformities are unknown, which makes it difficult to achieve an effective prevention protocol in hatcheries. Skeletal deformities induced by excess VA are a popular model for studying the development of skeletons in fish larvae. Several studies suggest the importance of retinoic acid receptor (RAR) and retinoid X receptor (RXR) pathways in skeletogenesis in fish. This paper reviews the current understanding of VA-induced skeletal deformities and recent progress in this area and proposes future perspectives for model studies.

- (5) Multiple spawning of captive Pacific Bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) as revealed by mitochondrial DNA analysis

Motoki Nakadate, Takashi Kusano, Hiroshi Fushimi, Jidehiro Kondo, Ikuo Hirono, and Takashi Aoki

Aquaculture, **310**, 325–328 (2011)

Sequence analysis targeting the hypervariable mitochondrial DNA-D-loop region was performed to survey spawning patterns of captive Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*). The broodstock consisted of approximately 100 individuals. Sampling of fertilized eggs was conducted for ten days within three weeks in 2007. Among 236 eggs and 31 juveniles analyzed, 25 unique haplotypes were detected, indicating that more than 25 female parents participated in reproduction in the fish cages. Among the 25 haplotypes, 10 were found at relatively high frequencies. Some of these haplotypes were observed to occur at 2 to 3 consecutive days, indicating that the captive bluefin tuna females were capable to consecutively spawn multiple times.

- (6) How to determine the appropriate mortality in experimental larval rearing?
Tomonari Kotani, Masashi Yokota, Hiroshi Fushimi, and Seiichi Watanabe
Fisheries Sci., **77**, 255–261 (2011)

Survival in larval rearing experiments is difficult to estimate due to accidental losses and periodic sampling. The number of sampled fish can be a large proportion of the stocked ones, making it difficult to calculate the overall survival rate and mortality coefficient as this is based on the initial number. Here, a new method of calculating survival is proposed using the mortality coefficient. When the initial stocking density and sampled and final numbers are known, and assuming that mortality coefficient is constant, the final number of fishes can be represented by the formula $N_t = e^{-mt}(N_0 - \sum N_{Sn}e^{mdn})$, where t is rearing period (days), N_0 indicates initial number, N_t indicates the survival number at t days of rearing, m is the natural mortality coefficient, N_{Sn} is the sampled number in the n th sampling, and dn is the rearing period until removal of the n th sample. The provisional mortality coefficient is calculated from initial and final stocking numbers. Then values for the natural mortality coefficient are substituted into the formula with successive approximation. The coefficient, which most closely approximates the actual survival, is determined as the best fit natural mortality coefficient. Examples of larval experiments are provided to demonstrate the method and show that survival is often underestimated using traditional methods.

2. 報文

- (1) 因島におけるグリーンタイドの構成種と季節変化
山岸幸正、垣本健吾
福山大学生命工学部年報 (10), 41–51 (2011)

瀬戸内海中央部に位置する因島小浜海岸におけるグリーンタイドの構成種および現存量を明らかにするために、2008年5月から2011年2月まで毎月本海岸からアオサ藻体を採集して形態観察および *rbcL* 塩基配列の比較により種の同定を行い、さらに浮遊アオサの湿重量の測定を行った。その結果、本海岸からアナアオサ、リボンアオサ、ミナミアオサ、*Ulva rigida* およびアミアオサと近縁な *Ulva* sp. 1の5種の浮遊アオサが確認された。グリーンタイドの現存量は春の時期を中心に

多く(最大 1.59 kg w. w./m²) 秋に減少する変動パターンがみられた。2008 年および 2010 年は 11 月から翌年 1 月または 2 月までグリーンタイドが消失したが、2009 年は 11 月以降もグリーンタイドが消失することはなかった。グリーンタイドに占める各種の割合を調べた結果、アナアオサが年間を通して優占(67-100%)していることが明らかとなり、他の種の割合はわずかであったが、*Ulva* sp. 1 は 2010 年秋に増加し 10 月には 33%を占めた。

3. 学会発表

(1) 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

阪本憲司、神谷将之、山崎崇史、寺迫 晃、前屋敷遼、石塚 彰、黒田達也、
谷口順彦

魚類生態研究会第 22 回大会(長崎)、大会講演要旨集、p. 12 (2011-2)

藻場は沿岸の浅海域で一次生産の場となっており、高い生産力は豊かな沿岸生態系を支えている。また、一次生産を担うだけでなく、間接的に消費者の生活史において欠かすことのできない存在として重要な役割を果たしている。広島県東部に位置する因島沿岸域はアマモ場とガラモ場が発達していることから、藻場の魚類相を調査するのに適した場所であると考え、出現魚種、魚体サイズおよび個体数を調査した。調査は、因島沿岸域のアマモ場とガラモ場で、2008 年(6-12 月)と 2009 年(4-12 月)の大潮の期間に当たる干潮時に行った。調査時間を 1 時間と決め、サデ網(間口 1 m, 網目 3 mm)を用いて水深 1.2m 以浅の潮間帯から潮下帯にかけての藻場で魚類を採集した。採集した魚類は、全て種の同定とサイズ測定を行った。アマモ場では 2008 年は 5 目 22 科 34 種 1185 個体、2009 年は 6 目 5 科 33 種 1584 個体が採集された。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 2008 年は 5 目 15 科 32 種 413 個体、2009 年は 5 目 18 科 35 種 335 個体が採集された。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。

(2) 日本産褐藻アキネトスポラ属の分類学的研究

八重樫康祐、山岸幸正、上井進也、小亀一弘

日本藻類学会第 35 回大会（富山）、大会講演要旨集、p. 75（2011-3）

褐藻シオミドロ目アキネトスポラ属(*Acinetospora*)は、まばらに分枝する単列糸状で、散在する介在成長部を持つことと短い枝を直角に出すことを特徴とする。この属には *A. crinita* (Carmichael ex Harvey) Kornmann と *A. nicholsoniae* Hollenberg の 2 種が認められており、日本では *A. crinita* 1 種のみが報告されている。本研究では、北海道・新潟・広島・熊本・沖縄から得られた *A. crinita* の材料について *rbcL* による分子系統解析及び自然藻体と培養下での形態観察を行った。

その結果、分子系統樹においては、日本産 *A. crinita* は沖縄・熊本・新潟及び北海道の一部の材料から成るグループと、北海道・広島産の材料から成るグループの 2 つに分かれた。前者のグループはヨーロッパ産の *A. crinita* と、後者のグループは同じく糸状の褐藻であるヨーロッパ産 *Feldmannia irregularis* 及び九州産 *Hincksia* sp. と姉妹群となった。2 つのグループ間の塩基配列の違いは約 5 % と大きく、また、ヨーロッパ産 *A. crinita* とともに約 3~5 % 異なり、それぞれ独立した種と考えられる。形態については両グループは非常に類似しているが、前者のグループは成長初期から多くの褐藻毛を伸長させ、成熟時に単子嚢を多数形成するが、もう一方のグループは褐藻毛が見られず、単子嚢も稀にしか形成しない点で差異が見られた。

(3) 広島県因島から 5 年間に採集された海藻種と季節変化

山岸幸正

日本藻類学会第 35 回大会（富山）、大会講演要旨集、p. 78（2011-3）

広島県尾道市因島大浜町八重子島周辺海岸において、2006 年度を除き 2005 年度から毎月海藻の採集調査を継続している。本発表では 5 年間に得られた海藻種およびその季節性やいくつかの分類学的知見について紹介する。本調査地から少なくとも緑藻 40 種、褐藻 55 種、紅藻 128 種、合計 223 種の海藻が得られた。2009 年 11 月に八重子島のヨレモク上から採集した褐藻ナミマクラ科の *Neoleptonema yongpili* E.-Y. Lee et I. K. Lee は日本新産種である。本種はわずかに発達した半球状の髄層と 1 列細胞の直立糸をもち、複子嚢が直立糸と髄層末端の両方に形成される特徴がある。ルビスコスパーサーでは因島の藻体は韓国の *N. yongpili* と比べて 1 塩基置換および 1 個所の欠失がみられた。今後、本種と形態が類似する日本産

ナミマクラモドキ属 *Leptonematella* について関係を明らかにする必要がある。八重子島岩礁の潮間帯上部にある洞穴から、フジマツモ科ハイイトグサ *Lophosiphonia hayashii* に類似する紅藻が見つかった。藻体は糸状で錯綜シマット状に岩面を広く覆い、周軸細胞は 8-14 個あり、枝先に毛状枝をもつ。本種は 1 年中みられるが、生殖器官はまだ確認されていない。ハイイトグサは Segawa (1949) により伊豆諸島および下田の標本をもとに記載されたが、それ以外の分布や詳しい形態的特徴の情報が乏しく今後の研究が必要である。

(4) 魚粉削減飼料給餌ブリに対する植物乳酸菌の免疫賦活効果

河原栄二郎、根津晴菜、川上悠子、山内 聡、堀内三津幸

平成23年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 138（2011-3）

【目的】近年、魚粉需要が高まって、その価格が高騰しているため、魚粉削減飼料が普及し始めている。しかし、魚粉の削減分を SBM や CGM などの植物性蛋白で単純代替した飼料では、成長率や生残率の低下が懸念される。そこで、本研究では魚粉削減飼料に植物乳酸菌を添加し、ブリの成長および非特異免疫能に及ぼす影響について調べた。

【方法】供試菌には平均体重 567g のブリを用い、10～12 月の 2 ヶ月間飼育した。飼料には CP、CL を同レベルに調整した魚粉 50%EP (FM50) と植物性蛋白の配合率を高めた魚粉 30%EP (FM30) を用いた。日間給餌率は約 2% の定率制限給餌とした。試験区には、中間時と終了時の各 6 日間ずつ FM30 に *Lactobacillus plantarum* 加熱死菌 (LP) 添加して投与した区 (1 区)、同 LP 非投与区 (2 区) および FM50 の給餌区 (3 区) を設定した。体重と尾数の計測は飼育中間時と終了時の 2 回行った。さらに、終了時には頭腎および腸管の白血球の殺菌能、血清の溶血補体活性、血清および腎臓のリゾチーム活性を測定した。

【結果】供試魚の最終平均体重は 1、2 および 3 区で各々 792、758 および 800g となった。補正飼料効率は前半では 2 区よりも 1 区で改善されたが、水温の低下した後半では差異は認められなかった。白血球の殺菌能は頭腎では 2 区よりも 1 および 3 区のほうが有意に高く、腸管では 2 および 3 区よりも 1 区のほうが有意に高くなった。溶血補体活性は 2 および 3 区よりも 1 区のほうが有意に高くなった。リゾチーム活性は血清では各区間に差異は認められなかったが、後腎では 2 および 3 区よりも 1 区のほうが高い傾向を示した。したがって、*L. plantarum* 加熱死菌はブリに対して魚粉削減飼料の飼料効率を改善するとともに、非特異免疫能を賦活し抗病性を高めると推察される。

- (5) 血清添加培養した *Streptococcus parauberis* の溶血毒素の産生性
菅谷恵美、貴島ゆう希、河原栄二郎
平成23年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 157（2011-3）

【目的】 これまでに、ヒラメ病魚由来 *S. parauberis* の溶血毒素の産生性について検討し、ヒラメ血清添加培地を用いて培養した定常期の培養上清が魚類だけでなく、ほ乳類の赤血球に対しても溶血性を示すことが明らかとなっている。本研究では、血清の種類および添加量が本菌の溶血毒素の産生に及ぼす影響について検討した。

【方法】 供試菌にはヒラメ病魚の腎臓から分離された *S. parauberis* NF 4 株および KP 1 株を用いた。各供試菌株を 5 % 正常ヒラメあるいはウサギ血清を添加したトリプトソーヤ液体培地（TSB）に接種し、25℃ で 120 時間の振とう培養を行った。培養後、菌の発育は経時的に培養液の OD₆₀₀ を測定するとともに、トリプトソーヤ寒天培地を用いて生菌数を求めて調べた。また、溶血活性は遠心分離して得られた培養上清と 2% ヒラメあるいはウサギ赤血球浮遊液を混合して 25℃、30 分間反応後、遠心分離して得た上清の OD₅₄₀ を測定して求めた。さらに、ヒラメ血清をそれぞれ終濃度 1、5 および 10 % となるように添加した TSB を用いて菌の発育および培養上清の溶血活性についても同様に調べた。

【結果】 菌の発育はいずれの菌株でも培養 24 時間後に定常期となり、ヒラメ血清添加培地よりもウサギ血清添加培地でよく発育した。しかし、培養上清のヒラメおよびウサギ赤血球に対する溶血活性は、ヒラメ血清添加培地では認められたが、ウサギ血清添加培地ではいずれに対しても認められなかった。また、NF4 株の方が KP1 株よりも高い溶血活性を示し、菌株間で溶血活性の強さの違いが認められた。1、5 および 10 % ヒラメ血清添加培地での菌の発育は、それらの間に大きな差は認められなかったが、ヒラメ赤血球に対する溶血活性は 5 および 10% 血清添加培地で高い値となった。

- (6) クロマグロ健苗育成技術開発研究II - 2. 平成22年度の採卵結果、特に人工種苗生産親魚からの採卵
草野 孝、伊藤 暁、神村祐司、斉藤 誠、赤澤敦司、川本智彦、鎮原正治、古西健二、小野寺純、佐藤秀一、小谷知也、伏見 浩
平成 23 年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 164（2011-3）

【目的】 クロマグロの人工生産種苗の量的確保と健苗育成技術開発の基礎として採卵の安定化を図る。完全養殖を達成するために人工生産種苗を採卵用親魚まで養

成し、採卵する。

【方法】日本海産天然種苗由来の2005年生まれ群（5歳）150尾（推定体重200kg前後）、太平洋産天然種苗由来の2007年生まれ群（3歳）195尾（推定体重70~90kg）、および人工種苗2006, 2007年生まれ群（3, 4歳）68尾（推定体重40~80kg）を継続して養成した。これら各群から自然産卵による受精卵を採集した。

【結果】平成22年5月27日~9月17日に卵キャッチャーを各親魚生簀に設置し、産卵の有無の確認を行った。天然2005年生まれ群（5歳）は6月10日に産卵が確認された。水温は24℃台であった。次いで、人工2006, 2007年生まれ群（3, 4歳）の産卵が7月6日に確認された。水温は26.3℃であった。天然2007年生まれ群の産卵は8月31日に確認され、水温は28℃前半であった。年齢が高く、大形になるほど産卵開始時の水温が低くなり、産卵期間は長期化するものと思われた。天然3歳群の産卵は3回認められただけであった。人工生産親魚からの採卵は初めてであり、種苗生産のために5回収容を行った。これにより、完全養殖への第1歩を踏み出した。

(7) クロマグロ健苗育成技術開発研究II - 3. 平成22年度の種苗生産結果、特に完全養殖の成功

草野 孝、伊藤 暁、神村祐司、斉藤 誠、赤澤敦司、川本智彦、鎮原正治、古西健二、小野寺純、佐藤秀一、小谷知也、伏見 浩
平成23年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p.164（2011-3）

【目的】クロマグロの健苗育成技術開発の基礎として種苗生産の安定化を図る。また、人工種苗から養成した親魚からの採卵を達成したので、完全養殖を達成する。

【方法】日本海産天然種苗由来の2005年生まれ群（5歳）150尾（推定体重200kg前後）から得た受精卵320万粒を2011年6月22日~7月27日に4回次、人工種苗2006, 2007年生まれ群（3, 4歳）68尾（推定体重40~80kg）から得た受精卵339万粒を2011年7月15日~9月3日に5回次にわたり、35または80kL水槽に収容して種苗生産を行った。

【結果】2005年生まれ天然親魚から得た受精卵320万粒を用い、31~36日間の飼育によって57~62mmの沖出し稚魚9,700尾を生産した。収容受精卵の平均孵化率は96.1%、平均生産歩留まりは0.30%であった。人工種苗由来の親魚から得た受精卵339万粒を用い、29~32日間の飼育によって49~58mmの沖出し稚魚（完全養殖稚魚）20,400尾を生産した。収容受精卵の平均孵化率は96.3%であった。平均生産歩留まりは0.63%であった。人工種苗由来親魚から得た受精卵の孵化率は天

然親魚から得た受精卵の孵化率と同等であった。完全養殖種苗の平均生産歩留まりは、天然親魚からのそれよりも高かった。継代することにより種苗生産歩留まりを向上させうるかもしれない期待がある。

(8) クロマグロ健苗育成技術開発研究 II-4 ワムシ栄養価値改善のための強化剤の試作結果

小谷知也、伏見 浩、福島英司、佐藤信光、天野里美、佐藤秀一、芳賀 穰、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、伊藤 暁、草野 孝

平成 23 年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 164 (2011-3)

【目的】本プロジェクトではこれまでワムシ栄養強化剤を自作し、クロマグロ健苗育成技術開発を試みている。以前作製した強化剤ではマダイおよびヒラメ種苗生産で良好な成績であったが、クロマグロ種苗生産では、市販の強化剤使用時の成績に及ばなかった。本研究では、再検討して DHA/EPA 比を変えて作成した改良栄養強化剤を用いてワムシを強化した時の脂肪酸組成およびアミノ酸組成から強化成績を評価した。

【方法】タンパク源を牡蠣由来ペプチド粉末とし、高濃度 DHA 含有油、高濃度 EPA 含有油および純オレイン酸を脂質源としてビタミン類、ミネラル類を配合して栄養強化剤を作成した。高濃度 DHA 含有油および高濃度 EPA 含有油の配合量を調整して、ワムシ中の DHA/EPA 比が 2/1、3/1、4/1 および 5/1 となるように作成した。作製した改良強化剤でワムシを強化し、アミノ酸組成および脂肪酸組成の分析を行った。各組成は、旧強化剤、市販剤 2 種で強化したものと比較した。

【結果】ワムシを作成した強化剤で強化した結果、設定通りの DHA/EPA 比となった。また、アミノ酸組成は、強化剤間で大きな違いはなく、市販剤とも違いはなかった。今後、この新たに作製した強化剤をクロマグロ種苗生産実験で使用する予定である。

(9) クロマグロの健苗育成技術開発研究 II-5 クロマグロ仔魚の体組成に及ぼすタウリン・DHA 強化ワムシ給餌の影響

天野里美、佐藤秀一、芳賀 穰、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 23 年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 165 (2011-3)

【目的】クロマグロ仔・稚魚の栄養要求を検討するために、給餌するシオミズツ

ポワムシ (ワムシ) へのドコサヘキサエン酸(DHA)および多雨林の強化の影響を検討した。

【方法】DHA および多雨林を強化したワムシを培養し、ふ化後 2 日目のクロマグロ仔魚に給餌し、ふ化後 18 日目までの仔魚の一般組成、脂肪酸組成、アミノ酸組成の刑事変化を検討した。

【結果】ワムシを市販の DHA の強化剤を用い培養することにより、ワムシの DHA は以前のものに比較し、3 倍以上高くなった。また、タウリンも同様に市販の強化剤を用いることにより、その含量は 6-10 倍となった。これら強化されたワムシをクロマグロに給餌すると、以前は 7 日目付近から著しく減少していた DHA およびタウリンは、ほとんど減少せずにふ化時の値を保っていた。また、仔魚の生残率も DHA およびタウリンを強化することで改善される傾向がみられた。これらの結果より、クロマグロ仔魚に給餌するワムシは DHA およびタウリンを強化する必要があると推察された。

(10) クロマグロの健苗育成技術開発研究 II-5 クロマグロ仔魚の体組成に及ぼす
タウリン・DHA 強化ワムシ給餌の影響

天野里美、佐藤秀一、芳賀 穰、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 23 年度日本水産学会春季大会 (東京)、講演要旨集、p. 165 (2011-3)

【目的】クロマグロ仔・稚魚の栄養要求を検討するために、給餌するシオミズツポワムシ (ワムシ) へのドコサヘキサエン酸(DHA)および多雨林の強化の影響を検討した。

【方法】DHA および多雨林を強化したワムシを培養し、ふ化後 2 日目のクロマグロ仔魚に給餌し、ふ化後 18 日目までの仔魚の一般組成、脂肪酸組成、アミノ酸組成の刑事変化を検討した。

【結果】ワムシを市販の DHA の強化剤を用い培養することにより、ワムシの DHA は以前のものに比較し、3 倍以上高くなった。また、タウリンも同様に市販の強化剤を用いることにより、その含量は 6-10 倍となった。これら強化されたワムシをクロマグロに給餌すると、以前は 7 日目付近から著しく減少していた DHA およびタウリンは、ほとんど減少せずにふ化時の値を保っていた。また、仔魚の生残率も DHA およびタウリンを強化することで改善される傾向がみられた。これらの結果より、クロマグロ仔魚に給餌するワムシは DHA およびタウリンを強化する必要があると推察された。

(11) クロマグロの健苗育成技術開発研究 II - 6 クロマグロの仔稚魚期における消化酵素活性の変化と日周リズム

川合真一郎、黒川優子、藤井あや、張野宏也、神村祐司、赤澤敦司、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 23 年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 164（2011-3）

【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、給餌回数などを決める際に、仔稚魚の消化生理を把握しておくことは重要である。本研究では昨年度に引き続き、ふ化後 30 日までの仔稚魚における消化酵素活性の変化と活性の日周リズムを調べた。

【方法】2010 年 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 型シオミズツボムシ、ハマフエフキダイ仔魚、マグロ用配合飼料などを与えて飼育した。適当な個体数の仔稚魚を摩砕後、10,000 X g、5 分間の遠心分離を行い、上清を粗酵素液とした。消化酵素はトリプシン、キモトリプシン、リパーゼ及びアミラーゼの活性を測定した。また、ふ化後 20、25 および 30 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】ふ化後 12 日において、トリプシンやキモトリプシンの全活性はいったん低下するが、その後、活性は増加し、とくにふ化後 20 日のトリプシンやキモトリプシンの活性上昇は急激であり、餌料転換期をうかがわせた。ふ化後 20 日のトリプシンやキモトリプシンの活性は過去 3 年間に得られた結果と同様に 15~21 時の間、明らかに高かったが、深夜~早朝の活性は非常に低かった。リパーゼやアミラーゼ活性も類似の傾向がみられた。しかし、ふ化後 25 および 30 日においては両活性の個体差が大きくなるとともに、活性の日周リズムは不明瞭になった。

(12) 八田原ダムにおける水温及び窒素・リン濃度の鉛直分布からみた躍層低下循環装置のアオコ抑制効果

藤井啓子、名上瑞輝、北口博隆、満谷 淳

平成 23 年度日本水産学会春季大会（東京）、講演要旨集、p. 173（2011-3）

広島県東部の八田原ダムに設置された躍層低下循環装置が水温や N・P 濃度の鉛直分布へ及ぼす影響について検討した。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 2010 年 4-11 月に計 10 回、表層から底層の水温、濁度、蛍光量を測定すると同時に、表層及び底層まで数 m ごとに湖水を採取し、研

究室にて N・P 濃度を測定した。水温は、調査数日前に大雨が降った 7 月を除く 4-9 月で、水深約 25 m までほぼ一定で、以深では表層よりも 5-15℃低かった。濁度は 7 月に水深 20 m 以深で高く、それ以降も水深 30-35 m で表層よりも著しく高かった。蛍光量は、St. 1、3 の 6-8 月で水面よりも 1 m 下で高く、装置に最も近い St. 2 では 6 月下旬を除き表層から底層までの変化が小さかった。また、N・P 濃度はともに昨年度よりも高めで、7 月には無機態リン濃度がさらに上昇した。以上の結果から、躍層低下循環装置は、一度に多量の河川水が流れ込むような状況を除き、表層から水深 20 m までに水温一定の循環混合層を形成することで、それより下の N・P が表層へと移行することを妨げ、アオコの増殖を抑制しているものと考えられた

(13) 広島県東部の 1 干潟におけるアサリ殻長組成の季節変動

北口博隆、藤井啓子、満谷 淳

平成 23 年度日本水産学会春季大会(東京)、講演要旨集、p. 181 (2011-3)

アサリ資源の回復を目指すためには、地域ごとの現状や減耗要因を調査した上で対策を立てる必要がある。本研究では、広島県尾道市因島の 1 干潟において、アサリの減少要因と回復策を探るための基礎として 2008 年から 2010 年までアサリ密度のモニタリングを実施した。また、アサリ資源の増大に効果があるとされる被覆網の効果について検討した。アサリの殻長組成は各年ともに同様の傾向を示し、春から初夏に現れた殻長 10 mm 以上の個体群が秋にかけて殻長 15 mm 程度にまで成長するが、翌年までに消滅した。殻長 20 mm 以上の個体は、放流を行った 2008 年 5 月以外にはほとんど存在しなかった。また、2009 年 11 月に被覆網を設置した調査区ではアサリ密度が高く、翌年夏には 20 mm 以上の個体が多く検出され、被覆網の設置はアサリ資源の保護に効果があると考えられた。これらのことから、本干潟においてアサリ資源回復を目指すためには、食害対策と晩秋の減耗要因の解明が必要であると考えられた。

(14) ノリの色落ちを識別するための遺伝子マーカーの探索

三輪泰彦、山岸幸正

平成 23 年度日本水産学会春季大会(東京)、講演要旨集、p. 182 (2011-3)

【目的】瀬戸内海をはじめ、日本の多くの内湾海域では養殖ノリの色落ちが起きている。ノリの色落ちの直接の原因は大型珪藻が繁殖し、栄養塩を使い尽くし、海水が貧栄養化することである。ノリの色落ちを防ぐには色落ちの原因を早期に

明らかにし、色落ちを解決するための具体的な方策を立てることが必要である。そこで遺伝子 DNA を調べることにより色落ちの早期予測を可能にする技術確立することを目的とした。

【方法】海水中の窒素やリン、金属 (Fe, Cu, Zn, Mn) の欠乏 (1, 3, 5, 7, 9 日間) がノリの色落ちに及ぼす影響を実験室レベルで調査し、細胞の様相を顕微鏡で観察した。ノリの色落ちの識別に利用可能な遺伝子マーカーを RT-PCR 法によって遺伝子の発現量を解析することにより探索した。遺伝子マーカーは我々の研究室で単離した遺伝子と、かずさ DNA 研究所のスサビノリ EST データベースの中から検索した遺伝子をそれぞれ用いた。

【結果】窒素やリン、Fe、Cu の欠乏状態の葉体で退色がそれぞれみられたことから、これらの栄養素の不足が色落ちの原因であることが示唆された。

RT-PCR 法によって遺伝子の発現量を解析した結果、窒素欠乏では開始後 1 日目で硝酸同化に関わる 2 つの遺伝子の発現量が減少した。リン欠乏では開始後 1 日目でアルカリ性ホスファターゼ遺伝子の発現量の増加がみられた。Fe 欠乏では開始後 1 日目で鉄の輸送や貯蔵に関わる遺伝子の発現量の増減が観察された。Cu 欠乏では開始後 1 日目で Cu 結合タンパク質遺伝子の発現量が減少した。これらの遺伝子はノリの色落ちを識別するための遺伝子マーカーとして利用可能であることが示された。今後はノリ養殖の現場で遺伝子マーカーを用いて色落ちの原因を特定できるかを検証していきたい。

(15) C₂H₂ 型ジンクフィンガータンパク質をコードするスサビノリ ZPS 遺伝子のクローニングと解析

猪塚清孝、山岸幸正、三輪泰彦

平成 23 年度日本水産学会春季大会 (東京)、講演要旨集、p. 182 (2011-3)

【目的】我々の研究室では、紅藻スサビノリのリン欠乏応答機構を分子レベルで解明することを目指している。これまでにリン欠乏の葉状体から作製した cDNA ライブラリーの EST 解析からジンクフィンガータンパク質をコードする (ZPS) 遺伝子の部分クローンが単離された。本研究では、この遺伝子産物がリン欠乏応答遺伝子の発現制御を担う転写因子であると考え、ZPS 遺伝子のクローニングと機能解析を行うことを目的とした。

【方法】ZPS 遺伝子の cDNA の 5' 末端を得るために、5'RACE 法を行った。得られた断片の塩基配列を決定した。RT-PCR 法により ZPS 遺伝子の発現解析を行った。pCOLDI 発現ベクターを用いて大腸菌内での ZPS 遺伝子の発現を行った。リン欠乏応答遺伝子上流域を含む断片を用いたゲルシフト法で ZPS タンパク質の DNA 結

合能を解析した。

【結果】ZPS cDNA の塩基配列の全長は 1,847 bp で、その ORF は 494 アミノ酸からなるタンパク質 (分子量 52.2 kDa) をコードしていた。この推定アミノ酸配列は Rat と Mouse のジンクフィンガータンパク質と高い同一性を示した (43%)。また、推定したアミノ酸配列の C 末端領域には 3 個のジンクフィンガーモチーフを有するドメイン構造が存在した。さらに RT-PCR 解析により ZPS 遺伝子の発現を解析した結果、リン欠乏条件下で特異的に発現していることが明らかになった。次に大腸菌内で発現した ZPS タンパク質を用いてゲルシフト法で解析した結果、ZPS 組換えタンパク質は特異的にリン欠乏応答遺伝子上流域を含む断片に結合しなかった。そこで現在、リン欠乏状態の葉状体から ZPS タンパク質の分離・精製を試みているところである。

(16) ヒラメ仔稚魚の発育に伴う代謝量の日内変動

宮嶋 暁、福田靖子、酒井悠千、小谷知也、伏見 浩

平成 23 年度日本水産学会春季大会 (東京)、講演要旨集、p. 186 (2011-3)

【目的】本研究はヒラメ仔稚魚の発育に伴う酸素消費量の日周リズムを把握し、その知見を健苗育成技術の基礎とすることを目的とした。

【方法】1kL 黒色ポリエチレン製円形水槽を用い、12L:12D の日長条件で卵から稚魚まで飼育したヒラメ仔稚魚を代謝量測定に用いた。発育段階毎に飼育水槽から無作為に採取した供試魚の消化管内容物を試験前日から排泄させた。測定は 8 時から翌日の 8 時まで 4 時間毎とし、発育段階毎の安静時代謝量の日内変動について調べた。酸素消費量測定には密閉式測定方法を用い、単位体重当たりの酸素消費量 (SMR) を求めた。

【結果】孵化直後から脊索末端上屈完了までの発育段階における SMR は全体的に高い値を示し、日周性が認められた。孵化直後の SMR のピークは昼と夜に現れた。開口日から腸管回転完了時には夕方から夜間に SMR は増加した。それ以降、脊索末端上屈完了下でにおいては夕方から早朝に SMR が増加する傾向が認められた。また、配合飼料給飼開始時には SMR は全体的に低い値を示したが、16 時と翌朝 8 時に SMR はピークが見られた。これらを除く発育段階の酸素消費量は低い値を示し、日周性は認められなかった。

(17) スクミリングガイの血リンパ液および卵抽出物の凝集活性

河原栄二郎、山田千明

平成23年度日本水産学会春季大会 (東京)、講演要旨集、p. 233 (2011-3)

【目的】貝類の凝集素の特性は、マガキの血リンパやアフリカマイマイの体表粘液などに含まれる凝集素について調べられており、凝集素は生体防御に関与する因子として重要な働きを有すると考えられている。本研究では、スクミリンゴガイ (*Pomacea canaliculata*) の血リンパ液および卵抽出物の凝集素の生物学的特性について検討した。

【方法】供試員には広島県福山市内で採集した平均体重 24.5g のスクミリンゴガイを用いた。血リンパ液は供試員から採血後、遠心して分離した。卵抽出物は供試員産出の卵を生理食塩水でホモジナイズ後、遠心分離して調整した。血リンパ液および卵抽出物の各種動物赤血球に対する凝集活性は段階希釈してマイクロタイター法で調べたのち、ウサギ赤血球を用いて至適反応温度、至適反応 pH、熱安定性および 2-メルカプトエタノール (2-ME) 感受性について検討した。

【結果】血リンパ液はマダイ、ウサギ、コイ、ニワトリ、モルモットの赤血球の順で高い凝集活性を示した。卵抽出物はガチョウ、ウサギ、ヒラメ、コイ、ウシの赤血球の順で高い凝集活性を示した。至適反応温度は血リンパ液では 25-30℃、卵抽出物では 37℃であった。至適反応 pH は血リンパ液では pH7.5-8.0、卵抽出物では pH5.5-6.0 であった。血リンパ液および卵抽出物を 100℃で 10 min 加熱すると、凝集活性は血リンパ液で 25%、卵抽出物で 33%まで低下した。2-ME 感受性は血リンパ液では認められなかったが、卵抽出物では認められた。以上のことから、血リンパ液および卵抽出物は凝集する赤血球の種類、至適反応条件および 2-ME 感受性の有無で差異が認められたことから、これらに含まれる凝集素は異なることと推察される。

(18) 上関町宇和島におけるオオミズナギドリの繁殖生態

渡辺伸一、飯田知彦

奇跡の海を守ろう“カンムリウミスズメと上関（瀬戸内海）の生物多様性”国際シンポジウム（広島）、講演要旨集、p.9 (2011-4)

オオミズナギドリは、主に日本近海の離島で繁殖する海鳥である。夏季に繁殖地へ飛来し、冬季になるとフィリピンやオーストラリア北部周辺へと南下して越冬する。伊豆諸島や東北地方、京都府には数十万羽が集団で繁殖する一大繁殖地が知られており、繁殖地が国の天然記念物に指定されているところもある。本種は日本を代表する海鳥であるが、近年、上関町宇和島で繁殖が確認されるまで、瀬戸内海における繁殖地は知られていなかった。

本種のような海鳥は、海洋生態系の高位に位置し、魚やイカなどを採餌する捕

食者である。特に、繁殖期間中は、雛を育てるために多量に餌を摂取する必要があるため、その繁殖生態は周辺の海洋環境の影響を強く受ける。また、子育て中の親鳥は、巣から良質な餌場をもとめて長距離を飛行する採餌旅行を行い、その距離は千 km を超えることもある。よって、その繁殖状況ならびに採餌場所の分布は、その海洋環境や水産資源の分布の指標となり得る。本講演では、上関町宇和島における本種の繁殖状況を調査した結果について紹介し、瀬戸内海西部海域の海洋環境との関係について述べる。

2010年7月から11月に、島内でもっとも繁殖巣が集中する地域で調査を行った。調査の結果、オオミズナギドリのものと思われる62巣を発見したが、雛が確認されたのはわずか10巣で、最終的に巣立ちを迎えたのは4巣のみだった。島内の他地域には巣はほとんど分布していないことから、その4羽が島全体の繁殖個体数である可能性が高い。

8月中旬から9月に、雛への給餌を行う親鳥にGPSデータロガーを装着して、採餌海域の特定と採餌行動について調査した。5羽の親鳥から得られたGPSデータを解析した結果、採餌海域は周防灘周辺に限定しており、太平洋や日本海における他の繁殖集団の結果と比較して極端に狭いことが明らかになった。また、他の繁殖集団では数日間かけて遠くの餌場へ向かう長期の採餌旅行が行われることがあるが、本調査の結果では、ほとんどの場合日帰りで帰島した。

以上の結果から、瀬戸内海西部海域には、海鳥にとって良質な餌場が存在すると考えられる。一方、本種の繁殖個体数が少ないことから、大きな繁殖集団を維持するのに十分な餌資源が存在していないともいえる。繁殖期中に島周辺の海上で100羽以上の群れが観察された。瀬戸内海で他に本種の繁殖地がないとすると、宇和島の繁殖集団の多くが採餌場に集中したことになる。一般的に、海鳥は集団を形成して情報を共有することで良質な餌場を効率よく発見すると言われている。その場合、小集団では遠くの餌場の情報を得るのが困難であるため、宇和島のオオミズナギドリは、周防灘に限定した地域で採餌集団を形成しているのかもしれない。

(19) ミズクラゲのストロビレーションに及ぼす低温処理の影響

高村克美、若杉麻子、加藤皓史、藤原勇輝、蓮池裕之

第82回日本動物学会年会（旭川）、要旨集、p166（2011-9）

ミズクラゲのストロビレーションにおける低温処理の影響を、その処理時間を変えることにより調べた。その結果、15度の低温処理では、処理後約14日でストロビレーションが開始するが、低温処理時間が10日以上経過していると、飼育水

温を 20 度に戻してもストロビレーションが起こること、またストロビレーションが起これば、20 度の方がその後の経過が早く進むこと、が明らかになった。つまり、低温処理がストロビレーションの開始には必要だが、その維持には必要でないことを示す。

(20) 試作栄養強化剤を用いたシオミズツボワムシの栄養強化成績と持続性

福島英司、宮嶋 暁、伏見 浩、小谷知也、芳賀 穰、佐藤秀一、佐藤信光、伊藤 暁、草野 孝

平成 23 年度日本水産学会秋季大会（長崎）、講演要旨集、p. 37（2011-9）

【目的】連続培養で培養したワムシ（連続培養ワムシ）に DHA/EPA の比率が異なる試作栄養強化剤を用いて栄養強化を行った。試作栄養強化剤に対するワムシの耐性と栄養強化の効果の持続性について検討を行った。

【方法】DHA/EPA の比率を 2/1、3/1、4/1、5/1 とした試作栄養強化剤を用いて連続培養ワムシの栄養強化を行った。対照として市販の栄養強化剤（2/1）を使用した。25℃に設定した水槽に各栄養強化剤を添加して 12 時間の栄養強化を行った。栄養強化終了後に栄養強化したワムシを水温を 18℃に調整した水槽に収容し、経時的にサンプリングを行った。サンプリングは、0h、4h、8h、12h、24h、48h 後とした。各時間経過後に回収したサンプルは、湿重量を測定した後に脂肪酸組成の分析に供するまで -80℃で冷凍保存した。Folch et al.（1957）の方法を用いて脂質を抽出し、ガスクロマトグラフィー法を用いて脂肪酸組成の分析を行った。

【結果】栄養強化直後のワムシの生残数は、各栄養強化剤区で増加の傾向が認められた。水温 18℃の海水中では、時間経過とともにワムシの個体数は徐々に減少したものの、各栄養強化剤区には有意差は認められなかった。ワムシの携卵数は、徐々に減少したが、各栄養強化剤区に有意差は認められなかった。以上の結果から、試作栄養強化剤はワムシに対して安全であると認められた。

(21) ワムシの栄養価の違いがヒラメ仔稚魚の発育に伴う体組成におよぼす影響

宮嶋 暁、福田靖子、伏見 浩、小谷知也、Nguyen Van Tien、芳賀 穰、佐藤秀一

平成 23 年度日本水産学会秋季大会（長崎）、講演要旨集、p. 38（2011-9）

【目的】仔魚期の急激な成長と発育を支え、健苗性の高い飼育技術開発の基礎とするために栄養価に差のあるワムシを給餌したヒラメ仔稚魚の発育に伴う体組成の変化について検討した。

【方法】試験魚の飼育には 1kL 円形水槽を用いた。培養方法および栄養強化の有無により 4 種類の異なる栄養価のワムシを給餌した。各試験水槽の仔稚魚の 80% が各発育段階に到達した時に消化管内容物を排泄させ、孵化直後から稚魚までの 9 つの発育段階の一般組成と脂肪酸組成の分析を行った。

【結果】栄養強化を施したワムシ、特に連続培養法で培養したワムシの DHA および EPA 含量が有意に高かった(Mann-Whitney's U-test, $p < 0.05$)。連続培養法を用いて培養後、栄養強化を施したワムシを給餌した試験区の魚体中の DHA 含量は脊索末端上屈開始前後で、有意に高かった(Mann-Whitney's U-test, $p < 0.05$)。EPA 含量には有意差は認められなかった。栄養強化を施したワムシを給餌した試験区の魚体中のタンパク質および脂質含量は脊索末端上屈開始前後で有意に高くなった(Mann-Whitney's U-test, $p < 0.05$)。脊索末端上屈開始時期の魚体中の灰分含量には差が無く、下尾骨の硬骨化が始まった変態中期以降では栄養強化を施したワムシを給餌した試験区での含有量が有意に高かった(Mann-Whitney's U-test, $p < 0.05$)。

(22) 児島湖の三倍体ギンブナの孵化時間、塩分耐性、水温適応性におけるクローン系統間差

村井 悠、阪本憲司、谷口順彦

平成 23 年度日本水産学会秋季大会 (長崎)、講演要旨集、p. 44 (2011-9)

【目的】三倍体ギンブナ(*Crassius langsdorffii*)の一腹子は、遺伝的に均一なクローンであることが知られている。クローン内の個体差は環境要因によるため、容易に環境分散を検出できる。そのため、三倍体ギンブナはモデル実験魚としての利用価値が高いといえる。魚類の発生や成長に影響を及ぼす環境要因として、塩分や水温が挙げられる。本実験では発生の初期に注目し、異なる塩分量および水温の違いが孵化率に与える影響を調べた。

【方法】人工授精させた三倍体ギンブナの授精卵をスライドガラスに付着させ、異なる塩分量および異なる水温に設定した水槽に収容し、孵化時間を測定した。塩分は 0、5、10 および 15 ppt に調整し、水温は 15、20 および 25°C に設定した。一試験区あたり、受精卵が 200 個前後となるようにした。孵化率を、照明点灯時 (9 時間 30 分/日) に 30 分おきに調べた。なお、本実験はクローン 2 系統を用いた。

【結果】採卵に用いた親魚 2 個体は、血球塗末標本により三倍体と確認され、マイクロサテライト DNA (GF-1, GF-17, GF-29) 多型が異なったことから異なるクローンであることが解った。2 系統間 (SCC-KL1 および SCC-KL2) において塩分と水温の違いが孵化率に及ぼす影響を調べた結果、塩分においては SCC-KL 1 系統が

SCC-KL2 系統よりも孵化時間が早く、孵化率も高かった。また、水温耐性については SCC-KL1 系統が SCC-KL2 系統よりも孵化時間が早く、孵化率も高かった。これらの結果から、三倍体ギンブナでは、塩分や水温が孵化時間および孵化率に大きく影響を及ぼすことが明らかとなり、クローン間で大きく異なることが明らかとなった。本結果から、塩分耐性や水温耐性が遺伝的な影響を強く受けることが示唆された。

(23) 瀬戸内海しまなみ海道海域におけるメバル 3 型の遺伝的分化

加藤 瑞、阪本憲司、谷口順彦

平成 23 年度日本水産学会秋季大会（長崎）、講演要旨集、p. 45（2011-9）

【目的】メバル(*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。本種は、瀬戸内海において、漁業および遊漁のターゲットとしても重要性が高い。近年、メバルは形態および AFLP 解析により A 型(*S. inermis*, 赤色)、B 型(*S. ventricosus*, 黒色)および C 型(*S. cheni*, 白色)の 3 種に分類された。本研究では、瀬戸内海しまなみ海道海域に棲息するメバルにおける、色彩の 3 型および胸鰭軟条数の変異および MtDNA 遺伝マーカー多型の出現状態に関して調査を行った。

【方法】供試は、2010 年 5 月～7 月にしまなみ海道に隣接する因島、生口島、大三島、伯方島および大島で釣りにより採取した。メバルは形態(全長、体長、体重、胸鰭軟条数、臀鰭軟条数)を測定後、背鰭組織から DNA 抽出し、ミトコンドリア DNA の D-Loop 領域を H16498 および L15924 により、サイトクローム B(*CytB*)領域を H15149 および H14317 Glu により PCR によってそれぞれ増幅した。増幅された DNA 断片は 3500xL Genetic Analyzer(ABI)を用いて塩基配列を決定し、形態の測定値と対比させた。

【結果】メバルの体色の 3 型と胸鰭軟条数の変異、(15～17 本)の間に対応関係は認められなかった。MtDNA の D-Loop 領域の主要ハプロタイプ 3 型(No.8、29 および 36)のそれぞれに体色の 3 型、胸鰭軟条数の 3 型が確認された。*CytB* 領域においては、5 つのハプロタイプが認められ、それぞれのハプロタイプ内に、体色の 3 型と胸鰭軟条数の 3 型が認められた。また、胸鰭軟条数の各型内のハプロタイプ構成には統計的有意差が認められた。

(24) 宮城県名取川における震災による攪乱後のヤマトシジミの生息状況

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 23 年度日本水産学会秋季大会（長崎）、講演要旨集、p. 65（2011-9）

【目的】名取川は、ヤマトシジミの漁場として重要であり、東日本大震災による攪乱後のヤマトシジミの生息状況を把握する必要がある。本研究では、攪乱前と攪乱後の調査結果を比較することにより、ヤマトシジミ資源に震災による攪乱が与えた影響、特に分布、食性の変化について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 1.5km 上流に St. 1、3.5km に St. 2、4.5km に St. 3 を定めた。調査は、攪乱前の 2009 年 6 月から 2010 年 4 月、攪乱後 2 ヶ月の 2011 年 5 月 21 日、3 ヶ月後の 6 月 15 日に行なった。漁場の物理環境およびヤマトシジミの生息状況を調査した。さらに、ヤマトシジミの安定同位体比($\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$)解析を行なった。2、3 ヶ月後の St. 1、St. 2 の調査は、立ち入り不可能であったため、当業者からの聞き取り調査により分布を把握し、St. 3 のみ調査した。

【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、分布密度が最も高かった。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。聞き取り調査の結果、攪乱後 2、3 ヶ月後の分布密度は、いずれの場所でも大きく低下した。St. 3 では、多少生残していたが、殻長 10mm 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、攪乱前と明らかな差は認められなかった。

攪乱前のヤマトシジミの $\delta^{13}\text{C}$ は St. 1 で $-22.3 \pm 0.5\text{‰}$ 、St. 2、3 は $-24.1 \pm 0.6\text{‰}$ 、 $\pm 0.9\text{‰}$ と定点間で差が認められた。この傾向は、一年を通し、全定点で変化しなかった。しかし、St. 3 では、攪乱後 2 ヶ月の $\delta^{13}\text{C}$ が $-21.7 \pm 0.7\text{‰}$ となり、攪乱前と比べて上昇した。3 ヶ月後では $-24.1 \pm 0.9\text{‰}$ に低下した。この結果から、St. 3 ではヤマトシジミは攪乱後の物理環境の変化に伴い、食物が顕著に変化したと考えられる。今後、胃内容物解析を勧めると共に、St. 1、2 の調査を行なう必要がある。

(25) *Edwardsiella tarda* 溶菌バクテリオファージ 3 株の全ゲノム配列解析

安池元重、重信裕弥、中村洋路、藤原篤志、菅谷恵美、河東康彦、中井敏博
平成23年度日本魚病学会秋季大会（長崎）、講演要旨集、p. 27 (2011-10)

【目的】海水中の *E. tarda* ファージの出現動向は、養殖海域におけるエドワジエラ症の発生予測の指標になることが期待されている。これまでに *E. tarda* ファージは多数分離され、菌のファージ型別も行われているが、それらファージの分子

生物学的な違いについての情報は少ない。そこで本研究では、*E. tarda* ファージのゲノム配列情報の蓄積を目的として、代表的と考えられる *E. tarda* ファージ KF-1 (愛媛県のヒラメ由来)、IW-1 (愛媛県のヒラメ養殖海水由来) および MSW-3 (三重県のマダイ養殖海水由来) の全ゲノム解析を行った。

【方法】各宿主菌で培養したファージからゲノム DNA を抽出し、次世代シーケンサー Roche 454 GS FLX を用いてショットガンシーケンスを行った。Newbler でアセンブルを行った後、Glimmer3 および GeneMark を用いてオープンリーディングフレーム (ORF) を予測した。それら予測された ORF 配列を GenBank 上のウイルスタンパク質データベースと比較し、遺伝子の機能予測を行った。なお、電子顕微鏡による形態では、KF-1 および IW-1 はポドウイルスに、MSW-3 はマイオウイルスに類似する。

【結果】次世代シーケンサーを用いて、KF-1 (41,549bp)、IW-1 (41,859bp) および MSW-3 (42,624bp) の全ゲノム配列を得た。ヒラメ由来のファージ KF-1 と IW-1 のゲノム塩基配列を比較したところ 99%の相同性を示したが、これらヒラメ由来のファージとマダイ由来のファージ MSW-3 の比較では、ゲノム配列および予測 ORF アミノ酸配列ともに相同性は見られなかった。それら予測 ORF のアミノ酸配列を既知ウイルスタンパク質と比較したところ、MSW-3 の予測 ORF の多くは、マイオウイルス科の Iodobacteriophage の遺伝子と高い相同性を示し、ゲノム上の遺伝子の並び順が保存されている領域も見られた。一方、KF-1 および IW-1 の予測 ORF の多くは、ポドウイルス科のファージの遺伝子と相同性を示したもののその相同性は低かったことから、KF-1 および IW-1 はこれまでにゲノム解読されているポドウイルス科のファージとはかなり異なるファージであることが示唆された。

(26) ベニズワイ幼生着底時の捕食圧と水深の関係

養松郁子、南 卓志、廣瀬太郎、木暮陽一

平成 23 年度日本甲殻類学会 (東京)、講演要旨集、p. 51 (2011-10)

【目的】ベニズワイは日本海の水深 500~2700m に広く分布し、日本海におけるもっとも漁獲量の多い底魚資源のひとつである。本種は、生活史を通して、水深差 1000 m にも及ぶ浅深移動をすることが報告されているものの、なぜ、そのような浅深移動が起こるのか、その原因については明らかになっていない。その要因の一つとして、捕食されるリスクと水深または海域との関係を明らかにすることを目的として本研究を実施した。

【方法】 2008 年から 2010 年のいずれも夏季に、日本海の北部 (青森沖~秋田沖)、中部 (能登半島周辺)、西部 (隠岐島西方) の各沿岸及び日本海の沖合 (大

和堆)において深海桁網により比較的大型の魚類9種618尾(ゲンゲ類、ガンコ、ヤマトコブシカジカ等)を採集した。これらを冷凍して実験室に持ち帰り、胃および腸管の内容物を観察して、ベニズワイの稚ガニの有無を調査した。

【結果】4種44尾の魚類から計70個体のズワイガニ類(一部不明含む)のメガロパおよび稚ガニを検出した。内訳は、メガロパまたは甲幅4.5mm未満の1齢稚ガニと考えられる個体(59個体)が大半を占め、2~3齢相当が5個体、3~4齢相当が1個体、不明が5個体であった。またこれらのうち、64個体はアゴゲンゲの腸管から出現した。このことから、ベニズワイがこれら底生性の魚類に捕食されるリスクは、着底前後の時期に高く、さらにアゴゲンゲが主要な捕食者となっていることが示唆された。しかし、アゴゲンゲによる捕食頻度は海域間に差が認められた。メガロパまたは1齢稚ガニを1個体以上捕食していたアゴゲンゲの出現頻度、アゴゲンゲ1尾あたりの腸管から出現するメガロパおよび1齢稚ガニの出現頻度は、いずれも大和堆が他の3海域に比べて突出して高く、とくに大和堆では調査した個体の約50%(他の3海域では10%前後)のアゴゲンゲが平均2.4個体(同、1~1.2個体)のメガロパまたは稚ガニを捕食していた。

以上の結果に加え、アゴゲンゲの主分布水深(水深1200m以浅)の他、海域によって異なるベニズワイ幼生の着底水深の指標(定量的に採集できる最小サイズのベニズワイが高密度に出現する水深帯)、アゴゲンゲの腸管中の餌料生物の種組成を勘案することにより、ベニズワイ幼生着底時の捕食リスクが水深・海域によって異なる理由を考察する。

- (27) 山口県上関町宇和島におけるオオミズナギドリの繁殖生態
渡辺伸一、飯田知彦、依田 憲
日本鳥学会 2011 年度大会(大阪)、講演要旨集、p. 207 (2011-11)

オオミズナギドリは、主に日本近海の離島で繁殖する海鳥である。夏季に繁殖地へ飛来し、冬季になるとフィリピンやオーストラリア北部周辺へと南下して越冬する。伊豆諸島や東北地方、京都府には数十万羽が集団で繁殖する一大繁殖地が知られており、繁殖地が国の天然記念物に指定されているところもある。本種は日本を代表する海鳥であるが、近年、上関町宇和島で繁殖が確認されるまで、瀬戸内海における繁殖地は知られていなかった。本講演では、上関町宇和島における本種の繁殖状況を調査した結果について紹介し、瀬戸内海西部海域の海洋環境との関係について述べる。

- (28) 世界最小の採餌域(?)をもつミズナギドリ：
山口県上関町宇和島のオオミズナギドリ
渡辺伸一、飯田知彦、依田 憲
日本バイオリギング研究会第7回シンポジウム(名古屋)、講演要旨集、pp. 50-51
(2011-11)

ミズナギドリ類は、海洋生態系の高位に位置し、魚やイカなどを採餌する捕食者である。特に、繁殖期間中は、雛を育てるために多量に餌を摂取する必要があるため、その繁殖生態は周辺の海洋環境の影響を強く受ける。また、子育て中の親鳥は、巣から良質な餌場をもとめて長距離を飛行する採餌トリップを行い、その距離は千 km を超えることもある。よって、その採餌場所の分布は、その海洋環境や水産資源の分布の指標となり得る。本講演では、上関町宇和島における本種の採餌海域をバイオリギングをもちいて調査した結果について報告し、瀬戸内海西部海域の海洋環境との関係について述べる。

- (29) スクミリングガイ血リンパ液および卵抽出物の赤血球凝集素の特性
山田千明、河原栄二郎
平成 23 年度日本水産学会中国・四国支部例会(下関)、講演要旨集、p. 4 (2011-12)

B. 総説

C. 著書

- (1) Early development and metabolism
Manuel Yufera, Luis F. C. Conceisao, Stephen Battaglione, Hiroshi Fushimi, and Tomonari Kotani
In Sparidae: biology and aquaculture of gilthead sea bream and other species, ed by Michail A. Pavlidis and Constantinos C. Mylonas, pp.133-168, Wiley-Blackwell, West Sussex, UK (2011)

This chapter reviews the ontogeny and physiology of larval development in the Sparidae family and provides a comparative view of the larval biology of the species, highlighting those aspects that are relevant for their culture. Despite extensive similarities in larval

biology, development and phenotype, species-specific differences exist, partly related to different temperature optima among species. Sparids typically release a large number of small eggs that hatch in an early stage of development. Larvae are very vulnerable during early development requiring relatively strict biotic and abiotic conditions to survive and grow. Sparids spawn buoyant pelagic eggs containing a single oil globule. Fertilized eggs take only a few days to hatch. Decreased hatching, increased larval mortality and abnormalities occur outside optimal temperature ranges. Newly hatched larvae are small, have a large yolk sac and typically start feeding within 3 to 5 days. The early ontogenetic events focus on the development of the organs and structures necessary for growth and survival, including the sensory organs, mouth, trunk and tail muscle mass, and the digestive system. The young larvae have poor visual acuity which improves as the eye diameter increases, and new photoreceptors and structures appear. Skeletal development and ossification have been well studied, in part because malformations are an issue in cultured fish. The pattern of anatomical changes and structural differentiation is related to functionality, behaviour and environmental preferences. The digestive system including gut, gall bladder, liver, pancreas, and gastric glands develop rapidly. The enzymes responsible for digestion of proteins, lipids and carbohydrates are present at first feeding. The functional ontogeny of the digestive tract and pancreatic enzyme activity patterns are similar to those described in other fish groups. Growth in larvae is influenced by many exogenous factors with temperature and food being the most important. Other key abiotic factors in culture include oxygen, salinity, turbidity and light. Optimal requirements are species-specific and change during larval ontogeny. The pattern of development is typically from a longitudinally elongated body shape to a longitudinally compressed form often characterised by a large skull and jaws. Sparids grow relatively quickly during early development. The critical stage of initial swim bladder inflation usually occurs soon after complete yolk absorption. The transient physostome larvae inflate their swim bladders by gulping air at the water surface. Factors influencing swim bladder inflation include temperature, salinity, turbulence, light, genetics, egg quality, water quality and tank hydrodynamics. There is a considerable body of research on Sparid larval nutrition. Highly unsaturated fatty acids (n-3 HUFA) are essential for good growth and survival. Amino acids (AA) are a major energy source during the early life stages. The supply of dietary protein is paramount for optimal larval growth. The metabolism of larvae and juveniles is controlled by micronutrients such as vitamins and minerals but there is little published literature. The vitamin A concentration of live feeds can be an important determinant for normal skeletal development. The

generalised feeding regime for larvae starts with rotifers followed by *Artemia* and then formulated feeds. On a weight specific basis, Sparid larvae tend to ingest more than 100% of their own weight in the first days of feeding. The specific ingestion rate decreases with age and more efficient digestion. Experimental microdiets have allowed investigation of early nutritional requirements, sustain survival comparable to those of live feeds, but growth is typically poor. Microdiet attractiveness improves with the inclusion of protein hydrolysates or free AA. Microbound, microencapsulated and microcoated diets have been used with increasing effectiveness. Further improvements in culture will come from a better understanding of basic nutritional requirements of larval Sparids, as well as of their interactions with abiotic factors such as temperature, light and hydrodynamics at key developmental stages.

(2) 水族館での産卵行動 –自分たちの卵を食べるメジナー

阪本憲司

メジナ 釣る？ 科学する？、海野徹也、吉田将之、糸井史朗編、pp. 41-47, 恒星社厚生閣, 東京 (2011)

福山大学の附属水族館マリンバイオセンターで飼育しているメジナの飼育水槽内における産卵行動について記述した。また、メジナの卵の特徴や孵化仔魚の形態についても記述した。

D. その他

(1) 北陸日本海の沿岸漁業資源の特性

南 卓志

平成 23 年度日本水産学会中部支部例会ミニシンポジウム「北陸日本海の沿岸漁業」(2011-11)

(2) 血清添加培養した *Streptococcus parauberis* の溶血毒素の産生性

菅谷恵美

平成 22 年南中九州・西四国水族防疫会議及び地域魚類防疫対策合同検討会（宇和島）(2011-3)

(3) 魚粉削減飼料給餌ブリに対する植物乳酸菌の免疫賦活効果

河原栄二郎

平成 22 年南中九州・西四国水族防疫会議及び地域魚類防疫対策合同検討会（宇和島）（2011-3）

- (4) ヒラメに対する各種植物油のアジュバント効果

河原栄二郎

平成 23 年度瀬戸内海・四国ブロック魚病検討会（宇和島）（2011-10）

- (5) 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

山田千明、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）（2011-10）

- (6) 身近なフィールドで学ぶ生物学

渡辺伸一

生物学会誌, **89**, 38 (2011)

- (7) ベトナム牛海老紀行

渡辺伸一

バイオロギング研究会会報, **59**, 2-4 (2011)