

ISSN 1348-4656

金沢大学環日本海域環境研究センター

臨海実験施設
研究概要・年次報告 第23号
2024.4 ~ 2025.3



令和6年能登半島地震により被害を受けた臨海実験施設護岸と道路
(令和6年4月撮影)

Annual Report of Noto Marine Laboratory
Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

活 動 報 告

* 研究概要-----	2
* 研究業績-----	4
* 研究発表及び研究活動-----	7
* 研究交流-----	12
* 研究費-----	16
* 特記事項-----	17
* 利用状況-----	18

【研究概要】

1. 魚類の自然免疫系に関する研究（木谷准教授）

魚類の免疫系は哺乳類と比較して原始的であることから、標的特異的な獲得免疫系ではなく幅広い病原性微生物に対して非特異的に作用する自然免疫系が重要である。木谷准教授は、魚類の体表粘液や血液中に存在する抗微生物因子についての研究を行っている。研究の過程で L-アミノ酸オキシダーゼ(LAO)を魚類の体表や血液に含まれる抗菌物質として同定した。これは魚類における未知の生体防御システムを解明する糸口となりつつある。

令和 6 年度においてはキジハタ *Epinephelus akaara* の皮膚から見出された LAO 遺伝子配列を明らかとした。キジハタ皮膚 RNA をもとに構築したトランスクリプトームデータベースから LAO 相同遺伝子を抽出し、これをもとに特異的プライマーを設計してキジハタ皮膚 cDNA を鋳型として PCR 増幅を試みた。得られた増幅産物の配列は血液 LAO とは異なる新規 LAO であることを確認した。これらの研究は Janthamat Duangmorakot 氏の修士課程研究として実施した。

魚類における LAO の一般性を理解するために、LAO 活性を示さない魚種であるゼブラフィッシュを供試魚として LAO タンパク質の検出を試みた。ゼブラフィッシュ LAO に特異的な抗体を作製したところ、これはリコンビナントゼブラフィッシュ LAO と特異的に結合することが確かめられた。ゼebraフィッシュ LAO 遺伝子はポリ IC を腹腔内投与により誘導されることを昨年度明らかとしたが、前述の抗体を用いてポリ IC 投与群における LAO タンパク質の検出を試みた。しかしながら、遺伝子が誘導される組織である肝臓および皮膚の両者においても LAO タンパク質は検出されなかった。誘導された LAO の全長配列を遺伝子クローニングにより確認したが、エピトープ配列の欠損は見られなかった。このことから、ゼebraフィッシュにおいて LAO はウイルス感染の制御に関する分子であることが推測されたが、その量はごく微量であり細胞内の微小領域で機能していることが推測された。この成果は岩間瑛人・木谷洋一郎「ゼebraフィッシュ L-アミノ酸オキシダーゼタンパク質の検出」として令和 7 年度日本水産学会春季大会(2025 年 3 月)で公表した。また得られた成果は岩間瑛人氏の修士学位論文(令和 6 年度)「ゼebraフィッシュにおける L-アミノ酸オキシダーゼの役割」として編纂された。

2. 脊椎動物の比較生理・内分泌学的研究（関口准教授）

関口准教授を中心とするグループは、ペプチドを対象にして、脊椎動物や左右相称動物の神経系や内分泌系の起源を探る研究を行なっている。脊椎動物の神経・内分泌系の起源を探る研究では、尾索類のホヤ、円口類のヌタウナギなどを用い研究を進めている。今年度は、円口類ヌタウナギ (*Eptatretus burgeri*) の Calcitonin (CT) についての研究を報告する。ヌタウナギゲノム情報を検索した結果、2 つの CT 遺伝子を発見した (*E. burgeri*-CT1, 2: Eb-CT1, 2)。さらに CT と類似する CT 遺伝子関連ペプチド(CGRP)をコードする遺伝子も同定された。ヌタウナギの CT と CGRP は異なる遺伝子にコードされていた。軟骨魚類から哺乳類までを含む頸口類では、CT と CGRP は、同じ遺伝子にコードされており、選択的スプライシングにより CT は内分泌系の鰓後腺(哺乳類では甲状腺 C 細胞)に、CGRP は神経系に発現することが知られている。このような遺伝子構造と選択的スプライシングによる発現調節は、頸口類から出現したと推測される。一方、CT receptor (CTR) や CTR like receptor (CLR) のホモログをゲノム情報から検索したところ 3 種類の CTR/CLR 様受容体の存在を突き止めた。この受容体の中に、N 末端側の細胞外ドメインの構造が魚類の CTR と類似する受容体を見出した。この受容体 (*E. burgeri*-CTR: Eb-CTR) を哺乳類細胞株に発現させ、Eb-CT1 と 2 の合成ペプチドとの応答性を cAMP セカンドメッセンジャーを指標に検討した結果、Eb-CT1, 2 が Eb-CTR のリガンドとして作用することを明らかにした。本解析は、公益財団法人サントリー生命科学財団の松原博士、佐竹博士との共同研究により実施された。

一方、左右相称動物の神経・内分泌系の起源を探る目的で、左右相称動物の祖先もしくは、新口動物の祖先から分岐したと考えられている珍無腸動物のナイカイムチョウウズムシ(*Praesagittifera naikaiensis*)の CT に関する研究を行なっている。ナイカイムチョウウズムシのゲノム情報から 1 つの CT 候補と 1 つの CTR 候補が同定された。そして、CT と CTR の発現局在を whole mount *in situ* hybridization で検討した結果、CT, CTR 共に神経系と推定される発現パターンが検出された。加えて、*in situ* hybridization chain reaction による GABA 作動性神経マーカーと CT の二重染色では、CT 発現神経が GABA 作動性神経に隣接することが示された。本研究は、岡山大学牛窓臨海の濱田教授、坂本教授、中村助教との共同研究により、科学研究費助成事業基盤研究 C の支援のもと実施された。

3. 海産無脊椎動物における環境汚染物質応答機構（関口准教授）

関口准教授を中心とするグループは、海洋汚染物質、特に多環芳香族炭化水素類(PAHs)の海産動物への影響を分子レベルで理解するために、環境汚染物質のセンサーである芳香族炭化水素受容体 (Aryl hydrocarbon receptor, AhR) に着目し研究を行なっている。本年度は、アカエイ (*Hemitrygon akajei*)AhR の分子的特徴と分子機能を解析した。まずアカエイゲノム情報より、AhR 候補を 4 つ同定した。これらは、bHLH ドメイン、PAS-A, B ドメインという AhR に特徴的な構造を有していたので、それぞれ *Hemitrygon akajei*-AhR1, 2, 3, 4 (Ha-AhR1, 2, 3, 4) と名付けた。最初に Ha-AhR1 と GAL4 の融合蛋白質の発現ベクターと UAS promoter を有するルシフェラーゼレポーターベクターを用いた転写解析を実施した。その結果、Ha-AhR1 は、ベンゾピレン (BaP) 濃度依存的な転写活性の上昇を認めた。今後は、Ha-AhR2-4 のリガンド応答性について検討する予定である。硬骨魚類のゼブラフィッシュを用いた研究では、3 種類の AHR のサブタイプの違いにより、認識するリガンドが異なることが報告されており、Ha-AhR についてもこの点に着目した解析を行う予定である。さらに細胞内局在解析を行い、リガンドによる細胞内局在の変化の有無を解析する。本研究は、旭川医科大学の矢澤准教授、埼玉県立がんセンターの生田博士、東京大学大気海洋研究所の兵藤教授、高木助教、岡山大学牛窓臨海の坂本教授との共同研究により実施された。

4. 海洋汚染に関する研究及び海洋深層水に関する研究（鈴木教授）

今年度は、魚類の肝臓に対する多環芳香族炭化水素類(PAH)類の毒性を評価した。Benz[a]anthracene(BaA)を海産魚類のメジナの腹腔内投与した後、メジナの胆汁中の BaA の代謝産物を LC/MS/MS で調べた結果、BaA の代謝産物である 3-OH-benz[a]anthracene(3-OHBaA)が検出された。そこで 3-OHBaA のメジナの肝臓に対する作用を肝臓のスライスを用いた *in vitro* の培養実験で調べた。その結果、細胞死を誘導する遺伝子である tumor necrosis factor (TNF) receptor superfamily member 1A と TNF superfamily member 10 の発現が上昇していることがわかった。したがって、BaA が 3-OHBaA に代謝され、3-OHBaA が肝臓の細胞にアポトーシスを引き起こすことが判明した。これらの結果は、国際誌(Toxics)に発表した。

一方海洋深層水とは、水深 200 m 以深に存在する深海の海水のこととし、低温状態で、豊富なミネラルや無機栄養分を含み、細菌数が少ないという特徴を持つ。また海洋深層水は、水産増養殖分野において、海産動物の生育を改善する飼育水等に利用されているが、その根拠は明らかになっていない。鈴木教授を中心としたグループは、海洋深層水の魚類生理に及ぼす影響について生理学的な側面から研究を行い、海洋深層水にメジナ及びヒラメのストレス低減作用を見出した。その結果を基にして特許を取得した(ストレス低減剤、特許第 7093961 号、登録日 2022 年 6 月 23 日)。さらに、海洋深層水はスルメイカにも効果があり、肝臓における脂質代謝を抑えることにより

体重の減少を抑制することを証明して、Scientific Report に発表した。スルメイカの結果は、アオリイカにおいても再現され、現在、バナメイエビに対する作用を解析中である。

5. 魚類のウロコを用いた宇宙生物学的研究（鈴木教授）

国際宇宙ステーション(ISS)での1年程度の長期滞在が可能となり、月や火星への有人探査や民間人の宇宙旅行も実現可能になってきている。しかし、滞在期間が長くなれば、宇宙環境が人体に与える影響が大きく、様々な部位に障害が生じる。その影響を評価するとともに、予防・治療薬が必要となる。そこで鈴木教授を中心とする研究チームは、ISSのみならず、小型衛星を用いた宇宙実験を計画している。その宇宙実験の準備を支援するJAXAの公募研究(フロントローディング研究)に採択され、770万円(2024年度)の助成金を獲得し、プレスリリースを配信して、読売新聞に研究内容を掲載された。準備は順調に進んでおり、2年後に宇宙実験を計画している。

【研究業績】

1) 学術論文

- (1) Kohtsuka, H., Ogiso, S. and Okanishi, M., 2024. First record of the regular sea urchin *Parasalenia gratiosa* (Echinodermata: Echinoidea: Parasalenidae) from shallow-water of Noto, Ishikawa, the Sea of Japan. *Biogeography*, **26**, 75-77.
- (2) Inahashi, K., Yonezawa, R., Hayashi, K., Watanabe, S., Yoshitake, K., Smith, A.R., Kaneko, Y., Watanabe, I., Suo, R., Kinoshita, S., Rafiuddin, M.A., Seki, Y., Nagami, A., Matsubara, H., Suzuki, N., Takatani, T., Arakawa, O., Suzuki, M., Asakawa, S., Itoi, S., 2024. Epidermal distribution of tetrodotoxin-rich cells in newly-hatched larvae of *Takifugu* spp. *Marine Biotechnology*, **26**, 1367–1374.
- (3) 木村 聰、松本京子、岸岡智也、浦田 慎、能丸恵理子、松原道男、鈴木信雄、2024. 海洋教育(里海科)が海の理解と学習面に与える影響に関する研究:「海洋教育の教育効果に関するアンケート調査」より. *海の教育*, **1**, 53-69.
- (4) Kobayashi-Sun J., Kobayashi, I., Kashima, M., Hirayama, J., Kakikawa, M., Yamada, S., Suzuki, N., 2024. Extremely low-frequency electromagnetic fields facilitate osteoblast and osteoclast activity through Wnt/β-catenin signaling in the zebrafish scale. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, **12**, 1340089.
- (5) Kurita, M., Saito, T., Kakizoe, Y., Okamoto, H., Kasugai, T., Kuroda, K., Takino, H., Tsunoda, K., Urata, M., Matsubara, H., Sakamoto, T., Hirayama, J., Suzuki, N., 2025. Reproductive parameters and changes in blood levels of steroid hormones and minerals in the hawksbill turtle *Eretmochelys imbricata* in an aquarium. *Current Herpetology*, **44**, 37-48.
- (6) 黒田康平、鈴木信雄、2024. キンギョの雌性生殖生理のカルシウム代謝に対するカルシトニン I 及び II の関与. *比較内分泌学*, **49**, e0065.
- (7) Minato, R., Nishimoto, S., Honda, M., Tabuchi, Y., Hirano, T., Hirayama, J., Urata, M., Hong, C.S., Srivastav, A.K., Suzuki, N., 2024. Analysis of immunoglobulin E antibody production in the human cell line by polycyclic aromatic hydrocarbon treatments: Considerations of culture conditions and cytotoxicity of dimethyl sulfoxide. *International Journal of Zoological Investigations*, **10**, 510-519.
- (8) Nikahat, F., Kushwaha, V.B., Srivastav, S.K., Suzuki, N., Srivastav A.K., 2024. Protective effect of amla (*Emblica officinalis*) fruit pulp extract and selenium on dimethoate induced alterations in biochemical parameters of liver in rats Intern. *International Journal of Zoological Investigations*, **10**, 1159-1170.

- (9) Rafiuddin, M.A., Matsubara, H., Hatano, K., Honda, M., Toyota, K., Kuroda, K., Tsunoda, K., Furusawa, Y., Tabuchi, Y., Hirano, T., Sakatoku, A., Hong, C.S., Srivastav, A.K., Amornsakun, T., Shimizu, N., Zanaty, M.I., Harumi, T., Yamauchi, K., Müller, T., Tang, N., Hattori, A., Hayakawa, K., Suzuki, N., 2024. Hydroxylated-benz[*a*]anthracenes induce two apoptosis related gene expressions in the nibbler fish *Girella punctata* liver. *Toxics*, **12**: 915.
- (10) Rao, A., Upadhyay, R.K., Srivastav, S.K., Suzuki, N., Srivastav, A.K., 2024. Protective effects of amla (*Emblica officinalis*) fruit pulp extract and selenium against dimethoate induced nephrotoxicity in Wistar rats. *International Journal of Zoological Investigations*, **10**, 1104-1113.
- (11) 豊田賢治, 高橋知生, 近藤裕介, 松原 創, 鈴木信雄, 2024. 形態計測手法によるアカテガニ甲羅形態の雌雄差と地域差の検出. *日本海域研究*, **55**, 1-11.
- (12) Urata, M., Kaneda, K., Hirayama, J., Ogiso, S., Takasu, M., Ohira, T., Yamane, F., Taira, K., Srivastav, A.K., Suzuki, N., 2025. Development of educational materials for shrimps with consideration for animal welfare. *International Journal of Zoological Investigations*, **11**, 320-329.
- (13) Yadav, R.P., Srivastav, S.K., Suzuki, N., Srivastav, A.K., 2024. Protective effect of jamun (*Syzygium cumini*) seed and orange (*Citrus sinensis*) peel extracts against lead-induced alteration in liver biomarkers of rats. *International Journal of Zoological Investigations*, **10**, 242-252.
- (14) Yadav, R.P., Srivastav, S.K., Suzuki, N., Srivastav, A.K., 2024. Toxic effects of cadmium on liver biomarkers in Wistar rats (*Rattus norvegicus*): protective effects of jamun (*Syzygium cumini*) seed and orange (*Citrus sinensis*) peel extracts. *European Journal of Biological Research*, **14**, 87-96.
- (15) Sakatoku, A., Suzuki, T., Hatano, K., Seki, M., Tanaka, D., Nakamura, S., Suzuki, N., Isshiki, T., 2024. Inhibitors of LAMP used to detect *Tenacibaculum* sp. strain Pbs-1 associated with black-spot shell disease in Akoya pearl oysters, and additives to reduce the effect of the inhibitors. *Journal of Microbiological Methods*, **223**, 106986.
- (16) Suo, R., Tanaka, M., Asano, M., Nakahigashi, R., Adachi, M., Nishikawa, T., Ogiso, S., Matsubara, H., Suzuki, N., Itoi, S., 2024. Distribution of tetrodotoxin and its analogues in the toxic flatworm *Planocera multotentaculata* from the Honshu Island, Japan. *Fisheries Science*, **90**, 319–326.
- (17) Suzuki, N., Kakikawa, M., Oda, Y., Kobayashi-Sun, J., Yamada, S., Kuroda, K., Kobayashi, I., Honda, M., Matsubara, H., Tabuchi, Y., Shimizu, N., Watanabe, K., Hirayama, J., Hattori, A., 2024. Bone regeneration-enhancing effects by an extremely low frequency electromagnetic fields: Analysis using fish scales as a bone model. *Biomedical Research (Tokyo)*, **45**, 187-195.
- (18) Zhang, X., Zhang, H., Wang, Y., Bai, P., Zhang, L., Toriba, A., Nagao, S., Suzuki, N., Honda, M., Wu, Z., Han, C., Hu, M. and Tang, N., 2024. Estimation of gaseous polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and characteristics of atmospheric PAHs at a traffic site in Kanazawa, Japan. *Journal of Environmental Sciences*, **149**, 57-67.
- (19) Srivastav, A., Upadhyay, R.K., Srivastav, S.K., Suzuki, N., Srivastav, A.K., 2024. Protective effects of jamun (*Syzygium cumini*) seed and orange (*Citrus sinensis*) peel extracts against cadmium induced nephrotoxicity in rats. *International Journal of Zoological Investigations*, **10**, 1149-1158.
- (20) Suzuki, N., Kuroda, K., Ikegame, M., Takino, H., Tsunoda, K., Izumi, R., Tabuchi, Y., Furusawa, Y., Yachiguchi, K., Endo, M., Matsubara, H., Yano, S., Shimazu, T., Honda, M., Maruyama, Y., Watanabe, K., Takahashi, A., Hirayama, J., Hattori, A., 2025. Goldfish regenerated scale culture at low temperatures improves osteoblast and osteoclast survival in scales without loss of the osteoblast and osteoclast response to changes in gravity. *Life Science in Space Research*, **46**, 128-136.

- (21) Tabuchi, Y., Kuroda, K., Furusawa, Y., Hirano, T., Nagaoka, R., Omura, M., Hasegawa, H., Hirayama, J., Suzuki, N., 2025. Genes involved in osteogenic differentiation induced by low-intensity pulsed ultrasound in goldfish scales. *Biomedical Reports*, **22**, 18.
- (22) Taira, K., Ikari, T., Tsutsui, H., Senju, T., Kaneda, K., Hirose, T., Morii, Y., Yamawaki, N., Yagi, M., Srivastav, A.K., Ohira1, T., Urata, M., Hirayama, J., Hattori, A., Suzuki, N., 2025. Deep ocean waters collected off western Noto Peninsula (Station Y-5) and eastern Noto Peninsula (Station 3-2) promote osteoblastic activity in fish scales. *International Journal of Zoological Investigations*, **11**, 538-545.
- (23) Yadav, R.P., Srivastav, S.K., Suzuki, N., Srivastav, A.K., 2025. Jamun (*Syzygium cumini*) seed and orange (*Citrus sinensis*) peel extracts ameliorate the toxic effects of lead on kidney biomarkers in rats. *Acta Scientiarum: Animal Sciences*, **47**, e70282.
- (24) 関口俊男, 2025, カタユウレイボヤ CCK/gastrin family ペプチドの cionin とその受容体の中核神経系における局在. *比較内分泌学*, **50**, e0092.
- (25) 豊田賢治・角田啓斗・小木曾正造・近藤裕介, 2025, 能登町沿岸のタコクラゲの成長パターンとその共生種について. のと海洋ふれあいセンター研究報告, **30**, 43-51.
- (26) 角田啓斗・新井優太郎・邊見由美・西崎政則・吉田真明・小木曾正造・関口俊男・豊田賢治, 2025, アカホシコブシ *Urnalana parahaematostica* の京都府と島根県からの初記録及び石川県からの追加記録. のと海洋ふれあいセンター研究報告, **30**, 7-12.
- (27) Funahashi, H., Maruyama, Y., Suzuki, N., Takaki, T., Honda, K., Hattori, A., 2025. Three-dimensional visualization of calcification during scale regeneration in goldfish. *Medical Molecular Morphology*, **3**, 200-212.
- (28) Hatano, K., Orita, R., Kimura, K., Nagano, Y., Suzuki, N., 2025. Gene expression dataset of the blood clam *Anadara kagoshimensis* in relation to anoxic stress. *Data in Brief*, **59**, 111341.
- (29) Hatano, K., Sakatoku, A., Isshiki, T., Hirose, H., Orita, R., Suzuki, N., 2025. Development of a quantitative PCR assay to analyze the infection of *Tenacibaculum* sp. strain Pbs-1, which is the causative agent of black-spot shell disease. *Fisheris Science*, **91**, 595–602.

2) 総説・解説等

- (1) 鈴木信雄, 2024. 能登海洋深層水で飼育したヒラメとイカの特性. バイオサイエンスとインダストリー, **82**, 38-39.
- (2) 鈴木信雄, 2025. 能登海洋深層水を活用した魚類のストレス低減メカニズムと骨モデル技術の新展開. 北陸経済研究, **2025.2**, 32-33.
- (3) 鈴木信雄, 平山 順, 高橋昭久, 小林 功, 小林静静, 黒田康平, 瀧野晴美, 保田夏野, 木村-須田 廣美, 村尾美羽, 池田わたる, 上野宗一郎, 田渕圭章, 古澤之裕, 池亀美華, 本田匡人, 遠藤雅人, 丸山雄介, 松原 創, 中野貴由, 三島弘幸, 加藤晴康, 関あづさ, 永松愛子, 橋本博文, 矢野幸子, 服部淳彦, 2025. 宇宙で引き起こされる疾病のメラトニンによる予防・治療効果に関する研究：小型衛星搭載魚鱗を用いた解析. *Space Utilization Research*, **39**, SA6000230008.

【研究発表及び研究活動】

1) 研究発表及び講演会

- (1) 白井響子・山本卓都・山本俊平・伊藤正晟・瀧澤格介・周防 玲・小木曾正造・渡部雪菜・松原 創・鈴木信雄・桑江朝比呂・高井則之・糸井史朗, 炭素・窒素安定同位体比を用いたオオツノヒラムシの生態的地位推定に関する研究. 第 24 回マリンテクノロジー学会大会, 筑波 (2024.5.25-26).
- (2) 田渕圭章・鈴木信雄・黒田康平・古澤之裕・平野哲史・平山 順・長岡 亮・大村眞朗・長谷川英之, キンギョのウロコの骨芽細胞と破骨細胞に対する低出力パルス超音波の作用. 超音波医学会第 97 回学術集会, 横浜 (2024.5.31-6.2).
- (3) 坂井孝嘉・矢澤隆志・生田統悟, 中山 理・早川和一・鈴木信雄・小笠原道生・和田修一・関口俊男, 祖先的な脊索動物における芳香族炭化水素受容体 AhR の分子機能の研究. 第 3 回環境化学物質合同大会, JMS アステールプラザ, 広島 (2024.7.2-5).
- (4) Saad, R., Sekiguchi, T., Takai, Y., Lee S., Shimasaki, Y and Oshima, Y., Kinetics of microplastics in sea squirt juveniles, *Ciona intestinalis*. 第 3 回 環境化学物質合同大会, JMS アステールプラザ, 広島 (2024.7.2-5).
- (5) 黒田康平・丸山雄介・渡辺数基・松原 創・本田匡人・田渕圭章・平山 順・服部淳彦・鈴木信雄, 魚類のウロコを用いた糖尿病誘発性の骨疾患の解析: 絶食後の糖処理の影響. 第 48 回日本比較内分泌学会大会及びシンポジウム函館大会, 函館 (2024.8.29-9.1).
- (6) 佐川拓也・ジェンキンズ ロバート・木谷洋一郎・小木曾正造・松原孝祐, 能登半島飯田湾の浅海域で採取された津波堆積物. 日本地質学会 第 131 年学術大会 2024 山形大会, 山形大学, 山形 (2024.9.8-10).
- (7) 森 俊輔・白石 慧・関口俊男・坂本竜哉・坂本浩隆・佐竹 炎・濱田麻友子, 祖先的旧口動物と新口動物, 各々の生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン系の決定. 日本動物学会第 95 回長崎大会, 長崎 (2024.9.12).
- (8) 大嶋詩響・小木曾正造・豊田賢治・渡辺数基・平山 順・丸山雄介・服部淳彦・中沢 植・松原 創・鈴木信雄, インドール化合物はアオゴカイの夜間での行動を制御する. 日本動物学会 第 95 回長崎大会, 長崎 (2024.9.12-14).
- (9) 鈴木信雄・五十里雄大・黒田康平・端野開都・山田外史・平山 順・古澤之裕・田渕圭章・丸山雄介・服部淳彦・豊田賢治・松原 創, 能登海洋深層水に含まれるキヌレニンの海産魚のストレス軽減作用. 日本動物学会第 95 回長崎大会, 長崎 (2024.9.12-14).
- (10) 前田友花・三宅裕志・鈴木信雄・小木曾正造, ミズクラゲにおけるプラヌラのストロビレーションは母体依存か. 日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会 2024, 島根大学, 島根 (2024.9.13-16).
- (11) 関口俊男, 脊椎動物 AhR のリガンド応答能の起源と多様化についての研究. 日本動物学会第 95 回長崎大会, 長崎 (2024.9.13) 招待講演.
- (12) 筒井英人・山脇信博・鈴木利一・鈴木信雄・千手智晴・小木曾正造・合澤 格・保科草太・丸山裕豊・木下 宰・森井康宏, 能登半島周辺の地震前後に見られる富山湾深層水中の陸起源・生物源沈降粒子の変化. 日本海洋学会 2024 年度秋季大会, 東京海洋大学, 東京 (2024.9.16-20).

- (13) 鈴木信雄・瀧野晴美・小林静静・小林 功・黒田康平・丸山雄介・池田わたる・上野宗一郎・池亀美華・遠藤雅人・木村廣美・中野貴由・関あずさ・三島弘幸・松原 創・本田匡人・古澤之裕・田渕圭章・矢野幸子・永松愛子・橋本博文・嶋津 徹・高橋昭久・平山 順・服部淳彦, キンギョの再生ウロコの低温保存と重力応答:人工衛星を用いた宇宙実験を目指して. 日本宇宙生物科学会第38回大会, 山形 (2024.9.20-22).
- (14) 端野開都・河合 海・本田匡人・松原 創・池内俊貴・道祖土勝彦・楠井隆史・古澤之裕・田渕圭章・遠藤雅人・高橋ゆかり・Ajai K. Srivastav・鈴木信雄, プラスチック由来の有害化学物質の魚類の骨代謝に対する影響評価. 第二回環日本海生命環境研究会, 富山 (2024.9.26-27).
- (15) 泉 梨玖・端野開都・吉田真明・平山 順・田渕圭章・小木曾正造・松原 創・鈴木信雄, 能登海洋深層水がアオリイカに与える生理学的影響について. 第二回環日本海生命科学研究会, 国立立山青少年自然の家, 富山 (2024.9.26-27).
- (16) 大嶋詩響・小木曾正造・平山 順・丸山雄介・服部淳彦・松原 創・鈴木信雄, アオゴカイの頭部で産生されるインドール化合物の役割. 第二回環日本海生命科学研究会, 国立立山青少年自然の家, 富山 (2024.9.26-27).
- (17) 黒田康平・丸山雄介・渡辺数基・松原 創・本田匡人・田渕圭章・平山 順・服部淳彦・鈴木信雄, 高血糖により誘発される骨疾患の魚類のウロコ(骨モデル)を用いた解析. 第二回環日本海生命環境研究会, 富山 (2024.9.26-27).
- (18) 瀧野晴美・小林静静・小林 功・黒田康平・丸山雄介・池田わたる・上野宗一郎・松原 創・本田匡人・古澤之裕・田渕圭章・高橋昭久・平山 順・服部淳彦・鈴木信雄, 宇宙空間で引き起こされる疾患の予防・治療効果に関する研究:小型衛星搭載魚鱗を用いた解析. 第二回環日本海生命環境研究会, 富山 (2024.9.26-27).
- (19) 角田啓斗・小木曾正造・松原 創・鈴木信雄・豊田賢治, 能登半島沿岸での藻場ヨコエビ群集の季節動態. 第二回環日本海生命環境研究会, 富山 (2024.9.26-27).
- (20) Rafiuddin, M. A., Honda, M., Toyota, K., Nagami, A., Ogiso, S., Harumi, T., Kondo, M., Suzuki, N. and Matsubara, H., Indeno[1,2,3,-cd]pyrene inhibit early development of upstream freshwater to deep-sea fisheries species. 令和6年度日本環境毒性学会研究発表会, 金沢大学, 金沢 (2024.9.30).
- (21) 坂井孝嘉・矢澤隆志・生田統悟・和田修一・関口俊男, 原始的脊椎動物モデルにおける芳香族炭化水素受容体 AhR の分子機能解析. 令和6年度日本環境毒性学会研究発表会, 金沢大学, 金沢 (2024.9.30).
- (22) 鈴木信雄・佐藤将之・谷内口孝治・小木曾正造・田渕圭章・三島弘幸・Srivastav AK・服部淳彦, フッ化ナトリウムは海産及び淡水産硬骨魚類のカルシウム代謝に影響を及ぼす. 令和6年度日本環境毒性学会研究発表会, 金沢大学, 金沢 (2024.9.30).
- (23) 西川 淳・坂本佳彦・酒徳明宏・野口宗憲・田中大祐・中村省吾・鈴木信雄, 局所麻酔薬のクラミドモナス鞭毛に対する作用. 令和6年度日本環境毒性学会研究発表会, 金沢大学, 金沢 (2024.9.30).
- (24) 端野開都・泉 梨玖・吉田真明・平山 順・田渕圭章・丸山雄介・服部淳彦・本田匡人・松原 創・鈴木信雄, イカ類に対する能登海洋深層水の生理学的な作用:スルメイカを用いた解析. 第28回海洋深層水利用学会全国大会, 室戸 (2024.10.17-19).

- (25) 関口俊男, Distribution of cionin, a cholecystokinin/gastrin family peptide, and its receptor in the central nervous system of *Ciona intestinalis* type A. NBRP カタユウレイボヤオンラインセミナー (2024.10.25) 招待講演.
- (26) 小木曾正造, 能登半島地震の影響と復旧・復興について. 第 49 回国立大学法人臨海・臨湖実験所・センター技術職員研修会議, 新潟大学, 新潟 (2024.10.30-11.1).
- (27) 村尾美羽・鈴木信雄・黒田康平・木村-須田廣美, 金魚の再生ウロコに関する分光学的検討. 第 66 回歯科基礎医学会学術大会, 長崎 (2024.11.2-4).
- (28) 木谷洋一郎, 能登半島地震における漁港の被害について, 日本農学アカデミーシンポジウム 「能登の今」, 東京大学, 弥生キャンパス (2024.11.9).
- (29) 関口俊男, 左右相称動物における始原的なカルシトニンの機能について. 第 15 回ペプチド・ホルモン研究会, 桜の聖母短期大学, 福島 (2024.11.16).
- (30) 黒田康平・丸山雄介・渡辺数基・松原 創・本田匡人・田渕圭章・平山 順・服部淳彦・鈴木信雄: 魚類のウロコを用いた糖尿病誘発性の骨疾患モデルの開発の進捗. 第 10 回ゼブラフィッシュ・メダカ創薬研究会, 江別 (2024.11.18-19).
- (31) 小木曾正造, 能登半島地震で被災した施設での技術職員の業務紹. 総合技術部 EXPO, 金沢大学, 金沢 (2024.11.29, 12.2).
- (32) 角田啓斗・小玉将史・東出幸真・小木曾正造・松原 創・鈴木信雄・豊田賢治: 能登半島地震発生前後における藻場ヨコエビ群集の比較. 日本甲殻類学会第 62 回大会, 函館 (2024.11.30-12.1).
- (33) 泉 梨玖・端野開都・丸山雄介・服部淳彦・吉田真明・平山 順・田渕圭章・小木曾正造・永見 新・松原 創・鈴木信雄, イカ類(アオリイカ)の生理に及ぼす能登海洋深層水の影響について. 令和 6 年日本動物学会中部支部大会, 福井大学, 福井 (2024.12.7-8).
- (34) 黒田康平・水澤寛太・高橋明義・池亀美華・丸山雄介・松原 創・本田匡人・田渕圭章・平山 順・Srivastav AK・服部淳彦・鈴木信雄, 魚類の骨芽細胞及び破骨細胞に対するホルモン(メラニン凝集ホルモン及びカルシトニン)の作用: キンギョのウロコを用いた解析. 令和 6 年度日本動物学会中部支部大会, 福井大学, 福井 (2024.12.7-8).
- (35) 瀧野晴美・小林静静・小林 功・黒田康平・丸山雄介・池田わたる・上野宗一郎・松原 創・本田匡人・古澤之裕・田渕圭章・三島弘幸・池亀美華・高橋昭久・平山 順・服部淳彦・鈴木信雄, 人工衛星を用いた宇宙実験のための基礎的な解析: ゼブラフィッシュのウロコを用いた解析. 令和 6 年度日本動物学会中部支部大会, 福井大学, 福井 (2024.12.7-8).
- (36) 廣瀬遙史・酒徳昭宏・端野開都・鈴木信雄・北村真一・一色 正, アコヤガイ殻黒変病原因菌 *Tenacibaculum* sp. Pbs-1 株の病原性に及ぼす環境負荷の影響. 令和 6 年度日本水産学会中部支部大会, 三重 (2024.12.14).
- (37) 端野開都・酒徳昭宏・一色 正・廣瀬晴文・折田 亮・鈴木信雄, アコヤガイ殻黒変病の原因細菌 *Tenacibaculum* sp. Pbs-1 株の特異検出法の開発. 令和 6 年度日本水産学会中部支部大会. 三重 (2024.12.14).
- (38) 村尾美羽・黒田康平・伊藤哲平・兼平裕也・中村郁哉・杵谷朋美・河本千宙・鈴木信雄・木村-須田廣美, 骨基質と骨モデルとしてのウロコの基質に関する分光学的検討. 第 37 回北海道骨粗鬆症研究会学術集会, 札幌 (2025.1.11).
- (39) 村尾美羽・黒田康平・池亀美華・鈴木信雄・服部淳彦・関あづさ・木村-須田廣美, 赤外分光

法およびラマン分光法を用いた金魚ウロコ石灰化の解析. 化学系学協会北海道支部 2025 年冬季研究発表会, 札幌 (2025.1.21).

- (40) 鈴木信雄・平山 順・高橋昭久・小林 功・小林静静・黒田康平・瀧野晴美・保田夏野・木村・須田 廣美・村尾美羽・池田わたる・上野宗一郎・田渕圭章・古澤之裕・池亀美華・本田匡人・遠藤雅人・丸山雄介・松原 創・中野貴由・三島弘幸・加藤晴康・関あづさ・永松愛子・橋本博文・矢野幸子・服部淳彦, 宇宙で引き起こされる疾病のメラトニンによる予防・治療効果に関する研究: 小型衛星搭載魚鱗を用いた解析. 第 39 回 宇宙環境利用シンポジウム, 相模原 (2025.1.21-22).
- (41) 三宅雄真・ジェンキンズ ロバート・小木曾正造, 鯨骨に見られる微小穿孔痕およびその形成者-浅海における鯨骨設置実験の例-. 日本古生物学会 第 174 回例会, オンライン (2025.1.24-26).
- (42) 鈴木信雄, 魚鱗を用いた骨代謝研究. バイオコミュニティ関西(BioCK)宇宙バイオ実験分科会公開イベント第 2 弾「宇宙 x ライフサイエンス in 神戸」, 神戸 (2025.2.21).
- (43) Hatano, K., Sakatoku, A., Isshiki, T., Orita, R., Suzuki, N., Synergistic impacts of high seawater temperature and bacterial infection on the bivalve immunity. K-INET International Symposium 2024, Understanding the Current State of Transboundary Pollution – 1 ATMOSPHERE & INTEGRATION, Kanazawa University, Kanazawa, Japan (2025.3.6).
- (44) Nishikawa, A., Sakamoto, Y., Sakatoku, A., Noguchi, M., Tanaka, D., Nakamura, S., Suzuki, N., Induction of flagellar excision by various local anesthetics in *Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard (Chlamydomonadales, Chlorophyceae). K-INET International Symposium 2024, Understanding the Current State of Transboundary Pollution – 1 ATMOSPHERE & INTEGRATION, Kanazawa University, Kanazawa, Japan (2025.3.6).
- (45) Oshima, S., Hatano, K., Ogiso, S., Toyota, K., Hirayama, J., Maruyama, Y., Hattori, A., Matsubara, H., Suzuki, N., Indole-3-acetic acid regulates the behavior of the polychaete *Perinereis aibuhitensis*. K-INET International Symposium 2024, Understanding the Current State of Transboundary Pollution – 1 ATMOSPHERE & INTEGRATION, Kanazawa University, Kanazawa, Japan (2025.3.6).
- (46) Takino, H., Kobayashi-Sun, J., Kobayashi, I., Suzuki, N., Development of an in vitro assay system for analyzing gravity response using zebrafish scales. K-INET International Symposium 2024, Understanding the Current State of Transboundary Pollution – 1 ATMOSPHERE & INTEGRATION, Kanazawa University, Kanazawa, Japan (2025.3.6).
- (47) Tsunoda, K., Kodama, M., Higashide, Y., Ogiso, S., Matsubara, H., Suzuki, N., Toyota, K., Dynamics of gammarid assemblages associated with *Sargassum* species before and after the Noto Peninsula earthquake. K-INET International Symposium 2024, Understanding the Current State of Transboundary Pollution – 1 ATMOSPHERE & INTEGRATION, Kanazawa University, Kanazawa, Japan (2025.3.6).
- (48) Janthamat Duangmorakot・木谷洋一郎・西内 巧・Jareeporn Ruangsri, キジハタ抗菌タンパク質の構造について. 2024 年度金沢大学環日本海域環境研究センター共同研究成果報告会, 金沢大学, 金沢 (2024.3.7-8).
- (49) 岩間瑛人・早坂央希・龜井宏泰・木谷洋一郎, ゼブラフィッシュにおける L-アミノ酸オキシダーゼの機能. 2024 年度金沢大学環日本海域環境研究センター共同研究成果報告会, 金沢大

学, 金沢(2024.3.7-8).

- (50) 端野開都・酒徳昭宏・一色 正・折田 亮・鈴木信雄, アコヤガイに感染する *Vibrio* 属細菌の特徴解析と特異検出法の開発. 第八回富山湾研究会, 金沢 (2025.3.17-18).
- (51) 相原要生・ジェンキンズ ロバート・小木曾正造, 天然環境での鯨遺骸化石化実験による, 鯨骨内における初期続成作用の解明. 第8回富山湾研究会, 金沢大学, 金沢 (2025.3.17-18).
- (52) 端崎陽平・ジェンキンズ ロバート・小木曾正造・神谷隆宏, 能登半島九十九湾の海棲脊椎動物遺骸に形成される貝形虫群集. 第8回富山湾研究会, 金沢大学, 金沢 (2025.3.17-18).
- (53) 泉 梨玖・端野開都・吉田真明・平山 順・田渕圭章・古澤之裕・小木曾正造・松原 創・丸山雄介・服部淳彦・鈴木信雄. イカ類(アオリイカ)の飼育に及ぼす能登海洋深層水の作用. 第8回富山湾研究会, 金沢大学, 金沢 (2025.3.17-18).
- (54) 小木曾正造・鷹巣真琳・幸塚久典・木谷洋一郎・関口俊男・鈴木信雄, 九十九湾周辺海域の海底地形および粒度組成と動物相調査. 第8回富山湾研究会, 金沢大学, 金沢 (2025.3.17-18).
- (55) 大嶋詩響・端野開都・小木曾正造・豊田賢治・平山 順・丸山雄介・服部淳彦・松原 創・鈴木信雄, アオゴカイの頭部で合成されるインドール酢酸の生理作用. 第8回富山湾研究会, 金沢大学, 金沢 (2025.3.17-18).
- (56) ジェンキンズ ロバート・佐川拓也・臼井洋一・木谷洋一郎・小木曾正造・松原孝祐, 令和6年能登半島地震および奥能登豪雨による海底の変化:能登町九十九湾—珠洲沿岸による海底調査結果概要. 第8回富山湾研究会, 金沢大学, 金沢 (2025.3.17-18).
- (57) 鷹巣真琳・小木曾正造・木谷洋一郎・関口俊男・ジェンキンズ ロバート・佐川拓也・平松良浩・眞塙麻彩実・本田匡人・豊田賢治・角田啓斗・三宅裕志・高内さつき・前田友花・田沢修一・吉田真明・浦田 慎・益田玲爾・鈴木信雄, 令和6年能登半島地震に関連する調査の研究補助業務. 第8回富山湾研究会, 金沢大学, 金沢 (2025.3.17-18).
- (58) 山本麻優・ジェンキンズ ロバート・松浦哲久・加藤 萌・小木曾正造, 鯨遺骸に成立する微生物叢:化学的環境と遺骸分解における微生物の役割. 第8回富山湾研究会, 金沢大学, 金沢 (2025.3.17-18).
- (59) 鈴木信雄, 能登海洋深層水を活用した復興. 市民講演会「能登半島地震の調査とその後の教育及び復興への支援」, 金沢 (2025.3.18).
- (60) 矢澤隆志・関口俊男, レポーター・アッセイ系を用いた 3β -HSD タンパク質の機能解析. 動物学会北海道支部会, 北海道大学, 函館 (2025.3.22).
- (61) 端野開都・酒徳昭宏・一色 正・廣瀬遙史・折田 亮・鈴木信雄, アコヤガイに感染する病原性細菌を特異的に検出可能な定量PCR法の開発. 令和7年度日本水産学会春季大会, 北里大学, 相模原 (2025.3.26-29).
- (62) 岩間瑛人・西内 巧・木谷洋一郎, ゼブラフィッシュ L-アミノ酸オキシダーゼタンパク質の検出. 令和7年度日本水産学会春季大会, 北里大学, 相模原 (2025.3.26-29).
- (63) 河合 海・本田匡人・端野開都・松原 創・池内俊貴・道祖土勝彦・楠井隆史・古澤之裕・田渕圭章・酒徳昭宏・遠藤雅人・高橋ゆかり・平山 順・服部淳彦・鈴木信雄, プラスチック由来の化学物質(スチレンオリゴマー)の魚類の骨代謝に対する影響評価と海洋細菌による分解. 令和7年度日本水産学会春季大会, 北里大学, 相模原 (2025.3.26-29).

【研究交流】

1) 共同研究

- (1) 木谷洋一郎：魚類抗菌タンパク質の構造，東京海洋大学海洋科学部（教授 石崎松一郎）
- (2) 木谷洋一郎：魚類L-アミノ酸オキシダーゼの構造に関する研究，金沢大学疾患モデル総合研究センター（准教授 西内 巧）
- (3) 関口俊男：原索動物カルシトニン機能の研究，基礎生物学研究所形態形成部門（助教 高橋弘樹）
- (4) 関口俊男：原索動物神経ペプチドの研究，千葉大学大学院融合科学（准教授 小笠原道生）
- (5) 関口俊男：ヌタウナギカルシトニンの機能解析研究，国立遺伝学研究所ゲノム・進化研究系（教授 工樂樹洋）
- (6) 関口俊男：インドール化合物の放射線防御機構解明，福井県立大学看護福祉学部（教授 水谷 哲也）
- (7) 関口俊男：ペプチドの薬理学的研究，オタゴ大学（ニュージーランド）(Prof. Debbie L. Hay)
- (8) 関口俊男：イカの腸内細菌についての研究，イエール NUS カレッジ（シンガポール）(Prof. Steve B. Pointing)
- (9) 関口俊男：アカエイカルシトニンの生理作用についての研究，岡山大学理学部附属牛窓臨海実験所（教授 坂本竜哉）
- (10) 関口俊男：ヒラムシ GPCR の認識機構に関する研究，岡山大学理学部（教授 坂本浩隆）
- (11) 関口俊男：ナイカイムチョウウズムシのカルシトニンに関する研究，岡山大学理学部附属牛窓臨海実験所（教授 濱田麻友子）
- (12) 関口俊男：軟骨魚類における血中カルシウム濃度調節機構の研究，東京大学大気海洋研究所（教授兵藤 晋，助教 高木 互）
- (13) 関口俊男：芳香族炭化水素受容体の分子機能についての研究，埼玉県立がんセンター 臨床腫瘍研究所（研究員 生田統悟）
- (14) 関口俊男：ヌタウナギカルシトニン受容体機能に関する研究，公益財団法人サントリー生命科学財団・生物有機科学研究所・統合生体分子機能研究部（研究員 松原 伸）
- (15) 関口俊男：ホヤ AhR 蛋白質の機能に関する研究，福井県立大学海洋生物資源学部（准教授 今道力敬）
- (16) 鈴木信雄：魚類の副甲状腺ホルモンに関する研究，メルボルン大学（オーストラリア）(Prof. T. John Martin), RMIT 大学（オーストラリア）(Prof. Janine A. Danks)
- (17) 鈴木信雄：魚類のカルセミックホルモン(カルシトニン, ビタミンD, スタニオカルシン)に関する研究，DDU ゴラクプール大学（インド）(Prof. Ajai K. Srivastav)
- (18) 鈴木信雄：重金属の骨芽・破骨細胞に及ぼす影響：ウロコのアッセイ系による解析，国立水俣病研究センター生理影響研究室（室長 山元 恵）
- (19) 鈴木信雄：ニワトリのカルシトニンレセプターのクローニングとその発現に関する研究，新潟大学農学部（教授 杉山稔恵）
- (20) 鈴木信雄：ウロコの破骨細胞に関する研究，岡山大学大学院医歯薬学総合研究科（准教授 池亀美華）
- (21) 鈴木信雄：超音波の骨代謝に及ぼす影響，富山大学研究推進機構研究推進総合支援センター（教授 田渕圭章），昭和大学（准教授 舟橋久幸）
- (22) 鈴木信雄：歯の石灰化に関する研究，鶴見歯科大学（研究員 三島弘幸）

- (23) 鈴木信雄：魚のウロコを用いた宇宙生物学的研究，亜細亜大学経済学部（教授 大森克徳），富山大学大学院理工学研究部（教授 松田恒平），文教大学教育学部（教授 平山 順）
- (24) 鈴木信雄：トリブチルスズの海域汚染に関する研究，九州大学大学院農学研究院（教授 大嶋雄治，准教授 島崎洋平）
- (25) 鈴木信雄：インドール化合物のラットの骨代謝に及ぼす影響，一般財団法人 ふくしま医療機器産業推進機構（研究員 関あづさ），神奈川歯科大学（特任教授 高垣裕子），朝日大学歯学部（教授 江尻貞一）
- (26) 鈴木信雄：魚類の骨代謝におけるビタミンKの作用，神戸学院大学（教授 中川公恵）
- (27) 鈴木信雄：魚のウロコで発現している遺伝子のメカニカルストレスに対する応答，富山大学研究推進機構研究推進総合支援センター（教授 田渕圭章）
- (28) 鈴木信雄：カルシトニンの構造進化及び作用進化に関する研究，公益財団法人サントリー生命科学財団・生物有機科学研究所・統合生体分子機能研究部（主幹研究員 佐竹 炎，主席研究員 川田剛士）
- (29) 鈴木信雄：海洋細菌に関する研究，富山大学生物圏地球科学科（教授 田中大祐，講師 酒徳昭宏）
- (30) 鈴木信雄：放射線の骨に対する影響評価，放射線医学総合研究所（主任研究員 松本謙一郎），富山大学大学院医学薬学研究部（教授 田渕圭章），群馬大学重粒子線医学研究センター（教授 高橋昭久）
- (31) 鈴木信雄：脊椎動物の破骨細胞に対するカルシトニンの作用に関する研究，松本歯科大学大学院歯学独立研究科（教授 高橋直之，准教授 山下照仁）
- (32) 鈴木信雄：黒色素胞刺激ホルモンの魚類の骨代謝に対する作用に関する研究，北里大学海洋生命科学部（教授 高橋明義），京都大学フィールド科学教育研究センター里域生態系部門（准教授 田川正朋）
- (33) 鈴木信雄：メラトニンの骨代謝に対する作用に関する研究，立教大学スポーツウエルネス学部（特任教授 服部淳彦），文教大学教育学部（教授 平山 順），金沢大学生命理工学類（准教授 小林 功）

2) 共同利用・共同研究（文科省）

- (1) 木谷洋一郎：魚類 L-アミノ酸オキシダーゼはアリルハイドロカーボンレセプターを活性化するか（金沢大学内共同研究），金沢大学理工研究域生命理工学系（准教授 亀井宏泰）
- (2) 木谷洋一郎：タイ王国沿岸部と日本海における抗菌酵素 L-アミノ酸オキシダーゼを持つ魚種の地域間比較（一般研究・国際枠），プリンスオブソンクラー大学（タイ王国）（Assistant Professor, Jareeporn Ruangsri）
- (3) 関口俊男：海泡による海水中の溶存・粒子状物質のスキヤベングング過程に関する研究（一般研究），広島大学大学院 統合生命科学研究科（准教授 岩本洋子）
- (4) 関口俊男：PAHs が胎盤のステロイドホルモン産生に及ぼす影響の解明（一般研究），旭川医科大学学生化学講座（准教授 矢澤隆志）
- (5) 関口俊男：濾過摂食動物の消化管内に生息する海洋微生物に関する研究（一般研究），東京大学 大気海洋研究所（教授 濱崎恒二）

- (6) 関口俊男：環境 DNA による能登震災の海底環境への影響評価（一般研究），島根大学 生物資源学部（准教授 吉田真明）
- (7) 関口俊男：ゲノム編集によるホヤ環境汚染物質受容体の機能解析（一般研究），筑波大学 生命環境系（下田臨海実験センター所属）（教授 笹倉靖徳）
- (8) 関口俊男：The basic research to evaluate the influence of polycyclic aromatic hydrocarbons on the regulation of body fluid calcium levels in cartilaginous fishes（一般研究・国際枠）University of Otago Department of Pharmacology and Toxicology (Professor Debbie L Hay)
- (9) 鈴木信雄：多環芳香族炭化水素類の骨代謝に対する作用の網羅的解析（一般国際研究），韓国外国語大学（教授 洪天祥）
- (10) 鈴木信雄：多環芳香族炭化水素類の毒性発現機構の解明：特に benz[a]anthracene の魚類の肝臓に対する影響評価（一般研究），富山大学（教授 田渕圭章）
- (11) 鈴木信雄：オカラ由来食物纖維による腸内細菌叢変化と免疫疾患に対する影響評価（一般研究），富山県立大学（准教授 古澤之裕）
- (12) 鈴木信雄：日本海産魚類の受精におよぼす多環芳香族炭化水素類の影響（一般研究），旭川医科大学（助教 春見達郎）
- (13) 鈴木信雄：インドール化合物を用いた多環芳香族炭化水素類のレスキュー作用の解析（一般研究），東京医科歯科大学（助教 丸山雄介）
- (14) 鈴木信雄：富山湾深層水中の一次生産者・底次消費者の時系列変化と沿岸漁獲高との比較：海洋温暖化・酸性化の影響評価（一般研究），長崎大学（特任研究員 筒井英人）
- (15) 鈴木信雄：日本海産魚類の受精におよぼす多環芳香族炭化水素類の影響（一般研究），旭川医科大学（助教 春見達郎）
- (16) 鈴木信雄：アコヤガイ殻黒変病原因細菌の特異検出 LAMP 法の改良（一般研究），富山大学（講師 酒徳昭宏）
- (17) 鈴木信雄：能登半島に生息するヒラムシ類におけるフグ毒（テトロドキシン）の獲得経路に関する研究（一般研究），日本大学（教授 糸井史郎）
- (18) 鈴木信雄：マイクロプラスチックから溶出したスチレンオリゴマーの内分泌かく乱作用に関する研究（一般研究），長浜バイオ大学（准教授 池内俊高）
- (19) 鈴木信雄：アコヤガイの大量死を引き起こす外套膜萎縮症の原因細菌に関する研究（一般研究），富山大学（講師 酒徳昭宏）
- (20) 鈴木信雄：大気汚染物質、能登海洋深層水のヒト健康影響に対する作用（一般研究），文教大学教育学部（教授 平山 順）
- (21) 鈴木信雄：多環芳香族炭化水素のステロイドホルモン受容体への結合評価のためのアンドロゲン受容体恒常発現転写活性評価系の構築（一般研究），石川県立大学（准教授 西本壯吾）
- (22) 鈴木信雄：灰長石風化と石灰化による炭素固定に寄与する微生物の探索（一般研究），東京大学（助教 加藤由悟）
- (23) 鈴木信雄：環境糖鎖生物学的手法を用いた環境圧変化の検知と予測（一般研究），東洋大学（教授 宮西伸光）
- (24) 鈴木信雄：能登海洋深層水を用いたバナメイエビの養殖に関する研究（一般研究），神奈川大学（教授 大平 剛）

- (25) 鈴木信雄：金時草熱水抽出物による破骨細胞分化抑制の作用機序解明（一般研究），石川県立大学（博士後期課程3年 浅野 紘亨）
- (26) 鈴木信雄：令和6年能登半島地震に起因した津波による海底変化（一般研究），金沢大学（准教授 ジェンキンズ ロバート）

3) 非常勤講師

関口俊男：長浜バイオ大学バイオサイエンス学部非常勤講師，2015-現在

4) 各種活動

社会活動

- (1) 鈴木信雄：石川県環境影響評価委員会委員，2010-現在
- (2) 鈴木信雄：石川県温排水影響検討委員会，2014-現在
- (3) 鈴木信雄：日本海海洋調査技術連絡会，2014-現在
- (4) 鈴木信雄：石川県能登町小木港マリンタウン推進協議会，2010-現在

学会活動

- (1) 関口俊男：ペプチド・ホルモン研究会 世話人，2014-2024
- (2) 関口俊男：日本動物学会 男女共同参画委員，2017-現在
- (3) 関口俊男：日本動物学会 中部支部会 会計，2020-2024
- (4) 関口俊男：日本比較内分泌学会 幹事，2024-現在
- (5) 関口俊男：日本比較内分泌学会 学術編集委員，2024-現在
- (6) 関口俊男：日本比較内分泌学会 Diversity & Inclusion 委員，2024-現在
- (7) 関口俊男：Frontiers in Endocrinology (Experimental Endocrinology) Associated editor 2021-現在
- (8) 関口俊男：Frontiers in Endocrinology (Cellular Endocrinology) Associated editor 2022-現在
- (9) 鈴木信雄：日本動物学会 理事・中部支部長，2021-2024
- (10) 鈴木信雄：日本動物学会，教育委員会委員 2018-現在
- (11) 鈴木信雄：日本宇宙生物科学会 代議員，2012-現在
- (12) 鈴木信雄：日本宇宙生物科学会 監事，2023-現在
- (13) 鈴木信雄：Journal of Experimental Zoology part A (Editorial board), 2014-現在
- (14) 鈴木信雄：International Journal of Zoological Investigations (Editorial board), 2017-現在
- (15) 鈴木信雄：International Journal of Biological and Environmental Investigations (Editorial board), 2021-現在

【研究費】

1) 科学研究費

- (1) 関口俊男, 基盤研究(C), 左右相称動物の普遍的ホルモンペプチドの祖先的機能：珍無腸動物カルシトニンの研究, 代表者, 令和 6 年度, 1,200 千円.
- (2) 関口俊男, 基盤研究(B), 広塩性の扁形動物を原点に探る淡水進出における体液調節能獲得の動物界を跨ぐ新概念(代表 : 坂本竜哉, 岡山大学), 分担者, 令和 6 年度, 100 千円(令和 6 年度の直接経費 total 2,800 千円).
- (3) 鈴木信雄, 基盤研究(C), 高血糖を誘導した魚を用いた骨疾患の予防に関する研究：メラトニンを含む食品の効果, 代表者, 令和 6 年度, 1,560 千円.
- (4) 鈴木信雄, 基盤研究(C), 炭酸麻酔と光照射の併用により引き出される魚類に最適な麻酔環境(代表 : 松原 創, 金沢大学), 分担者, 令和 6-令和 8 年度, 50 千円(令和 6 年度の直接経費 total 1,430 千円).
- (5) 鈴木信雄, 基盤研究(C), 超音波メカノセンシング：その細胞機能制御におけるピエゾ 1 の役割解明(代表 : 田渕圭章, 富山大学), 分担者, 令和 6-令和 8 年度, 50 千円(令和 6 年度の直接経費 total 1,560 千円).
- (6) 鈴木信雄, 基盤研究(B), アコヤガイの大量死及び低品質真珠形成を起こす細菌感染症の全容解明(代表 : 酒徳昭宏, 富山大学), 分担者, 令和 4-令和 7 年度, 400 千円(令和 6 年度の直接経費 total 2,100 千円).

2) 研究助成金等

- (1) 小木曾正造, 日本海学研究グループ支援事業, 九十九湾沖合海域の海底地形図作成と底質粒度・動物相の解明, マシコヒゲムシの新たな生息地の探索, 代表者, 令和 6 年度, 交付金額 82.68 千円.
- (2) 鈴木信雄, ソルトサイエンス研究財団, 海洋中に存在するポリスチレンの分解物（スチレントリマー）の骨代謝を含む内分泌かく乱作用及び海洋細菌によるスチレントリマーの分解, 代表者, 1,000 千円.

3) 共同研究費

- (1) 鈴木信雄, 能登海洋深層水を用いたバナメイエビの種苗生産に関する研究, 能登アクアファーム株式会社との共同研究, 代表, 600 千円
- (2) 鈴木信雄, 宇宙で引き起こされる疾病のメラトニンによる予防・治療効果に関する研究：小型衛星搭載魚鱗を用いた解析, JAXA との共同研究, 代表, 7,700 千円

【特記事項】

1) 学術賞等の受賞状況

- (1) 黒田康平氏(M2), 研究科長賞(2024年9月26日)
- (2) 黒田康平氏(M2), 第二回環日本海生命環境研究会(国立立山青少年自然の家)最優秀発表賞「高血糖により誘発される骨疾患の魚類のウロコ(骨モデル)を用いた解析」
- (3) 端野開都(D2), 第二回環日本海生命環境研究会(国立立山青少年自然の家)優秀発表賞「プラスチック由来の有害化学物質の魚類の骨代謝に対する影響評価」
- (4) 角田啓斗(M1), 第二回環日本海生命環境研究会(国立立山青少年自然の家)優秀発表賞「能登半島沿岸での藻場ヨコエビ群集の季節動態」
- (5) 大嶋詩響(M1), 第二回環日本海生命環境研究会(国立立山青少年自然の家)優秀発表賞「アオゴカイの頭部で產生されるインドール化合物の役割」
- (6) 泉 梨玖(B4), 第二回環日本海生命環境研究会(国立立山青少年自然の家)優秀発表賞「能登海洋深層水がアオリイカに与える生理学的影響について」
- (7) 瀧野晴美(B4), 第二回環日本海生命環境研究会(国立立山青少年自然の家)優秀発表賞「宇宙空間で引き起こされる疾患の予防・治療効果に関する研究：小型衛星搭載魚鱗を用いた解析」
- (8) 黒田康平(D1), 日本動物学会中部支部福井大会(福井大学), 優秀発表賞「魚類の骨芽細胞及び破骨細胞に対するホルモン(メラニン凝集ホルモン及びカルシトニン)の作用：キンギョのウロコを用いた解析」
- (9) 泉 梨玖(B4)日本動物学会中部支部福井大会(福井大学), 優秀発表賞「イカ類(アオリイカ)の生理に及ぼす能登海洋深層水の影響について」
- (10) 瀧野晴美(B4)日本動物学会中部支部福井大会(福井大学), 優秀発表賞「人工衛星を用いた宇宙実験のための基礎的な解析：ゼブラフィッシュのウロコを用いた解析」
- (11) 端野開都(D2)第8回富山湾研究会(金沢大学)最優秀発表賞「アコヤガイに感染するVibrio属細菌の特徴解析と特異検出法の開発」
- (12) 大嶋詩響(M1)第8回富山湾研究会(金沢大学)優秀発表賞「アオゴカイの頭部で合成されるインドール酢酸の生理作用」
- (13) 泉梨玖(B4)第8回富山湾研究会(金沢大学)優秀発表賞「イカ類(アオリイカ)の飼育に及ぼす能登海洋深層水の作用」
- (14) 小木曾正造, 2024年度日本動物学会感謝状(2024.9.13)

2) 新聞報道

- (1) 鈴木信雄, 令和6年5月14日(読売新聞) : JAXAのフロントローディング研究の採択
- (2) 小木曾正造, 令和6年6月8日(北陸中日新聞) : 小木小学校の乗船実習
- (3) 鈴木信雄, 令和6年7月10日(北國新聞) : 七尾高等学校の臨海実習
- (4) 木谷洋一郎, 令和6年11月12日(日本水産経済新聞) : 日本農学アカデミーシンポジウム
- (5) 鈴木信雄, 令和6年11月13日(北國新聞) : 能都中学校でのイカの解剖
- (6) 木谷洋一郎, 令和6年12月24日(日本経済新聞) : 日本農学アカデミーシンポジウム

【利用状況】

1) 利用者数

利用数 62 回、 利用者数 417 人、 延べ利用者数 7,000 人、 利用施設数 39 施設 (22 大学)

国立大学：香川大学、金沢大学、九州大学、京都大学、静岡大学、島根大学（教員のみ）、
信州大学、千葉大学、東京海洋大学、東京大学、東北大学（教員のみ）、富山大学、
広島大学、北海道大学、山梨大学（15 校）

公立大学：兵庫県立大学（1 校）

私立大学：神奈川大学、北里大学、東京理科大学、東洋大学、富山国際大学、
日本獣医生命科学大学（6 校）

高等学校：石川県立金沢二水高等学校、石川県立七尾高等学校（2 校）

小中学校：珠洲市立飯田小学校、珠洲市立大谷小中学校、珠洲市立正院小学校、
珠洲市立蛸島小学校、珠洲市立直小学校、珠洲市立宝立小中学校、
珠洲市立みさき小学校、珠洲市立若山小学校、能登町立小木小学校、
珠洲市立三崎中学校、珠洲市立緑丘中学校（11 校）

その他施設：海洋研究開発機構、産業技術総合研究所、能登里海教育研究所、
能登町立小木公民館（4 施設）

2) 船舶の使用状況

令和 6 年度臨海実験施設船舶使用回数及び人数（延べ回数 303 回、人数 1,137 人の内訳）

(月)	くろさぎ				あおさぎ			
	学内利用		学外利用		学内利用		学外利用	
	回数	人数	回数	人数	回数	人数	回数	人数
4	16	47	5	14	4	12	1	3
5	12	28	2	9	6	15	0	0
6	15	35	2	7	3	9	1	8
7	18	72	5	19	11	49	8	110
8	17	62	7	22	9	43	5	28
9	15	55	2	14	7	34	3	20
10	11	25	1	2	5	17	1	41
11	16	39	3	8	3	16	0	0
12	12	30	1	3	6	19	1	1
1	11	38	3	4	5	32	3	4
2	9	18	1	2	2	4	0	0
3	11	23	3	6	12	42	9	48
合計	163	472	35	110	73	292	32	263

研究報告

- * ゼブラフィッシュにおける L-アミノ酸オキシダーゼの役割
岩間瑛人・木谷洋一郎 (p 20-21)
- * ヌタウナギを用いた脊椎動物の芳香族炭化水素受容体の起源についての研究
関口俊男 (p 22-23)
- * 人工衛星を用いた宇宙実験のための基礎的な解析：ゼブラフィッシュのウロコの培養条件の検討
瀧野晴美, 鈴木信雄 (p 24-25)
- * アオリイカ(*Sepioteuthis lessoniana*)の生理機能に対する能登海洋深層水の影響に関する研究
泉 梨玖, 鈴木信雄 (p 26-27)
- * 臨海実験施設周辺における海水温と塩分、気温と湿度 (2024 年度)
小木曾正造, 鷹巣真琳 (p 28-29)

ゼブラフィッシュにおける L-アミノ酸オキシダーゼの役割

岩間瑛人・木谷洋一郎

〒927-0553 鳳珠郡能登町小木 金沢大学 環日本海域環境研究センター 臨海実験施設
Akihito IWAMA, Yoichiro KITANI, Immunological role of L-amino acid oxidase in zebrafish

[Background] Living organisms have host-defense mechanisms to protect themselves from pathogens, which can be classified into the innate and the acquired immunities. The acquired immunity—it functions in cartilaginous fishes, bony fishes, and tetrapods—recognizes pathogens and produces specific antibodies to trigger an immune response. On the other hand, the innate immunity is a non-specific host-defense system that is broadly distributed among organisms such as insects to mammals, which represents the first line of defense against pathogens (Ellis, 2001). L-amino acid oxidases (LAOs) is one of the innate immune molecules that identified from the body surface mucus and blood of fish (Kitani and Nagashima, 2020). LAO is an enzyme that catalyzes the oxidative deamination of L-amino acids and generates α -keto acids, ammonia, and hydrogen peroxide as byproducts. Hydrogen peroxide produced by LAO has been reported to exhibit potent antibacterial and antiparasitic activities. However, nevertheless that the LAO gene is widely conserved in fish, the LAO-mediated biological defense system does not function in all fish species. The role of LAO in these fish species—non-LAO activity fishes is unknown. The zebrafish is a suitable target organism for research on the unknown role of LAO because the structure of the LAO gene is clarified, and LAO activity has not been detected in our preliminary experiments. In this study, I targeted to zebrafish LAO gene (*drlao*) and LAO protein (DrLAO) and investigated the immunological role of LAO in zebrafish using the immune inducers and LAO specific antibody.

[Materials and methods] First, I generated an anti-DrLAO custom antibody designed with the C-terminal 19 residues of the DrLAO amino acid sequence as the epitope. The specificity of the antibody was evaluated using recombinant DrLAO and neutralization with the antigen peptides. The sensitivity of protein detection in Western blotting under the conditions of this experiment was evaluated based on the band intensity of recombinant DrLAO. Next, the expression of the LAO gene (*drlao*) in skin, gill, kidney, spleen, liver, intestine, and muscle of naïve adult zebrafish was confirmed by PCR amplification using *drlao*-specific primers generated from the NCBI gene sequence database. Tissue distribution of DrLAO in extracts prepared from each tissue and serum was detected by Western blotting. Finally, immune responses were evaluated by intraperitoneal administration of lipopolysaccharide (LPS), a cell surface structural component of Gram-negative bacteria, and polyinosinic acid:polycytidyl acid (poly(I:C)), synthetic analog of viral double-stranded RNA, to zebrafish. The relative expression of *drlao* in skin, gill, liver, and intestine was confirmed by qPCR, and the total sequence of poly(I:C)-induced *drlao* was confirmed to match the information in the database. DrLAO was detected in skin, gill, and

liver extracts and plasma by Western blotting. In addition, the presence of DrLAO in gill and liver extracts was confirmed by proteomic analysis.

[Results] Western blotting results showed that the anti-DrLAO custom antibody exhibited a band of the estimated size of rDrLAO. The rDrLAO band disappeared when neutralized with antigen peptide, and the antibody was determined to be specific for DrLAO. The sensitivity of detection in Western blotting in this experiment was 0.481 ng. In naïve zebrafish, *drlao* was expressed skin, gill, kidney, spleen, liver, intestine, and muscle. In contrast, DrLAO was not detected in either tissue or serum. Next, zebrafish administered intraperitoneal LPS had a 1.4- to 2-fold increase in relative expression of *drlao*, which was not significantly different from the saline intraperitoneal control group. On the other hand, when poly(I:C) was administered intraperitoneally, the relative expression of *drlao* was maximumly 113-fold in liver (Fig.1), subsequently 70-fold in intestine, 26-fold in gill, 14-fold in skin, which was significantly different from the control group. DrLAO was not detectable in skin, gill,

liver, and plasma. The results of proteomic analysis showed that DrLAO derived peptides were detected in gill, with a 1.2-fold higher expression ratio than in the control group, but this was not detected in the liver. Finally, full-length *drlao* coded the entire DrLAO protein that contained the antigenic epitope of the antibody used in this study.

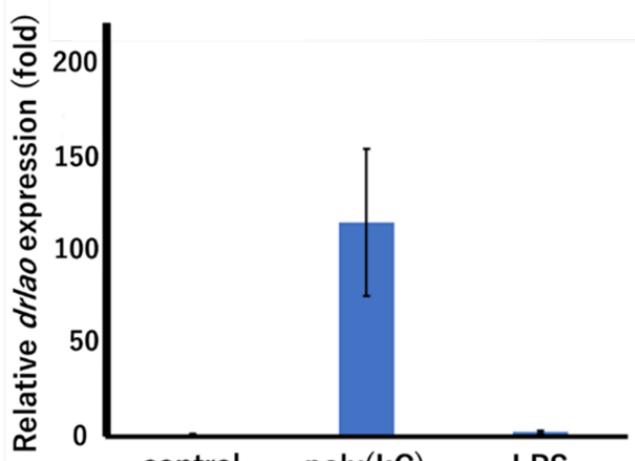


Fig.1 Relative *drlao* expression of liver

[Conclusion] Intraperitoneal administration of poly(I:C) induced *drlao* expression, suggesting that DrLAO could be associated with the response

to the virus. The Western blotting results suggest that DrLAO is expected to be present in very small amounts. Therefore, DrLAO may be involved indirectly in the immune mechanism rather than directly in the antimicrobial effect of the produced hydrogen peroxide.

References

- Ellis, A. E. (2001). Innate host defense mechanisms of fish against viruses and bacteria. *Developmental and Comparative Immunology*, 25(8–9), 827–839. [https://doi.org/10.1016/S0145-305X\(01\)00038-6](https://doi.org/10.1016/S0145-305X(01)00038-6)
- Kitani, Y., & Nagashima, Y. (2020). L-Amino acid oxidase as a fish host-defense molecule. *Fish & Shellfish Immunology*, 106, 685–690. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.08.028>

本研究は金沢大学生命理工学専攻 岩間瑛人氏による修士論文研究の一環として行われた。

ヌタウナギを用いた脊椎動物の芳香族炭化水素受容体の起源についての研究

関口俊男

〒927-0553 鳳珠郡能登町小木 金沢大学 環日本海域環境研究センター臨海実験施設

Toshio SEKIGUCHI: Investigation on the origin of the aryl hydrocarbon receptor in vertebrates

【背景】

動物個体は、様々な化学物質に曝されていて、その中には毒物として動物個体に悪影響を及ぼす物質も多数存在している。20世紀後半から人工的な化学物質による環境汚染も深刻化してきた。天然や人工的な化学物質の多くは、動物個体に存在する防御機構により代謝・排出されている。その機構の一部に芳香族炭化水素受容体 aryl hydrocarbon receptor (AhR) 経路が存在する。哺乳類において、AhR は Hsp90, Xap3, p23 タンパク質と複合体を形成し細胞質に局在している。AhR は、細胞質でダイオキシン類や多環芳香族炭化水素類など様々な環境汚染物質と結合し、活性化される¹⁾。活性化した AhR は立体構造が変化し、複合体蛋白質と離れ核内へ移行する¹⁾。核内で AhR nuclear translocator (ARNT) とヘテロダイマーを形成し、異物応答配列 (Xenobiotics Responsive Element: XRE) を介し標的遺伝子の転写を調節する¹⁾(Fig. 1)。転写活性化される遺伝子の中には、チトクローム P450 1 A1 (CYP1A1)などの毒物代謝の第一相、糖鎖付加蛋白など第二相、トランスポーターなどの第三相に属する遺伝子が含まれることが知られている。このように AhR は、環境汚染物質を感知し、その後の毒物代謝を誘導するセンサーとしての役割を持つことが知られている。

この AhR 遺伝子は、左右相称動物、刺胞動物、平板動物を含む真正後生動物に存在している²⁾。前口動物のショウジョウバエや線虫の AhR は、発生に関わる転写因子として機能しており、AhR がリガンド応答性転写因子として働くのは、軟骨魚類以降の顎口類であると考えられている。前口動物と顎口類の間に位置する物群では、AhR の機能解析が十分に行われているとは言えず、顎口類型 AhR のリガンド依存性の起源は不明である。そこで、顎口類 AhR の起源を探る目的で、原始的な脊椎動物であるヌタウナギ(*Eptatretus burgeri*)を用いた AhR の分子機能解析を実施した。

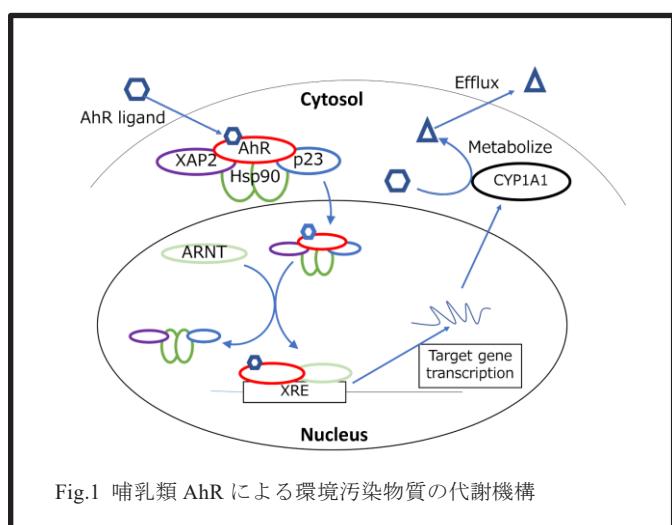


Fig.1 哺乳類 AhR による環境汚染物質の代謝機構

【結果と考察】

ヌタウナギのゲノム検索の結果、AhRに似た遺伝子を2つ同定した。これらのAhR様遺伝子をそれぞれ *E. burgeri*-AhR1(Eb-AhR1)と Eb-AhR2と名付けた。これらの予測アミノ酸配列を頸口類のAhRのアミノ酸配列と比較した結果、N末端から中央にかけての領域で、頸口類AhRで保存されている basic helix-loop-helix domain と Per-ARNT-Sim (PAS) domain A と B が存在していることを確認した。C末端側には、転写活性化ドメインが存在しており、頸口類AhRではグルタミン(Q) rich になっている。頸口類AhRとの配列比較の結果、Eb-AhR1のC末端領域は、頸口類と同じく Q rich であるが、Eb-AhR2では類似性が極めて低く、Qの割合も低いことを明らかにした。さらに HepG2 細胞を用いたルシフェラーゼ解析の結果、ベンゾピレン(BaP)濃度依存的な Eb-AhR の転写活性の上昇を認めた。しかしながら、Eb-AhR2では BaP 添加による転写活性の上昇は認められなかった。さらに、これらの細胞内局在を検討した。N-末端側が His タグで標識された Eb-AhR1, 2 を COS7 細胞に発現させ、His 抗体を用いた免疫細胞化学を行なった結果、Eb-AhR1 では BaP 添加により細胞質から核内へ局在が移行すること、Eb-AhR2 ではリガンドの有無に関わらず核内に局在していることを明らかにした。これらの結果から、Eb-AhR1 は、頸口類 AhR と同様に BaP に応答すること、Eb-AhR2 は少なくとも BaP には応答しないことを突き止めた。ヒト AhRとのアミノ酸配列の比較から、ヒト AhR に存在する BaP 結合配列が Eb-AhR1 では保存されている一方で、Eb-AhR2 では変異が起きているため、Eb-AhR2 は BaP と結合していない可能性が高い。

今後は、Eb-AhR1 の下流に着目する。CYP1 遺伝子のプロモーター解析を行い、Eb-AhR1 のリガンド依存的な CYP1 の誘導の有無を検討する。さらにヌタウナギ肝臓初代培養株を用いた CYP1 の発現解析も予定している。円口類におけるリガンドによる CYP 蛋白質発現誘導と CYP 活性の上昇について、否定的な見解が 1990 年代の研究で示されている³⁾。しかしながら、当該論文で使用されたリガンドは BaP でないので、今回 AhR に応答した BaP での再検討が必要である。加えて先行研究で CYP 蛋白質の誘導性を検討した抗体は、硬骨魚類の CYP を認識する抗体であるため、真の円口類 CYP を検出しているか不明である。本研究により円口類 AhR-CYP 系の有無を解明することで、脊椎動物における毒物代謝の進化についての理解が深まるだろう。

【参考文献】

- 1) Murray, I., Patterson, A. & Perdew, G. Aryl hydrocarbon receptor ligands in cancer: friend and foe. *Nat Rev Cancer* **14**, 801–814 (2014).
- 2) Hahn ME, Karchner SI, Merson RR. Diversity as opportunity: Insights from 600 million years of AHR evolution. *Curr Opin Toxicol* **58**, 71-73 (2017).
- 3) Hahn ME, Woodin BR, Stegeman JJ, Tillitt DE. Aryl hydrocarbon receptor function in early vertebrates:: Inducibility of cytochrome P450 1A in agnathan and elasmobranch fish. *Comp. Biochem. Physiol. C Pharmacol. Toxicol. Endocrinol* **120**, 67-75 (1998).

人工衛星を用いた宇宙実験のための基礎的な解析： ゼブラフィッシュのウロコの培養条件の検討

瀧野晴美，鈴木信雄

〒927-0553 鳳珠郡能登町小木 金沢大学 環日本海域環境研究センター 臨海実験施設

Harumi Takino, Nobuo SUZUKI: Basic analysis for space experiments using satellites:
Investigation of culture conditions for zebrafish scales

Introduction

Long-term stays of about one year on the International Space Station (ISS) are now possible, and manned exploration of the Moon and Mars and space travel by private citizens are also becoming feasible. However, the longer the duration of the stay, the greater the impact of the space environment on the human body, causing damage to various parts of the body (Figure 1). In addition to evaluating these effects, preventive and therapeutic agents are needed. Focusing on bone metabolism, therefore, we conducted a space experiment on the International Space Station using fish scales (bone model)(Hirayama et al., 2023; Hattori and Suzuki, 2004). As a result, we demonstrated that osteoclasts in regenerating goldfish scales were activated by microgravity conditions, and that bone resorption proceeds, and that melatonin can inhibit bone resorption under microgravity conditions (Ikegami et al., 2019). However, the above experiments did not analyze osteoblasts and osteoclasts separately. Taking them together, I performed a basic space experiment using zebrafish scales fluorescently labeled with osteoblasts and osteoclasts (Kobayashi et al., 2020)(Figure 2) to conduct space experiments.

Materials and Methods

Zebrafish transgenic lines of *Tg(trap:GFP-CAAX)^{ou2031Tg}* and *Tg(osterix:Lifeact-mCherry)^{ou2032Tg}*(Kobayashi et al., 2020) were used for this experiment. Scales were removed from zebrafish under anesthesia. The zebrafish from which the scales were removed were then reared at 28°C to observe the regeneration of scales

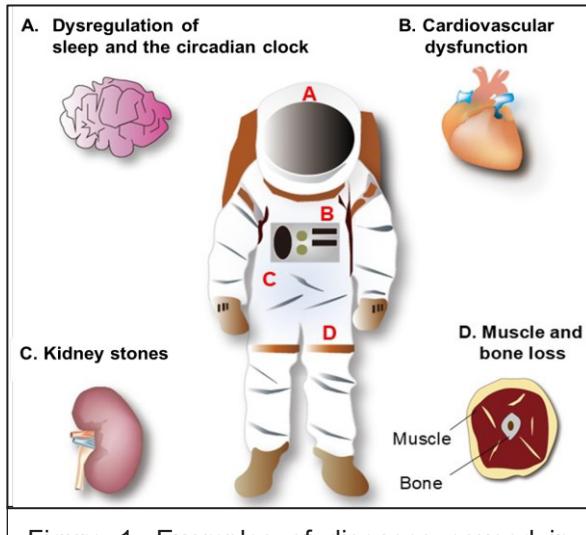


Figure 1. Examples of diseases caused in outer space

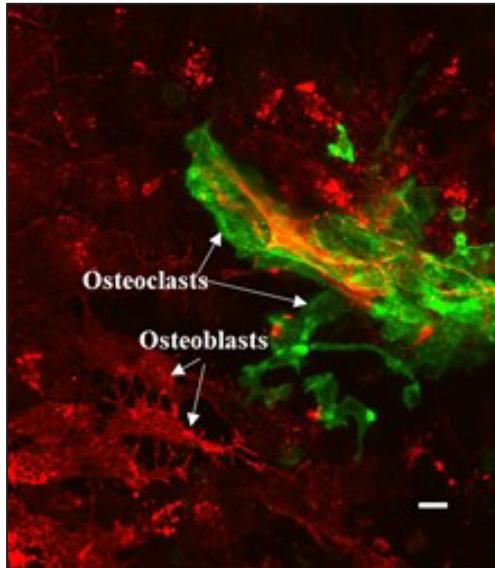


Figure 2. Osteoblasts (*osterix:mCherry*) and osteoclasts (*trap:GFP*) prepared from the scales of genetically modified zebrafish
Scale bar: 10 μm.

in vivo. Additionally, the optimal culture medium and temperature range in which scales were cultured *in vitro* were examined.

Statistical significance between groups was determined by one-way ANOVA with Dunnett's test.

Results and Discussion

In vivo observation of the regeneration process of scales revealed that the fluorescence of osteoblasts was particularly strong during the 7 days of regeneration. On the other hand, osteoclasts were scarce in the early stages of regeneration and were observed after 7 days of regeneration. Therefore, *in vitro* culture experiments were performed using regenerated day-7 scales.

The ZKS (zebrafish kidney stromal cell) medium, which has been used in studies of hematopoietic stem cells (Kimura et al., 2022), was used as the basis for examining the medium conditions of the scales at 28°C. By using ZKS combined medium (ZKS + 4 mM CaCl₂, 10 mM beta-glycerol phosphate, 50 µg/ml L-ascorbic acid sodium, and 1 nM sodium pyruvate), fluorescence (osteoblasts for *osterix:mCherry*; osteoclasts for *trap:GFP*) remained strong after 3 days in a culture at 28°C. The fluorescence intensity of mCherry and GFP in scales cultured with the ZKS composite medium was significantly higher than that of scales cultured in ZKS medium or ZKS supplemented with calcium chloride.

On the other hand, in the space experiment, since it is necessary to store the scales for a long period of time until scales are cultured after being loaded on the rocket, the culture conditions at low temperatures were examined. Goldfish scales could be stored at 4°C for a long period of time (Ikegame et al., 2019); however, zebrafish scales could not be stored at 4°C, due to the death of osteoclasts. After examination at several temperatures, it was found that the regenerating scales could be stored at 12°C for a long period of time. After one week of storage at 12°C, the fluorescence of osteoblasts and osteoclasts in the scales was maintained after 3 days of incubation at 30°C. The effect of hormones involved in calcium metabolism (parathyroid hormone, 1,25-(OH)₂ vitamin D₃, calcitonin etc.) is currently being investigated with this culture method.

References

- Hattori, A. and Suzuki, N.: Receptor-mediated and receptor-independent actions of melatonin in vertebrates. Zool. Sci., 41: 105-116 (2024)
- Hirayama et al.: Physiological consequences of space flight, including abnormal bone metabolism, space radiation injury, and circadian clock dysregulation: Implications of melatonin use and regulation as a countermeasure. J. Pineal Res., 74: e12834 (2023)
- Ikegame, M., et al.: Melatonin is a potential drug for the prevention of bone loss during space flight. J. Pineal Res., 67: e12594 (2019)
- Kimura et al.: Inhibition of canonical wnt signaling promotes *ex vivo* maintenance and proliferation of hematopoietic stem cells in zebrafish. Stem Cells, 40: 831-842 (2022)
- Kobayashi-Sun, J., et al.: Uptake of osteoblast-derived extracellular vesicles promotes the differentiation of osteoclasts in the zebrafish scale. Com. Biol., 3: 190 (2020)

本研究は、金沢大学生命理工学類 瀧野晴美氏の学位論文の一環として行われた。

アオリイカ (*Sepioteuthis lessoniana*) の生理機能に対する能登海洋深層水の影響に関する研究

泉 梨玖, 鈴木信雄

〒927-0553 函館市能登町小木 金沢大学 環日本海域環境研究センター 臨海実験施設

Riku Izumi, Nobuo SUZUKI: Study on the effect of Noto deep ocean water on physiological functions in the bigfin reef squid (*Sepioteuthis lessoniana*)

Introduction

Deep ocean water (DOW) is cold, salty water found 200 m below the surface of Earth's oceans. Three major characteristics of DOW—low temperature, rich nutrients, and cleanliness—make deep ocean water suitable for various uses (Nani et al., 2016; Hunt et al., 2021). For aquaculture, the growth of seaweeds (Nimura et al., 2006; Hara et al., 2009) and shrimp (Okamoto, 2006) was promoted by breeding in DOW rather than in surface seawater (SSW). Furthermore, we recently demonstrated that DOW has physiologically significant effects on the rearing of the Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) (Hatano et al., 2023). After 36 hours of rearing in DOW, the body weight of individuals of this squid species did not change; however, those kept in SSW decreased significantly. Additionally, squid reared in DOW had significantly higher mineral and total-cholesterol levels as compared with those reared in SSW. This implies that DOW acts on the kidney and/or liver to reduce body weight loss. Thus, the present study examined the physiological effects on the rearing of another commercially important squid and the easily reared bigfin reef squid (*Sepioteuthis lessoniana*) (Figure 1) in the Noto DOW.



Figure 1. Photograph of bigfin reef squid (*Sepioteuthis lessoniana*)

Materials and Methods

Bigfin reef squid (*Sepioteuthis lessoniana*) (Figure 1) collected by fishing in Tsukumo Bay (Noto Peninsula, Ishikawa Prefecture) were used in the experiment. After weighing, the squid were reared in SSW ($n = 7$) and Noto DOW ($n = 8$) at 21–22°C for 3 days. After rearing, these squid were anesthetized under ice-cold conditions and weighed, and hemolymph was collected from the branchial hearts with a syringe. After centrifugation (5,200 × g, 5 min), the supernatant was put into a 1.5 ml tube and then frozen at -20°C. In addition, kidneys and livers were collected for RNAseq analysis. These samples were put into RNAlater and then kept at -80°C until analysis.

Hemolymph samples were sent to a commercial vendor (Oriental Yeast Co., Ltd., Tokyo, Japan) and

their minerals and total cholesterol were analyzed. Indole compounds of hemolymph were analyzed by liquid chromatography–tandem mass spectrometry (LCMS-8050; Shimadzu Co., Kyoto, Japan).

The statistical significance between the control and experimental groups was assessed using an independent sample t-test. The selected significance level was $p < 0.05$.

Results and Discussion

The body weight of the bigfin reef squid reared in Noto DOW for 3 days did not change from before rearing, averaging 99.8% when the initials were set to 100%. On the other hand, bigfin reef squid reared in surface water weighed 3.4% less than those reared in deep water, indicating a significant difference ($P < 0.05$) between SSW and DOW rearing.

Next, hemolymph minerals, cholesterol, and indole compounds such as serotonin concentrations were measured. The results showed significant differences in the Na^+ and Cl^- concentrations between DOW and SSW rearing; these values were higher in DOW rearing than in SSW rearing. Also, hemolymph cholesterol levels in squid reared in DOW were higher than those in squid reared in SSW.

Interestingly, the serotonin in the hemolymph of the bigfin reef squid could be detected. In addition to increased Na^+ and Cl^- concentrations, the serotonin concentrations in the hemolymph of the bigfin reef squid were higher in DOW rearing than in SSW rearing.

On the other hand, the mRNA expression in the liver of squid was little changed between SSW and DOW rearing. However, analysis of mRNA expressed in the kidney revealed that gene expression related to ion transporters and ion channels was elevated. Notably, a group of genes related to the production of ATP was also elevated by DOW rearing. It is thought that serotonin acts on the kidneys to increase the expression of these genes, resulting in altered mineral concentrations in the hemolymph.

References

- Hara, Y., et al. Growth and arsenic content of “Hijiki” *Sargassum fusiforme* cultivated with deep seawater from Suruga Bay. Deep Ocean Water Res., 10: 19-26 (2009)
- Hatano, K., et al.: Deep ocean water alters the cholesterol and mineral metabolism of squid *Todarodes pacificus* and suppresses its weight loss. Sci. Rep., 13:7591 (2023)
- Hunt, J. D., et al. Deep seawater cooling and desalination: combining seawater air conditioning and desalination. Sustain. Cities Soc. 74: 103257 (2021)
- Mohd Nani, S. Z., et al. Potential health benefits of deep sea water: a review. Evid. Based Complement. Alternat. Med., 6520475 (2016)
- Nimura, K., et al.: Effect of flow rate on the growth of juvenile *Eisenia arborea* and *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyceae) cultured in Suruga Bay deep and surface seawaters. Deep Ocean Water Res., 7, 7-11 (2006)
- Okamoto, K.: Comparison of survival and growth in adult pelagic shrimp *Sergia lucens* between deep and surface seawater cultures. Deep Ocean Water Res., 7: 1-7 (2006)

本研究は、金沢大学生命理工学類 泉 梨玖氏の学位論文の一環として行われた。

臨海実験施設周辺における海水温と塩分（2024年度）

小木曾正造¹, 鷹巣真琳²

¹〒927-0553 函館市能登町小木, 金沢大学 総合技術部 環境安全部門,

²〒927-0553 函館市能登町小木, 金沢大学 環日本海域環境研究センター 臨海実験施設

Shouzo OGISO, Marin TAKASU: The observation of seawater temperature and salinity around the Noto Marine Laboratory (Apr. 2024 – Mar. 2025)

【はじめに】

金沢大学環日本海域環境研究センター臨海実験施設では、2013年10月から気象観測を継続している。2024年度は2024年4月1日0時から2025年3月31日23時まで1時間おきに、海水温と塩分を研究棟前の浮き桟橋下にて測定した。JFEアドバンテック株式会社製「INFINITY-CTW」を用いて水深0.5mで水温（精度±0.01°C、分解能0.001°C）と電気伝導度（精度±0.01 mS/cm、分解能0.001 mS/cm）を測定し、電気伝導度を実用塩分に換算した。株式会社ハイドロシステム開発社製「Rugged TROLL 100」を用いて水深5.0m及び7.5mの水温（精度±0.3°C、分解能0.01°C）を測定した。観測データは臨海実験施設のWebサイト及び環日本海域環境研究センターのデータベースサイトにて公開している。

【結果と考察】

測定回数: 水深5.0mと7.5mの海水温は欠測なく全8760時点で測定した。水深0.5mの海水温と実用塩分は機器の誤測定により、3月16日6時、3月29日0時から3月31日23時までの73時点で欠測が生じた。各測定項目において、欠測が生じた項目では月別及び年間の平均値は求めなかった。

海水温: 年間平均水温は水深5.0m、7.5mでそれぞれ18.9°C、18.8°Cだった。月別平均水温は水深0.5m、5.0m、7.5mとも8月に最も高く、それぞれ29.08°C、28.7°C、28.4°Cで、過去最高だった2023年よりは低かったものの、これまでの8月の平均水温と比べて0.8°Cから1.4°C高かった(Figs. 1, 2, 3)。9月の平均水温も高く、8月同様に前年よりは低いものの、過去の平均よりも2.3°Cから2.7°C高かった。月別平均水温の最低値は、水深5.0mで3月の11.0°C、7.5mで3月の11.1°C、0.5mは欠測期間があるため求めなかった。水深0.5mの月別平均水温を過去の平均値と比べると、4月、6月、8月から10月は過去の平均よりも高く、それ以外の月はほぼ同じだった。水深5.0mでは、1年を通して過去の平均値よりも高い温度で推移し、8月、9月、10月はそれぞれ1.5°C、2.6°C、1.2°C高かった。水深7.5mでも同様に1年を通して過去の平均値よりも高い温度で推移した。

年間の最高水温は水深0.5mで8月3日17時の30.55°C、5.0mで8月5日18時から22時まで、8月6日0時と1時の29.9°C、7.5mで8月5日23時の29.7°Cだった。最低水温は水深0.5mで欠測期間を除いて3月4日16時の8.04°C、5.0mは4月2日0時、2時、4時から9時、3月5日21時から23時、3月6日8時、3月26日15時、

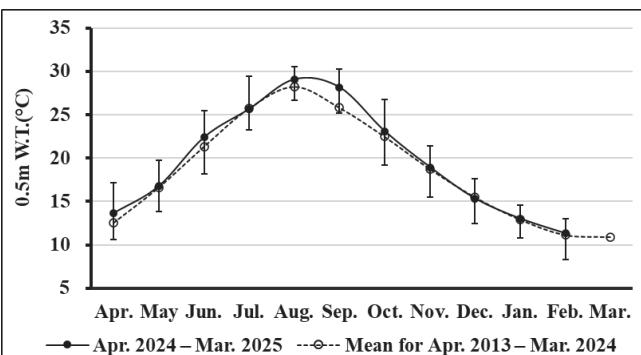


Fig. 1. Monthly mean water temperature at a depth of 0.5 m. Vertical bars indicate the range of the highest and lowest temperatures for Apr. 2024 – Mar. 2025.

18時、19時、22時の計16時点で観測した10.6°C、7.5mは4月2日0時、2時、3月4日5時に記録した10.6°Cだった。30.0°C以上の水温が測定された時点数は、水深0.5mは55時点、5.0mと7.5mは0時点だった。10.0°C以下は0.5mで122時点（欠測期間除く）、5.0mと7.5mでは0時点だった。

実用塩分: 欠測期間を除いた年間の平均値は32.87で、最高値は6月28日4時に記録した34.17、最低値は9月22日10時の21.17だった。月別平均値は欠測のあった3月を除くと5月が最も高く33.48を示し、9月が最も低くて31.48だった（Figure 4）。9月に発生した奥能登豪雨の影響により9月21日12時に27.86へ急低下し、13時に25.90を記録した。その後、一時的に上昇したものの、21日21時より再び低下し、22日10時に最低値を記録した。

1日間における温度差: 1日24時点内における各水深の海水温の最高値と最低値の差の各月平均値をFigure 5に示す。水深0.5mの温度差の月別平均は0.89°Cから1.66°Cの間で変化しており、5.0mと7.5mでは0.2°Cから1.6°Cだった。月別平均が最も大きかったのは水深0.5mの6月で1.66°Cだった。水深5.0mは9月以降、7.5mでは10月以降は差が小さくなり、0.2°Cから0.5°Cの間で推移した。1日間での温度差が最大だったのは、水深0.5mは2月5日で3.73°C、水深5.0mは5月6日で4.2°C、水深7.5mは6月16日で4.2°Cだった。

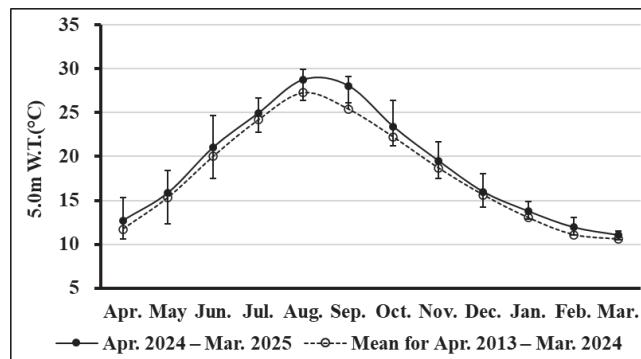


Fig. 2. Monthly mean water temperature at a depth of 5.0 m. Vertical bars indicate the range of the highest and lowest temperatures for Apr. 2024 – Mar. 2025.

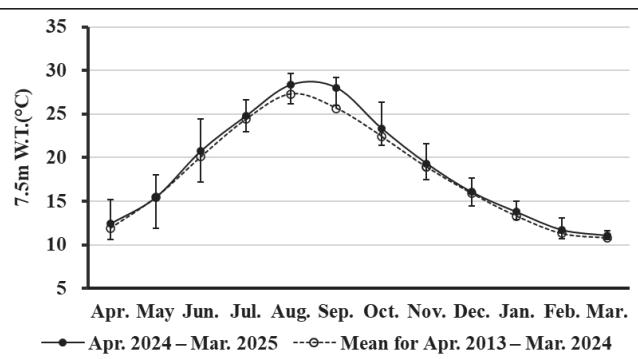


Fig. 3. Monthly mean water temperature at a depth of 7.5 m. Vertical bars indicate the range of the highest and lowest temperatures for Apr. 2024 – Mar. 2025.

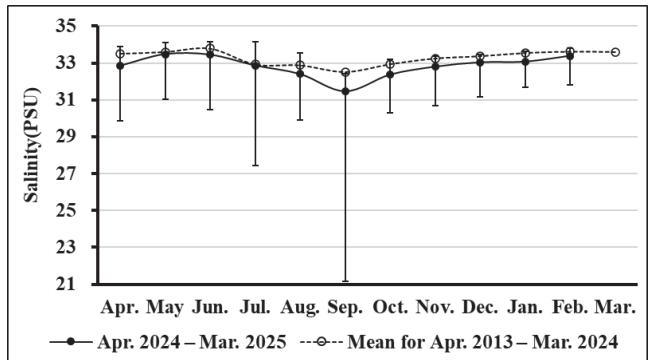


Fig. 4. Monthly mean salinity at a depth of 0.5 m. Vertical bars indicate the range of the highest and lowest salinity for Apr. 2024 – Mar. 2025.

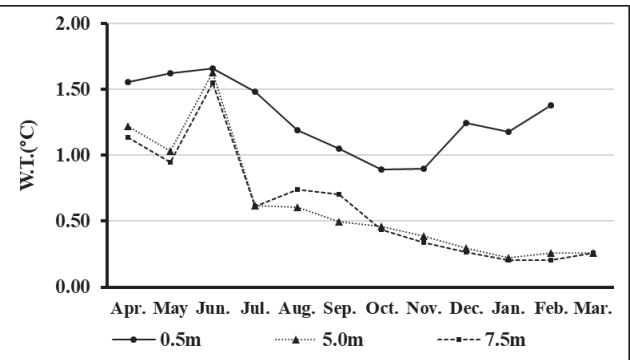


Fig. 5. Monthly mean of difference between highest temperature and lowest temperature for one-day.

構成員

1) 教員

教授（施設長）

鈴木信雄 (nobuos@staff.kanazawa-u.ac.jp)

博士（理学）

専攻 環境生物学，比較生理学，骨学

（生理活性物質，環境汚染物質及び物理的刺激の骨に対する作用と海産無脊椎動物・海産魚類の生理活性物質の分子進化を研究している）

准教授

関口俊男 (t-sekiguchi@se.kanazawa-u.ac.jp)

博士（医学）

専攻 比較内分泌学，海洋比較生理学

（海産動物の神経・内分泌系について，分子進化及び生理機能進化の観点で研究している）

木谷洋一郎 (yki@se.kanazawa-u.ac.jp)

博士（水産学）

専攻 生化学，魚類免疫学，生理活性化学

（魚類の粘膜組織における生体防御機構，とくに自然免疫機構について研究している）

2) 職員

技術専門職員

小木曾正造 (shozoogiso@se.kanazawa-u.ac.jp)

博士（理学）

専門 海産無脊椎動物一般

技術補佐員

鷹巣 真琳

事務補佐員

曾良美智子 (msora@se.kanazawa-u.ac.jp)

3) 学生

4年生

瀧野晴美

泉 梨玖

修士課程1年

大嶋詩響

角田啓斗

修士課程 2 年

岩間瑛人

黒田康平（2024 年 9 月修了）

Janthamat Duangmorakot (2024 年 9 月修了)

博士課程 1 年

西川 淳

黒田康平（2024 年 10 月より）

博士課程 2 年

栗田正徳

端野開都

4) 客員教授

井口泰泉

大嶋雄治

5) 連携研究員

浦田 慎

木下靖子

坂井恵一

清水宣明

染井正徳

布村 昇

三宅裕志

安田 寛

谷内口孝治

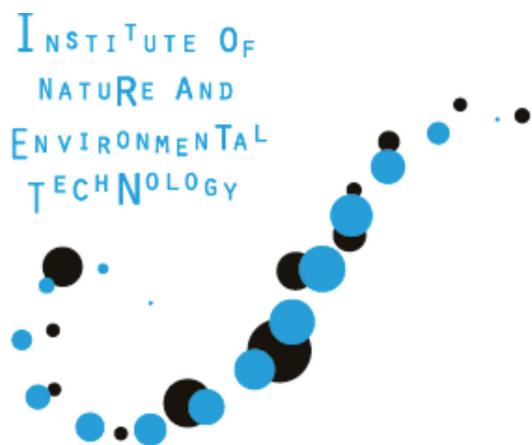
山田外史

平山 順

SRIVASTAV AJAI KUMAR

佐藤崇範

福森義宏



金沢大学
環日本海域環境研究センター

環日本海域環境研究センター 臨海実験施設

〒927-0553 石川県鳳珠郡能登町小木ム4-1

TEL (0768) 74-1151 FAX (0768) 74-1644

Noto Marine Laboratory, Kanazawa University, Ogi, Noto-cho, Ishikawa 927-0553, JAPAN