

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14号  
2015.4 ~ 2016.3



九十九湾で採集されたアカハゼ  
*Amblychaeturichthys hexanema* (Bleeker, 1853)

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       | 5  |
| * 研究発表及び研究活動 | 7  |
| * 研究交流       | 8  |
| * 研究費        | 10 |
| * 利用状況       | 12 |

## 【研究概要】

### 1. 無脊椎動物及び脊椎動物の生理・生化学的研究

関口（助教）を中心に、円口類に属する原始的な脊椎動物であるヤツメウナギのカルシトニンの構造決定及び機能解析を試みている。本研究の目標は、カワヤツメを用いてカルシトニンの本質的な役割を解明することであり、本年度は、カワヤツメ (*Lampetra japonica*) のカルシトニンの全長配列を決定した。カワヤツメのカルシトニンは、31アミノ酸残基のペプチドで、脊椎動物のカルシトニンと37-53%の配列同一性を示した。さらにカルシトニン受容体の全長配列を決定し、推定アミノ酸配列を用いた系統解析の結果、脊椎動物のカルシトニン受容体とカルシトニン受容体様受容体の共通祖先に由来する事がわかった。またカワヤツメカルシトニン受容体の組織発現分布を検討した結果、脊椎動物と同様にユビキタな発現が認められ、排出器官である鰓や腎臓でも発現していた。カワヤツメは、遡河回遊魚であり、鰓と腎臓を使い浸透圧の異なる淡水と海水の環境に適応できる。そこで、カワヤツメを淡水から海水に移行させたところ、鰓におけるカルシトニン受容体遺伝子の発現量が有意に上昇した為、カルシトニンが浸透圧調節に関与していることが示唆された。本研究は、科学研究費基盤 (C) (代表：関口俊男) の後援のもと行われた。

一方、CCK/ガストリンの進化についての研究を原索動物のホヤを用いて行っている。哺乳類では、CCK/ガストリンは、それぞれ胆嚢の収縮、胃酸の放出を刺激する消化ホルモンである。これまで脊椎動物の祖先的動物であるホヤにおいて CCK/ガストリンの祖先的な遺伝子 *cionin* が同定されている。しかしながら、ホヤにおける *cionin* の機能は不明である。そこで、ホヤにおける *cionin* や *cionin* 受容体の詳細な発現解析を行っており、本年度は、*cionin* ペプチド mRNA の組織局在発現分布を免疫組織化学により解析した結果、中枢神経前方部の神経細胞体に局在が認められた。さらにこの神経の走行を解析するために、*cionin* 遺伝子上流配列の制御下で蛍光タンパクを発現させる実験系を着想したが、上流配列には未解読の領域が多かったため、まず Tail PCR 法を用い約 3.9 Kbp の上流配列を決定した (日本動物学会中部支部大会と比較内分泌学会で発表)。なお *cionin* の研究は、谷口詩穂君の修士論文研究の一環として行った。

### 2. 様々な物理的刺激に対する骨組織の応答に関する研究：魚類のウロコを用いた解析

魚のウロコを骨のモデルとして、物理的刺激やホルモン等の生理活性物質の骨に対する作用を調べ、その応答の多様性を鈴木（教授）が中心となり研究を進めている。

半本泰三君は、修士論文研究の一環として、超音波の骨への影響をウロコの系を用い研究している。超音波は骨形成を促進する作用があることが経験的に知られており骨折の治療に用いられているが、その作用機序は不明である。昨年度までに、超音波照射後3時間のウロコで骨芽細胞活性が上昇し、破骨細胞活性が低下すること、破骨細胞にアポトーシスが起きることを明らかにしている。本年度は、超音波の破骨細胞に対する影響を24時間に渡り検討した結果、破骨細胞の活性は一旦低下するものの超音波照射後6時間から活性化され、24時間後にはじめの発現量に戻ることが確認された。この分子機構を明らかにするために、リアルタイム PCR により破骨細胞分化に関わる RANK-RANKL 系の遺伝子発現を経時的に定量した結果、超音波照射6-12時間にかけて RANKL の遺伝子発現がコントロールに比べ有意に上昇し、その後低下することを明らかにした。このことは、骨芽細胞が産生する RANKL が破骨細胞の分化を促進していることを意味する (日本動物学会中部支部大会で発表)。

### 3. 海洋汚染に関する研究

金沢大学医薬保健研究域薬学系の早川和一教授との共同研究により、多環芳香族炭化水素（PAH）類の内分泌攪乱作用を調べている。PAH 類は化石燃料の燃焼に伴って生成して大気中に放出される非意図的生成化学物質の一つであり、その中にはベンゾ[a]ピレンのように発癌性/変異原性を有するものが多い。また、PAH 類は原油にも含まれており、1997年1月に日本海で発生したロシア船籍タンカーナホトカ号の重油流出事故では、流出した大量の重油による海洋生態系への影響が危惧された。しかし、重油残留海域で採集した魚類に癌が見出された報告はこれまでなく、重油汚染海水で孵化した稚魚に脊柱彎曲が観察されている。したがって、魚類に及ぼす重油の影響は発癌ではなく、骨代謝異常であることを強く示唆しているが、その発症機序は不明のままである。

佐藤将之君は、修士論文研究の一環としてウロコを用いて、地中海及び紅海の重油汚染海域の海水に対する魚類の骨代謝への影響を解析している。既に、これらの海水中の PAH 濃度が高いこと、ウロコの培養系にこれらの海水を添加することにより、骨芽細胞の活性を有意に抑制することを明らかにしている。本年度、海水中に含まれる PAH の分子種を分析した結果、3環のアセナフテン（Ace）が高濃度であることがわかった。そこでウロコの培養系に Ace を添加すると、骨芽細胞の活性が有意に低下した。さらに海水中に高濃度で含まれる他の成分においても有意差はなかったが、骨芽細胞の活性を抑制したため、Ace やその他の成分の相乗あるいは相加的な作用により、骨芽細胞の活性が低下したと考えられる（日本動物学会中部支部大会で発表）。

### 4. 魚類に対する海洋深層水の影響評価

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を示し、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。そこで、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っている。

本年度は、海産魚類のメジナを海洋深層水と表層海水で飼育し、経時的に血液を採取、ELISA でコルチゾール濃度を測定した結果、海洋深層水により有意に血中コルチゾール濃度が低下することを明らかにした。このことから、海洋深層水は飼育環境下において魚類のストレスを軽減し、良好な生育を促すと考えられる。本研究の成果は、五十里雄大君の卒業論文の一環として、日本動物学会中部支部会で発表された。

### 5. 放射線の骨に対する影響評価

放射線を生物に照射するとラジカルが発生し、ラジカルが DNA にダメージを与え、アポトーシスを誘引する。この放射線的作用を応用して癌治療が行われている。骨に転移した癌に対する放射線治療も行われており、骨に対する副作用が示唆されるが、骨は放射線の感受性が低いことから他の組織と比較して研究が少ない。骨に対する放射線の影響については、臨床や *in vivo* の研究が多く、骨芽および破骨細胞の単独培養の研究はあるが、骨基質を含み破骨細胞と骨芽細胞が共存する状態で *in vitro* で解析した研究はない。そこで鈴木が中心となり、骨モデルであるキンギョのウロコを用いて、インドール化合物に放射線防御作用があることを明らかにして、特許を出願した。なお、本研究は、富山大学近藤 隆教授、同大学田渕圭章教授との共同研究により実施している。

### 6. 土地利用の長期変化に対応した陸水および沿岸海洋生態系の応答

「森は海の恋人」など陸域と水域の相互作用の重要性が指摘されているが、科学的な知見は少ない。母材や微気象等に起因する降雨応答／植生の地理的変異、森林成立までに数十年を要するので比較可

能なデータが少ない等が理由である。昨年度から北海道開拓に伴う河川・沿岸域の反応を数理モデルや地球化学等から複合的に研究している。鎌内宏光特任助教、金沢大学の長尾誠也教授他との共同研究、科研費（萌芽、代表＝鎌内）によるサポート。

## 7. 海霧による陸上生態系への影響

陸域水域相互作用の研究では陸域からの影響を検討した事例が多い。海由来の移流霧が陸上生態系に対する影響を北海道東部で検証している。今年度は海霧のリモートセンシング検知および同位体による海霧の痕跡検出の可能性を検討した。鎌内宏光特任助教、東京農工大学の赤坂宗光講師他との共同研究。

## 8. 魚類の自然免疫系に関する研究：体表における抗微生物因子について

平成28年3月に着任した木谷（助教）は、主として魚類の体表粘液に存在する抗微生物因子についての研究を行っている。過去に魚類体表粘液が魚病細菌に効果的に作用することが観察されたことを端緒として、この現象の解明と原因物質の同定を試みたところ、この物質は各種クロマトグラフィーの組み合わせにより単離され、その挙動から本物質は分子量 120 kで 53 k のサブユニットから構成される酸性糖タンパク質であることがわかった。cDNA クローニングの結果、これはL-アミノ酸オキシダーゼ（LAO）ファミリータンパク質と相同性を示し、また L-Lys にのみ反応して過酸化水素を産生したことから、これを新規 L-リシンオキシダーゼとして同定した。本成果は、魚類体表から抗菌物質として LAO を見出した初の例となった。また、細菌選択機構について検討を加えたところ、本物質は感受性細菌の表面に結合し、これにより産生された過酸化水素は菌体表面で局所的に高濃度となり細菌にダメージを与えることが示唆された。このほかにも、大西洋タラ *Gadus morhua* および大西洋サケ *Salmo salar* に着目し、体表における抗微生物ペプチドの機能解析に関する研究が進行している。

これらの成果を踏まえ、魚類 LAO の構造-基質特異性相関に関する研究、魚類 LAO の活性制御機構に関する研究、水産加工における廃棄物を生化学資源として利用する研究などを行う予定である。

## 9. 魚類の発生・成長の遅滞履歴とその後の形質変化のつながりに関する研究

動物の発生・成長はしばしば後天的要因の悪化により『遅滞』するが、多くの場合、遅滞要因が除かれると短期間のうちに正常な発育度へ復帰する。この現象は『追いつき成長』として幅広く動物界で知られ、医学や畜水産業の現場においても、これを引き起こす分子の実体の解明と制御が望まれている。例えば、ヒトでは成長遅滞と追いつき成長を経験した個体に、遅滞履歴のない個体と比べて生理機能の差異（精神発育の異常や心血管疾患・糖尿病・肥満の発症率の増加など）が生じやすいことが指摘されているし、効率的な水産動物の種苗生産を目指すうえでも胚の成長遅滞や遅滞後の追いつき成長の有無は重要な素因となりうる。しかし、胎児や初期胚の観察・操作は、多くの場合において容易ではなく『個体発生の初期におこる成長遅滞や追いつき成長、そしてこれらに付随して起こる身体機能の変化を誘導する仕組み』は十分に明らかにされていない。

平成28年2月に理工研究域 自然システム学系に助教として着任した亀井は『小型の実験魚として汎用されているゼブラフィッシュ』と『酸素濃度の変化』を組み合わせた実験系を用いて、成長遅滞と追いつき成長が引き起こされる仕組みを研究している。これまでの一連の研究から、亀井は『追いつき成長時には個体成長を促す内分泌因子の細胞内シグナル伝達系が変化する事』そして『特定の胚性幹細胞が追いつき成長の達成に必要である事』を見出してきた。今後は、これまで明らかにしてきたシグナル伝達系や幹細胞が、胚の成長遅滞と追いつき成長に伴う体質変化にどのように関与するかについて遺伝子改組技術や分子・細胞・発生生物学的手法を用いて、より詳細に明らかにしていく予定である。

## 【研究業績】

### 1) 学術論文

- (1) Kumar, A., Prasad, M., Srivastav, S.K., Suzuki, N. and Srivastav, A.K., 2015, Toxicological impacts of a botanical pesticide, azadirachtin on corpuscles of *Stannius* of stinging catfish, *Heteropneustes fossilis*. International Journal of Environmental Science and Technology, **12**, 507-512.
- (2) Prasad, M., Kumar, A., Suzuki, N. and Srivastav, A.K., 2015, Botanical Pesticide *nerium indicum* alters prolactin cells of stinging catfish, *Heteropneustes fossilis*. International Journal of Zoological Investigations, **1**, 77-84.
- (3) Suzuki, N., Ogiso, S., Yachiguchi, K., Kawabe, K., Makino, F., Toriba, A., Kiyomoto, M., Sekiguchi, T., Tabuchi, Y., Kondo, T., Kitamura, K., Hong, C.-S., Srivastav, A.K., Oshima, Y., Hattori, A. and Hayakawa, K., 2015, Monohydroxylated polycyclic aromatic hydrocarbons influence spicule formation in the early development of sea urchins (*Hemicentrotus pulcherrimus*). Comparative Biochemistry and Physiology-Part C, **171**, 55-60.
- (4) Suzuki, N., Somei, M., Seki, A., Sekiguchi, T., Tabuchi, Y., Mishima, H., Kase, Y., Kaminishi, A., Yachiguchi, K., Kitamura, K., Oshima, Y., Hayakawa, K., Yano, S. and Hattori, A., 2015, Novel tryptophan derivatives as potentially effective therapeutic drugs to treat bone diseases. American Journal of Life Sciences, **3**, 31-38.
- (5) Hamazaki, K., Suzuki, N., Kitamura, K., Hattori, A., Nagasawa, T., Itomura, M. and Hamazaki, T., 2016, Is vaccenic acid (18:1t n-7) associated with an increased incidence of hip fracture? An explanation for the calcium paradox. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, **109**, 8-12.
- (6) Kuwasako, K., Sekiguchi, T., Nagata, S., Jiang, D., Hayashi, H., Murakami, M., Hattori, Y., Kitamura, K. and Kato, J., 2016, Inhibitory effects of two G protein-coupled receptor kinases on the cell surface expression and signaling of the human adrenomedullin receptor. Biochemical and Biophysical Research Communications, **470**, 894-899.
- (7) Sekiguchi, T., Kuwasako, K., Ogasawara, M., Takahashi, H., Matsubara, S., Osugi, T., Muramatsu, I., Sasayama, Y., Suzuki, N. and Satake, H., 2016, Evidence for conservation of the calcitonin superfamily and activity-regulating mechanisms in the basal chordate *Branchiostoma floridae*: insight into the molecular and functional evolution in chordates. The Journal of Biological Chemistry, **291**, 2345-2356.
- (8) Suzuki, N., Hanmoto, T., Yano, S., Furusawa, Y., Ikegame, M., Tabuchi, Y., Kondo, T., Kitamura, K., Endo, M., Yamamoto, T., Sekiguchi, T., Urata, M., Mikuni-Takagaki, Y. and Hattori, A., 2016, Low-intensity pulsed ultrasound induces apoptosis in osteoclasts: Fish scales are a suitable model for analysis of bone metabolism by ultrasound. Comparative Biochemistry and Physiology-Part A, **195**, 26-31.
- (9) 小木曾正造・坂井恵一, 2016, 能登半島の九十九湾で新たに見つかったアカハゼ *Amblychaeturichthys hexanema* (Bleeker, 1853) (Pisces, Gobiidae) について. のと海洋ふれあいセンター研究報告, **21**, 10-14.
- (10) 小木曾正造・又多政博, 2016, 能登半島九十九湾におけるマシコヒゲムシ *Oligobranchia mashikoi* Imajima, 1973 (Annelida, Siboglinidae) の生息状況の記録. のと海洋ふれあいセンター研究報告, **21**, 15-22.
- (11) 坂井恵一・東出幸真・小木曾正造, 2016, 能登半島の七尾西湾に生息するアマモ *Zostera marina* の特徴. のと海洋ふれあいセンター研究報告, **21**, 1-9.
- (12) 坂井恵一・小木曾正造, 2016, 石川県の能登町藤ノ瀬地内で見つかったタウナギ *Monopterus albus* (Zuiew, 1793). のと海洋ふれあいセンター研究報告, **21**, 23-28.

- (13) Qiu, X., Undap, S.L., Honda, M., Sekiguchi, T., Suzuki, N., Shimasaki, Y., Ando, H., Sato-Okoshi, W., Wada, T., Sunobe, T., Takeda, S., Munehara, H., Yokoyama, H., Momoshima, N. and Oshima, Y., Pollution of radiocesium and radiosilver in wharf roach (*Ligia sp.*) by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, in press.
- (14) Srivastav, A.K., Srivastava, S. and Suzuki, N., Acute toxicity of a heavy metal cadmium to an anuran, the Indian skipper frog *Rana cyanophlyctis*. *Iranian Journal of Toxicology*, in press.
- (15) Suzuki, N., Sato, M., Nassar, F.H., Abdel-gawad, F.Kh., Bassem, S.M., Yachiguchi, K., Tabuchi, Y., Endo, M., Sekiguchi, T., Urata, M., Hattori, A., Mishima, H., Shimasaki, Y., Oshima, Y., Hong, C.-S., Makino, F., Tang, N., Toriba, A. and Hayakawa, K., Seawater polluted with highly concentrated polycyclic aromatic hydrocarbons suppresses osteoblastic activity in the scales of goldfish, *Carassius auratus*. *Zoological Science*, in press.

## 2) 総説・解説等

- (1) Kitani, Y., Ishizaki, S. and Nagashima, Y., 2015, L-Amino acid oxidase, a novel antibacterial protein in the rockfish *Sebastes schlegeli*, *Aqua-BioScience Monographs*, **8**, 1-26.
- (2) 関あずさ・服部淳彦・鈴木信雄, 2015, メラトニン, 『骨・関節』, 技術情報協会, 東京, pp. 264-268.

## 3) 著書

- (1) Sekiguchi, T., 2015, Gastrin family. In “Handbook of Hormones”. Y. Takei, H. Ando, and K. Tsutsui. Eds. ELSEVIER, Oxford, United Kingdom, pp. 172-173.
- (2) Sekiguchi, T., 2015, Gastrin. In “Handbook of Hormones”. Y. Takei, H. Ando, and K. Tsutsui. Eds. ELSEVIER, Oxford, United Kingdom, pp. 174-176.
- (3) Sekiguchi, T., 2015, Cholecystokinin. In “Handbook of Hormones”. Y. Takei, H. Ando, and K. Tsutsui. Eds. ELSEVIER, Oxford, United Kingdom, pp. 177-178.
- (4) Sekiguchi, T., 2015, Caerulein. In “Handbook of Hormones”. Y. Takei, H. Ando, and K. Tsutsui. Eds. ELSEVIER, Oxford, United Kingdom, pp. 179-180.
- (5) Suzuki, N., 2015, Parathyroid hormone family. In “Handbook of Hormones”. Y. Takei, H. Ando, and K. Tsutsui. Eds. ELSEVIER, Oxford, United Kingdom, pp. 221-223.
- (6) Suzuki, N., 2015, Parathyroid hormone. In “Handbook of Hormones”. Y. Takei, H. Ando, and K. Tsutsui. Eds. ELSEVIER, Oxford, United Kingdom, pp. 224-226.
- (7) Suzuki, N., 2015, Parathyroid hormone-related protein. In “Handbook of Hormones”. Y. Takei, H. Ando, and K. Tsutsui. Eds. ELSEVIER, Oxford, United Kingdom, pp. 227-229.
- (8) Suzuki, N., 2015, Calcitonin family. In “Handbook of Hormones”. Y. Takei, H. Ando, and K. Tsutsui. Eds. ELSEVIER, Oxford, United Kingdom, pp.230-231.
- (9) Suzuki, N., 2015, Calcitonin. In “Handbook of Hormones”. Y. Takei, H. Ando, and K. Tsutsui. Eds. ELSEVIER, Oxford, United Kingdom, pp.232-234.
- (10) Suzuki, N., 2015, Stanniocalcin. In “Handbook of Hormones”. Y. Takei, H. Ando, and K. Tsutsui. Eds. ELSEVIER, Oxford, United Kingdom, pp. 247-249.

## 【研究発表及び研究活動】

### 1) 研究発表及び講演会

- (1) Ikegame, M., Hattori, A., Yamamoto, T., Kitamura, K., Tabuchi, Y., Nakano, M., Yano, S., Yamamoto, T. and Suzuki, N., Melatonin suppresses the microgravity-induced activation of osteoclasts in cultured goldfish scale. ISBM 2015, 13th Congress of International Society of Bone Morphometry, Tokyo Garden Palace Hotel, Tokyo, Japan (2015.4.27-29).
- (2) Mishima, H., Osaki, M., Hattori, A., Suzuki, N., Kakei, M., Matumoto, T., Ikegame, M., Takechi, K. and Miake, Y., Correlation between the structure and composition of teeth dentin and the melatonin of circadian rhythm synchronous factor. The XIIIth International Symposium on Biomineralization, Palacio de Congresos de Granada, Granada, Spain (2015.9.16-19).
- (3) Nakano, M., Ikegame, M., Suzuki, N. and Hattori, A., Mechanisms of melatonin action on osteoclasts in bone tissue. CompBiol 2015 広島大会, JMS アステールプラザ, 広島県 (2015.12.11-12) .
- (4) Suzuki, N., Research Topics of Noto Marine Laboratory in Kanazawa University. 2nd International Exchange Seminar in Zoology. Sado Marine Biological Station, Niigata University, Niigata, Japan (2015. 9.20-21).
- (5) Taniguchi, S., Ogasawara, M., Satake, H., Suzuki, N. and Sekiguchi, T., Localization analysis of cionin and its receptors in the ascidian, *Ciona intestinalis*. CompBiol 2015 広島大会, JMS アステールプラザ, 広島県 (2015.12.11-12) .
- (6) 五十里雄大・佐藤将之・小木曾正造・関口俊男・豊原知足・服部淳彦・神戸川明・朝比奈潔・鈴木信雄, 海洋深層水の魚類生理に対する影響. 平成 27 年度日本動物学会中部支部三重大会, 三重大学, 三重県 (2015.11.28-29).
- (7) 浦田 慎・松本京子・谷内口孝治・鈴木信雄・早川和一, 能登町(石川県)の海洋教育. 平成 27 年度日本動物学会中部支部三重大会, 三重大学, 三重県 (2015.11.28-29).
- (8) 浦田 慎・松本京子・谷内口孝治・鈴木信雄・早川和一, 能登町(石川県)の海洋教育. 第 3 回全国海洋教育サミット, 東京大学安田講堂, 東京都 (2015.12.5).
- (9) 小木曾正造・又多政博, マシコヒゲムシの採集と生息状況. 第 42 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, 筑波大学下田臨海実験センター, 静岡県 (2015.10.28-30).
- (10) 加瀬陽一・佐藤将之・関口俊男・鈴木信雄, マイワシカルシトニンのクローニング. 平成 27 年度日本動物学会中部支部三重大会, 三重大学, 三重県 (2015.11.28-29).
- (11) 鎌内宏光・太田民久・陀安一郎, 北海道東部沿岸域における海霧が陸上生態系に与える影響の検出. 第 5 回同位体環境学シンポジウム, 京都府 (2015.12.25) .
- (12) 北 千美・運上和也・水本 巖・鈴木信雄・小木曾正造, 寄り回り波観測システムの構築. 平成 27 年度電気関係学会北陸支部連合大会, 金沢工業大学, 石川県 (2015.9.12-13).
- (13) 佐藤将之・半本泰三・谷内口孝治・関口俊男・田淵圭章・服部淳彦・鈴木信雄, 魚類のカルシウム代謝に及ぼすフッ素の影響. 平成 27 年度日本動物学会中部支部三重大会, 三重大学, 三重県 (2015.11.28-29).
- (14) 鈴木信雄, 宇宙でも効いた骨の病気を治す薬. 日本海イノベーション会議(金沢大学プログラム), 北國新聞社 20 階ホール, 石川県 (2015.8.1) (基調講演).
- (15) 鈴木信雄, 魚類のウロコを骨モデルとして用いた評価システムの開発と応用. 第 6 回ペプチド・ホルモン研究会, 金沢大学環日本海域環境研究センター 臨海実験施設, 石川県 (2015.10.16-17) (基調講演).
- (16) 鈴木信雄, 金沢大学が取り組んでいる海洋教育. 平成 27 年度日本動物学会中部支部三重大会, 三重大学, 三重県 (2015.11.28-29).



- (17) 関口俊男・半本泰三・谷口詩穂・谷内口孝治・鈴木信雄, ヤツメウナギにおけるカルシトニンの構造及び生理作用に関する研究. 日本動物学会第 86 回新潟大会, 新潟コンベンションセンター 朱鷺メッセ, 新潟県 (2015.9.17-19).
- (18) 関口俊男・半本泰三・谷口詩穂・谷内口孝治・鈴木信雄, ヤツメウナギにおけるカルシトニン及びカルシトニン受容体の分子構造解析. 平成 27 年度日本動物学会中部支部三重大会, 三重大学, 三重県 (2015.11.28-29).
- (19) 関口俊男・谷口詩穂・小木曾正造・鈴木信雄, 海産動物標本のいろいろ. 公開講座「くらべてびっくり! いきものあんな生き方, こんな生き方」, CompBiol 2015 広島大会, JMS アステールプラザ, 広島県 (2015.12.11-12).
- (20) 武内昇平・三島弘幸・服部淳彦・鈴木信雄・笈 光男・松本 敬・池亀美華・見明康雄, 生体リズム伝達物質であるメラトニンが象牙質の組織構造に及ぼす影響. 第 10 回バイオミネラルリゼーションワークショップ, 東京大学理学部小柴ホール, 東京都 (2015.12.6).
- (21) 谷口詩穂・小笠原道生・佐竹 炎・鈴木信雄・関口俊男, カタユウレイボヤにおける CCK/gastrin family ペプチドおよびその受容体の局在解析. 平成 27 年度日本動物学会中部支部三重大会, 三重大学, 三重県 (2015.11.28-29).
- (22) 田淵圭章・鈴木信雄・近藤 隆, MC3T3-E1 前骨芽細胞様細胞における低出力パルス超音波の遺伝子応答. 第 14 回超音波治療研究会, 高知市文化プラザかるぽーと, 高知県 (2015.11.28).
- (23) 半本泰三・田淵圭章・近藤 隆・北村敬一郎・関口俊男・高垣裕子・服部淳彦・鈴木信雄, 低出力超音波パルスの破骨細胞に対する作用. 平成 27 年度日本動物学会中部支部三重大会, 三重大学, 三重県 (2015.11.28-29).
- (24) 鎌内宏光・赤坂宗光・寄元道德, 北海道東部におけるカンバ属の分布と海霧. 日本生態学会第 63 回大会, 宮城県 (2016.3.24).
- (25) 鈴木信雄・矢野幸子・関 あずさ・高垣裕子・関口俊男・染井正徳・北村敬一郎・田淵圭章・池亀美華・遠藤雅人・三島弘幸・服部淳彦, 魚類のウロコを用いた宇宙生物学的研究: 宇宙実験に基づいた骨疾患の治療薬の開発. 第 30 回宇宙環境利用シンポジウム, 宇宙航空研究開発機構・相模原キャンパス, 神奈川県 (2016.1.19-20).
- (26) 鈴木信雄・半本泰三・池亀美華・古澤之裕・田淵圭章・近藤隆・北村敬一郎・関口俊男・高垣裕子・服部淳彦, 低出力超音波パルスの破骨細胞及び骨芽細胞に対する作用: 魚のウロコを用いた解析. 第 19 回超音波骨折治療研究会, 品川インターシティホール, 東京都 (2016.1.23).
- (27) 三島弘幸・武内昇平・服部淳彦・鈴木信雄・笈 光男・松本 敬・池亀美華・見明康雄, 時刻情報伝達物質メラトニンが象牙質の構造や石灰化機構に及ぼす影響. 第 121 回日本解剖学会総会・全国学術集会, ビッグパレットふくしま, 福島県 (2016.3.27-30).

## 【研究交流】

### 1) 共同研究

- (1) 鎌内宏光: 土地利用の長期変化に対応した陸水および沿岸海洋生態系の応答, 金沢大学環日本海域環境研究センター教授 長尾誠也氏, 神戸大学大学院海事科学研究科特任助教中田聡史氏, 北海道大学低温科学研究所准教授 関 宰氏, 滋賀県立琵琶湖博物館研究部学芸技師 林 竜馬氏, 京都府立大学生命環境科学研究科研究員(移行) 佐々木尚子氏, 滋賀県立大学環境科学部助教 田辺祥子氏, 北海道大学総合博物館教授 大原昌宏氏

- (2) 鎌内宏光：海霧による陸上生態系への影響，東京農工大学大学院農学研究院講師 赤坂宗光氏，京都大学フィールド科学教育研究センター助教 寄元道德氏，総合地球環境学研究所教授 陀安一郎氏
- (3) 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
- (4) 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，ゴラクプール大学（インド） Prof. Ajai K. Srivastav
- (5) 鈴木信雄：メラトニンの骨代謝に関する研究，東京医科歯科大学教授 服部淳彦氏，新潟大学理学部附属臨海実験所教授 安東宏徳氏
- (6) 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長 山元 恵氏，東京慈恵会医科大学教授 高田耕司氏
- (7) 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，新潟大学農学部准教授 杉山稔恵氏
- (8) 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教授 山本敏男氏，同准教授 池亀美華氏
- (9) 鈴木信雄：プロラクチンの骨組織に対する作用，岡山大学理学部附属臨海実験所教授 坂本竜哉氏，北里大学水産学部教授 高橋明義氏，同教授 森山俊介氏
- (10) 鈴木信雄：円口類と軟骨魚類のカルシトニンの構造決定，東京大学海洋研究所教授 竹井祥郎氏，同准教授 兵藤 晋氏
- (11) 鈴木信雄：交流磁場の骨代謝に及ぼす影響，九州大学大学院工学研究院特任教授 上野照剛氏，広島大学 ナノデバイス・バイオ融合科学研究所教授 岩坂正和氏
- (12) 鈴木信雄：魚類の鰓後腺に存在するエストロゲンレセプターに関する研究，早稲田大学教育学部名誉教授 菊山 榮氏，早稲田大学人間総合研究センター研究員 山本和俊氏
- (13) 鈴木信雄：ヒラメの初期発生におけるカルシトニンの作用，東北大学農学研究科教授 鈴木 徹氏，独立行政法人水産総合研究センター 東北区水産研究所 資源生産部 増養殖管理グループ長 黒川忠英氏
- (14) 鈴木信雄：脂肪酸の石灰化に対する作用，富山大学名誉教授 浜崎智仁氏
- (15) 鈴木信雄：超音波の骨代謝に及ぼす影響，富山大学大学院医学薬学研究部教授 近藤 隆氏，同大学教授 田淵圭章氏，昭和大学准教授 舟橋久幸氏，JAXA 主任研究員 矢野幸子氏
- (16) 鈴木信雄：ウロコの破骨細胞で発現している遺伝子の解析，早稲田大学教育学部教授 中村正久氏
- (17) 鈴木信雄：歯の石灰化に関する研究，高知学園短期大学教授 三島弘幸氏
- (18) 鈴木信雄：静磁場の骨代謝に及ぼす影響，独立行政法人 物質・材料研究機構 強磁場研究センター 主任研究員 廣田憲之氏，同研究センター 特別研究員 木村史子氏
- (19) 鈴木信雄：インドール化合物の抗菌活性及び植物の根の成長促進作用に関する研究，富山大学大学院理工学研究部客員教授 神坂盛一郎氏，同教授 唐原一郎氏
- (20) 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 大森克徳氏，JAXA 主任研究員 矢野幸子氏，富山大学大学院理工学研究部教授 松田恒平氏
- (21) 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 大嶋雄治氏、同准教授 島崎洋平氏
- (22) 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，ハムリー（株）国際事業部 部長 関あずさ氏，神奈川歯科大学特任教授 高垣裕子氏，朝日大学歯学部教授 江尻貞一氏

- (23) 鈴木信雄：魚類の骨代謝におけるビタミンKの作用，神戸薬科大学准教授 中川公恵氏
- (24) 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，富山大学生命科学先端研究センター 遺伝子実験施設 教授 田淵圭章氏
- (25) 鈴木信雄：耳石の石灰化に対するメラトニンの作用，茨城県立医療大学教授 大西 健氏
- (26) 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 炎氏，同主席研究員 川田剛士氏
- (27) 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 中村省吾氏，同教授 田中大祐氏
- (28) 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 松本謙一郎氏，富山大学大学院医学薬学研究部教授 近藤 隆氏，同大学教授 田淵圭章氏
- (29) 関口俊男：ナメクジウオ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 高橋弘樹氏
- (30) 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研究科 准教授 小笠原道生氏
- (31) 関口俊男：ナメクジウオ受容体活性調節蛋白の機能についての研究，宮崎大学 フロンティア科学実験統合センター 生命科学研究部門准教授 桑迫健二氏
- (32) 関口俊男：ヌタウナギカルシトニンの機能解析研究，理化学研究所 ライフサイエンス技術基盤研究センター 分子配列比較解析ユニット ユニットリーダー 工樂樹洋氏

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

### 学会活動

- (1) 鎌内宏光：日本長期生態学研究ネットワーク情報管理委員，2006-現在
- (2) 鈴木信雄：日本動物学会中部支部地区委員，2012-現在
- (3) 鈴木信雄：日本宇宙生物科学会 代議員，2012-現在
- (4) 鈴木信雄：Journal of Experimental Zoology part A (Editorial board), 2014-現在
- (5) 関口俊男：ペプチド・ホルモン研究会 世話人，2014-現在

## 【研究費】

### 1) 科学研究費

- (1) 鎌内宏光，挑戦的萌芽研究，森は海の恋人か？土地利用変化と河川流量及び海域変化の統合研究スキームの開発，代表者，平成27年度，1,300,000円。
- (2) 亀井宏泰，若手研究 (B)，追いつき成長における神経堤細胞のインスリン様活性の生理的意義の解明，代表者，平成27年度，1,600,000円。

- (3) 鈴木信雄, 基盤研究 (C), 新規 2 型糖尿病骨代謝モデルによる糖尿病骨代謝機構解析と運動による改善法の提案 (代表: 北村敬一郎, 金沢大学医薬保健研究域保健学系・教授), 分担者, 平成 27 年度 100,000 円 (平成 27 年度の直接経費総額 1,200,000 円).
- (4) 鈴木信雄, 挑戦的萌芽研究, エピジェネティクスを介した超音波による細胞の分化制御 (代表: 田渕圭章, 富山大学生命科学先端研究センター・教授), 分担者, 平成 27 年度 200,000 円 (平成 27 年度の直接経費総額 1,200,000 円).
- (5) 鈴木信雄, 基盤研究 (C), 時刻情報伝達物質であるメラトニンによる象牙質の組織構造と象牙芽細胞の制御機構 (代表: 三島弘幸, 高知学園短期大学・教授), 分担者, 平成 27 年度, 80,000 円 (2015 年の直接経費総額 2,400,000 円).
- (6) 鈴木信雄, 基盤研究 (C), 硬骨を持たない原始的脊椎動物ヤツメウナギにおける新規カルシウム代謝機構の解明 (代表: 関口俊男, 金沢大学), 分担者, 平成 27 年度, 100,000 円 (平成 27 年度の直接経費総額 1,300,000 円).
- (7) 関口俊男, 基盤研究 (C), 硬骨を持たない原始的脊椎動物ヤツメウナギにおける新規カルシウム代謝機構の解明, 代表者, 平成 27 年度, 1,300,000 円.

## 2) 受託研究費

なし

## 3) 共同研究費

- (1) 鎌内宏光, 総合地球環境学研究所 平成 27 年度 人間文化研究機構 機構長裁量経費 「地球環境研究資源共同利用ネットワークの中枢化に向けた基盤整備事業」による同位体環境学共同研究, 代表者, 63,000 円
- (2) 鈴木信雄, ハムリー (株), 宇宙実験を利用した新規骨疾患治療薬の開発, 代表者, 200,000 円
- (3) 関口俊男, 平成 27 年度北陸地区国立大学学術研究連携支援, 骨疾患に関わる創薬研究グループ, 代表者, 300,000 円

## 【新聞発表】

- (1) 鈴木信雄・関口俊男・鎌内宏光, 平成27年4月26日 (北國新聞): いしかわシティカレッジ海洋生化学演習に関する記事
- (2) 鈴木信雄・関口俊男・鎌内宏光, 平成27年7月20日 (北國新聞): いしかわシティカレッジ海の動物の探索演習に関する記事
- (3) 鈴木信雄, 平成27年8月26日 (北國新聞): 日本海イノベーション会議に関する記事
- (4) 鈴木信雄, 平成27年8月26日 (北國新聞): 海洋教育に関する記事
- (5) 鈴木信雄・関口俊男・鎌内宏光, 平成27年9月2日 (北國新聞), 平成27年9月4日 (北陸中日新聞): 全国公開臨海実習に関する記事
- (6) 鈴木信雄・関口俊男・鎌内宏光, 平成27年11月23日 (北國新聞): 全国公開臨海実習に関する記事
- (7) 鈴木信雄, 平成27年12月15日 (北國新聞): 海洋教育に関する記事

## 【利用状況】

### 1) 来訪者及び研究目的

- |                   |                                                        |
|-------------------|--------------------------------------------------------|
| 4 / 1             | のと海洋ふれあいセンター<br>坂井 恵一 普及課長<br>「研究打合せ」                  |
| 4 / 2 1 ~ 4 / 2 2 | 金沢大学環日本海域環境研究センター<br>松木 篤 准教授 他 3 名<br>「大気観測装置の保守及び校正」 |
| 5 / 1 4 ~ 5 / 1 7 | 金沢大学環日本海域環境研究センター<br>松木 篤 准教授 他 8 名<br>「大気観測装置の保守及び校正」 |
| 5 / 1 9 ~ 5 / 2 3 | 東北大学理学研究科 修士 2 年<br>大畑 雅彦<br>「能登半島の地形・地質調査」            |
| 5 / 2 0 ~ 5 / 2 2 | 総合地球環境学研究所<br>武藤 望生 研究推進支援員 他 2 名<br>「魚類採集の調査」         |
| 5 / 3 0 ~ 5 / 3 1 | 石川県立大学<br>柳井 清治 教授 他 5 名<br>「森林生態と海洋生態に関する研究会」         |
| 6 / 2 3           | 金沢大学理工研究域<br>ジェンキンズ ロバート 助教<br>「竜骨群集形成実験」              |
| 6 / 2 5 ~ 6 / 2 6 | 広島大学生物圏科学研究科<br>浦田 慎 特任助教<br>「海洋教育に関する打合せ」             |
| 7 / 1 4 ~ 7 / 1 7 | 東北大学理学研究科 修士 2 年<br>大畑 雅彦<br>「能登半島の地形・地質調査」            |

- 7 / 15 ~ 7 / 16 金沢大学自然科学研究科 修士2年  
森谷 和浩 他1名  
「鯨骨群集形成実験の観察及びサンプリング」
- 7 / 15 ~ 7 / 16 金沢大学環日本海域環境研究センター  
松木 篤 准教授 他4名  
「大気観測装置の保守及び校正」
- 7 / 20 ~ 7 / 27 東北大学理学研究科 修士2年  
大畑 雅彦  
「能登半島の地形・地質調査」
- 7 / 28 金沢大学理工研究域  
ジェンキンズ ロバート 助教  
「竜骨群集形成実験」
- 8 / 6 ~ 8 / 24 東北大学理学研究科 修士2年  
大畑 雅彦  
「能登半島の地形・地質調査」
- 8 / 19 水産総合センター日本海区水産研究所  
坂西 芳彦 グループ長 他2名  
「九十九湾における海草類の分布限界調査」
- 8 / 24 ~ 8 / 26 (一社) 能登里海教育研究所  
浦田 慎 研究員  
「能登の多様な生物に関する演習」
- 8 / 26 ~ 8 / 27 京都大学  
松本 京子 特定研究員  
「海洋教育に関する打合せ」
- 9 / 1 ~ 9 / 2 金沢大学環日本海域環境研究センター  
布村 昇 連携研究員  
「公開臨海実習の講師」
- 9 / 7 ~ 9 / 13 東北大学理学研究科 修士2年  
大畑 雅彦  
「能登半島の地形・地質調査」

- 9 / 15 ~ 9 / 16 広島大学大学院 修士2年  
自見 直人  
「沈設している鯨骨群集の調査及び周辺多毛類相の調査」
- 9 / 17 ~ 9 / 19 金沢大学理工系事務部  
津島 浩司 課長 他33名  
「学長と行く小木合宿」
- 9 / 20 ~ 9 / 23 東北大学理学研究科 修士2年  
大畑 雅彦  
「能登半島の地形・地質調査」
- 9 / 28 金沢大学医薬保健研究域  
唐 寧 助教 他3名  
「九十九湾の海水分析」
- 10 / 2 のと海洋ふれあいセンター  
橋本 達夫 普及課長補佐  
「生物調査」
- 10 / 3 ~ 10 / 12 東北大学理学研究科 修士2年  
大畑 雅彦  
「能登半島の地形・地質調査」
- 10 / 17 久留米大学  
佐藤 貴弘 准教授 他28名  
「第6回ペプチド・ホルモン研究会」
- 10 / 20 ~ 10 / 24 金沢大学理工学域 4年  
杉野 咲恵  
「卒業論文研究」
- 10 / 27 ~ 10 / 28 金沢大学理工研究域  
小林 俊一 准教授 他7名  
「金沢大学と富山大学の合同セミナー」
- 11 / 6 ~ 11 / 10 金沢大学理工学域 4年  
杉野 咲恵  
「卒業論文研究」

- 11/12～11/13 金沢大学環日本海域環境研究センター  
松木 篤 准教授 他12名  
「応用地球化学実験の授業」
- 11/12～11/18 東北大学生命科学研究科 修士1年  
平 拓也  
「サンプリング」
- 11/19～11/20 東北大学  
鈴木 徹 教授  
「ヒラメの無限側の黒化に関する研究打合せ」
- 11/21～11/22 金沢大学低レベル放射能実験施設  
井上 睦夫 助教  
「第2回公開臨海実習の講師」
- 11/21～11/23 お茶の水女子大学湾岸生物教育研究センター  
清本 正人 准教授  
「第2回公開臨海実習の講師」
- 11/26～11/27 金沢大学環日本海域環境研究センター  
松木 篤 准教授 他3名  
「大気観測装置の保守及び校正」
- 11/30～12/1 金沢大学理工学域 4年  
杉野 咲恵  
「卒業論文研究」
- 12/2～12/3 富山大学遺伝子実験施設  
田淵 圭章 教授  
「超音波の骨に対する影響に関するセミナー」
- 12/16～12/17 金沢大学環日本海域環境研究センター  
松木 篤 准教授 他4名  
「大気観測装置の保守及び校正」
- 12/17 三重大学社会連携研究センター  
松井 純 特任教授 他3名  
「海洋教育に関する打合せ」



- 12/17～12/18 東京大学  
 亀井 宏泰 特任研究員  
 「魚類の初期発生に関する研究打合せ」
- 12/18 富山大学大学院  
 酒徳 昭宏 助教 他1名  
 「海藻分解菌のサンプリング」
- 12/18 ヌールラン大学  
 木谷 洋一郎 博士研究員  
 「魚類の抗菌タンパク質に関する研究打合せ」
- 1/14 のと海洋ふれあいセンター  
 東出 幸真 普及専門員  
 「生物採集」
- 1/22～1/23 金沢大学環日本海域環境研究センター  
 松木 篤 准教授 他2名  
 「大気観測装置の保守及び校正」
- 1/25～1/26 金沢大学教育開発・支援センター  
 垣内 康孝 教授 他3名  
 「海洋教育の打合せ」
- 1/26 富山大学大学院  
 酒徳 昭宏 助教 他1名  
 「海藻分解菌のサンプリング」
- 2/5～2/7 金沢大学地域連携推進センター  
 中村 浩二 特任教授 他11名  
 「国際ジョイントワークショップ参加及び能登視察」
- 2/15 (一社)能登里海教育研究所  
 鈴木 信雄 理事 他3名  
 「能登の里山里海のセミナー及び海洋教育に関する打合せ」
- 2/22 富山大学大学院  
 酒徳 昭宏 助教 他1名  
 「海藻分解菌のサンプリング」

- 2 / 2 2 ~ 2 / 2 3 公益社団法人 サントリー生命科学財団  
佐竹 炎 部長  
「教育及び実習に関する打合せ」
- 2 / 2 5 ~ 2 / 2 6 金沢大学環日本海域環境研究センター  
松木 篤 准教授 他 4 名  
「大気観測装置の保守及び校正」
- 3 / 3 ~ 3 / 4 琉球大学農学部  
陳 碧霞 他 2 名  
「フィールド調査」
- 3 / 1 6 金沢大学環日本海域環境研究センター  
長谷部 徳子 准教授 他 1 名  
「日本海堆積物を用いた縄文期の環境変動の解明」
- 3 / 1 6 富山大学  
堀川 恵司 准教授 他 2 名  
「日本海堆積物を用いた縄文期の環境変動の解明」
- 3 / 2 4 ~ 3 / 2 6 滋賀大学  
岳野 公人 教授 他 2 名  
「海洋教育に関する打合せ及びセミナー」
- 3 / 2 9 富山大学大学院  
酒徳 昭宏 助教 他 1 名  
「海藻分解菌のサンプリング」
- 3 / 3 0 富山高等専門学校  
水本 巖 教授  
「寄り回り波観測に関する演習」

## 2) 大学の实習及び演習

- 5 / 2 3 ~ 5 / 2 4 金沢大学地域連携推進センター  
中村 浩二 特任教授 他 2 4 名  
「里山体験実習 in 能登半島」

- 6 / 6 ~ 6 / 7 金沢大学地域連携推進センター  
中村 浩二 特任教授 他 22名  
「里山体験実習 in 能登半島」
- 6 / 16 ~ 6 / 18 東海大学  
野原 健司 講師 他 6名  
「潜水・釣りによる沿岸性魚類の採集実習」
- 7 / 3 ~ 7 / 4 富山国際大学  
高橋ゆかり 講師 他 8名  
「臨海実習」
- 8 / 7 ~ 8 / 10 金沢大学理工学域  
鈴木 信雄 教授 他 15名  
「生物実習 4」
- 8 / 19 ~ 8 / 21 東京医科歯科大学  
伊藤 正則 教授 他 20名  
「臨海実習」
- 8 / 24 ~ 8 / 26 大妻女子大学  
細谷 夏実 教授 他 9名  
「海洋生物の多様性に関する演習」
- 8 / 28 金沢工業大学バイオ化学部  
藤永 薫 教授 他 19名  
「海洋生物観察」
- 8 / 31 ~ 9 / 5 「第1回公開臨海実習」  
筑波大学2年 貴志 雅哉 他 10名
- 9 / 9 ~ 9 / 11 長浜バイオ大学  
和田 修一 准教授 他 16名  
「野外調査実習」
- 9 / 13 ~ 9 / 14 金沢大学地域連携推進センター  
宇野 文夫 特任教授 他 13名  
「いしかわ新情報書府学 in 能登」

- 9 / 14 ~ 9 / 16 金沢大学理工学域  
鈴木 信雄 他 21名  
「生物学実習2」
- 9 / 28 ~ 10 / 1 金沢大学地域連携推進センター  
中村 浩二 特任教授 他 25名  
「イフガオ里山マイスター養成・能登研修」
- 11 / 21 ~ 11 / 23 「第2回公開臨海実習」  
九州大学3年 須田 慶樹 他9名

### 3) 高等学校の実習及び演習

- 7 / 9 ~ 7 / 10 富山県立砺波高校  
中町 保 教諭 他40名  
「臨海実習」
- 7 / 12 ~ 7 / 14 石川県立七尾高校  
福岡 辰彦 教諭 他43名  
「臨海実習」
- 7 / 27 ~ 7 / 28 富山県立中部高校  
盛合 浩司 教諭 他45名  
「臨海実習」
- 7 / 30 ~ 8 / 1 福井県立高志高校  
藤井 克郎 教諭 他29名  
「臨海実習」

#### 4)利用者数及び船舶の使用状況

平成27年度臨海実験施設利用者数(延べ人数3,054人の内訳)

| (月) | 研究者  |      | 学生    |      |
|-----|------|------|-------|------|
|     | 学内利用 | 学外利用 | 学内利用  | 学外利用 |
| 4   | 5    | 2    | 116   | 27   |
| 5   | 10   | 34   | 150   | 36   |
| 6   | 7    | 37   | 104   | 2    |
| 7   | 6    | 90   | 108   | 395  |
| 8   | 5    | 74   | 133   | 133  |
| 9   | 62   | 13   | 231   | 193  |
| 10  | 2    | 32   | 91    | 18   |
| 11  | 24   | 12   | 121   | 25   |
| 12  | 2    | 89   | 94    | 1    |
| 1   | 6    | 51   | 82    | 1    |
| 2   | 43   | 90   | 109   | 1    |
| 3   | 32   | 67   | 85    | 3    |
| 合計  | 204  | 591  | 1,424 | 835  |

平成27年度臨海実験施設船舶使用回数及び人数(延べ回数124回、人数637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   | 6    | 23  | 1    | 9  | 4    | 22  | 1    | 9   |
| 5   | 3    | 3   | 1    | 3  | 6    | 10  | 0    | 0   |
| 6   | 6    | 8   | 0    | 0  | 7    | 12  | 0    | 0   |
| 7   | 5    | 10  | 0    | 0  | 6    | 29  | 6    | 167 |
| 8   | 6    | 47  | 2    | 24 | 3    | 27  | 2    | 27  |
| 9   | 1    | 7   | 0    | 0  | 6    | 69  | 2    | 25  |
| 10  | 2    | 5   | 0    | 0  | 6    | 15  | 1    | 5   |
| 11  | 3    | 8   | 1    | 6  | 3    | 8   | 1    | 6   |
| 12  | 3    | 6   | 0    | 0  | 2    | 4   | 0    | 0   |
| 1   | 4    | 7   | 0    | 0  | 3    | 3   | 0    | 0   |
| 2   | 3    | 4   | 0    | 0  | 4    | 6   | 0    | 0   |
| 3   | 8    | 13  | 1    | 3  | 5    | 7   | 0    | 0   |
| 合計  | 50   | 141 | 6    | 45 | 55   | 212 | 13   | 239 |

## 研 究 報 告

**\* 臨海実験施設周辺における海水温と塩分、気温と湿度（平成27年度）**

小木曾正造，又多政博（p22-23）

**\* 海洋深層水の魚類生理に及ぼす影響**

五十里雄大，関口俊男，鈴木信雄（p24-25）

**\* 骨に対する放射線の影響およびメラトニンによる放射線のレスキュー作用の解析**

上西篤志，関口俊男，鈴木信雄（p26）

**\* フロリダナメクジウオにおけるカルシトニンスーパーファミリー：脊索動物における分子進化と機能進化について**

関口俊男，桑迫健二，小笠原道生，高橋弘樹，松原 伸，大杉知裕，  
村松郁延，笹山雄一，鈴木信雄，佐竹 炎（p27-28）

**\* 能登町教育委員会との連携による海洋教育**

鈴木信雄，浦田 慎，松本京子，小木曾正造，谷内口孝治，中口憲治，  
三井松夫，早川和一（p29）

## 臨海実験施設周辺における海水温と塩分、気温と湿度（平成 27 年度）

小木曾正造, 又多政博

〒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  
Shouzo OGISO, Masahiro MATADA: The observation of seawater temperature, salinity, atmospheric temperature and humidity around the Noto Marine Laboratory (2015-2016)

### 【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 年から気象観測を行っている。2015 年 4 月 1 日 0 時から 2016 年 3 月 31 日 23 時まで 1 時間おきに、海水温と塩分を実験棟前の栈橋下にて、気温と湿度を実験棟北側にて測定した。JFE アドバンテック株式会社製「ワイパー式メモリー水温塩分計 INFINITY-CTW ACTW-USB」を用いて水深 0.5 m 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。日油技研工業株式会社製「水温計アレイ（H）」を用いて水深 5.0 m 及び 7.5 m の水温（精度±0.1 °C）を測定した。fourtec 社製「温湿度データロガー-MicroLite LITE5032P-RH」を用い気温（精度±0.3 °C、分解能 0.1 °C）と湿度（精度±2%、分解能 0.5%）を測定した。これらの観測データは 6 カ月分ずつまとめて臨海実験施設の Web サイトにて Excel 形式で公開している。

### 【結果と考察】

海水温の測定では水深 0.5m、5.0m、7.5m とも初めて 1 年を通して欠測なく 8784 時点で測定することができた。しかしながら、塩分測定では 2015 年 5 月 31 日 22 時、6 月 8 日 7 時から 6 月 16 日 9 時まで、7 月 21 日 0 時から 7 月 23 日 8 時までの 251 時点で欠測した。これらの時点では塩分が異常に高いもしくは低い値を示した。原因はセンサー部もしくはワイパー部への生物の付着と考えられ、これ以降は 2 か月に 1 度、センサーを引き上げて掃除している。気温と湿度では、機器の故障により 2016 年 1 月 5 日 10 時から 3 月 31 日 23 時までの 2078 時点で欠測した。測定値の月別平均を Fig. 1 から 6 に示す。ただし欠測を含む月は空欄とした。

月別平均水温は 0.5 m、5.0 m、7.5 m とも 8 月が最も高くそれぞれ 27.78 °C、26.7 °C、26.7 °C で、3 月が最も低く 11.13 °C、10.7 °C、11.0 °C だった (Figs. 1, 2, 3)。期間中の最高水温は水深 0.5 m で 8 月 7 日 15 時の 30.65 °C、5.0 m で 8 月 9 日 23 時の 30.0 °C、7.5 m で 8 月 7 日 18 時の 29.6 °C で、いずれも前年より高かった。最低水温は水深 0.5 m で 3 月 1 日 7 時の 8.72 °C、5.0 m で 4 月 4 日の 0 時の 9.9°C で、7.5 m では 4 月 3 日 23 時の 10.1 °C で、前年とほぼ同じ水温だった。1 日のうちに 1 時点でも水温 30.0 °C 以上を記録した日数は、水深 0.5 m で 6 日、水深 5.0 m で 1 日、水深 7.5 m は 0 日だった。同様に水温 10.0 °C 未満が記録された日数は、水深 0.5 m で 4 日、水深 5.0 m で 1 日、水深 7.5 m では 0 日だった。年間平均水温は 0.5 m で 18.04 °C、5.0 m で 17.4 °C、7.5 m で 17.6 °C だった。

月別平均塩分は 10 月から 12 月は前年よりも高かったが、1 月から 3 月では低かった (Fig. 4)。

月別平均気温の最高は 8 月で 25.7 °C、最高気温時点は 8 月 5 日 14 時で 34.0 °C だった (Fig. 5)。30.0 °C 以上を記録した日数は 7 月が 14 日間、8 月が 9 日間で、前年より 7 月で 5 日多く、8 月で 1 日少なかった。

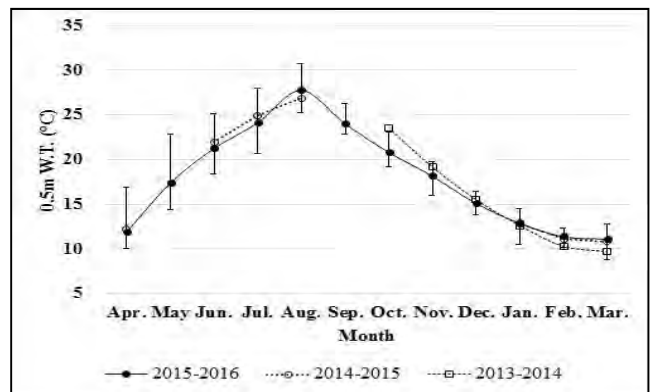


Fig. 1. Monthly average water temperature at a depth of 0.5 m. Vertical bars indicate the range of the highest and lowest temperatures for 2015-2016.

月別平均湿度は測定期間内では12月が最も高く89%で、5月が最も低く76%だった。期間中の最低湿度は5月14日13時の28%だった (Fig. 6)。

1日24時間内での温度の最高値と最低値の差の各月平均値を Fig. 7 に示す。温度差は水深0.5mでは5、6、7月に大きく、9月以降は1.0℃以下で推移した。5.0mと7.5mでは5、6、8月に大きく、8月では0.5mよりも大きかった。9月以降は0.3℃以下だった。気温は5月で温度差が大きく9.1℃だった。

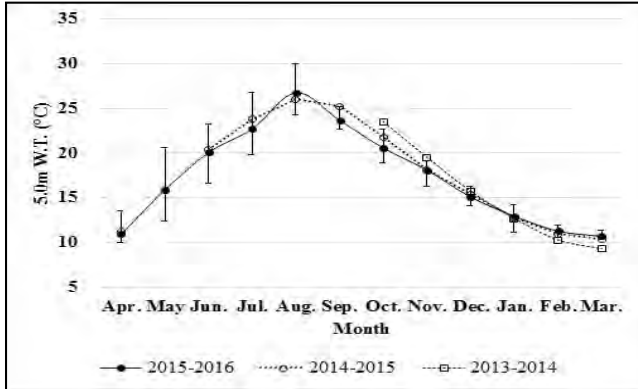


Fig. 2. Monthly average water temperatures at a depth of 5.0 m. Vertical bars indicate the range of the highest and lowest temperatures for 2015-2016.

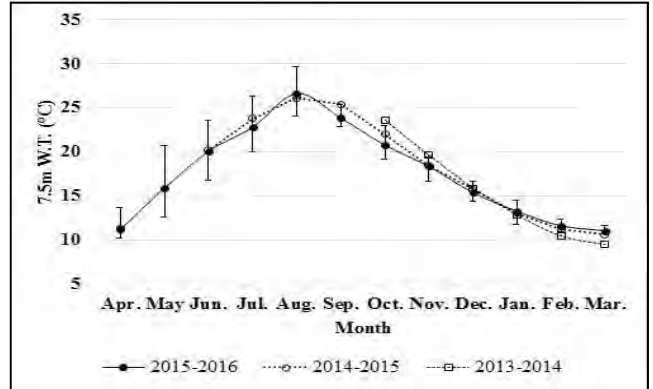


Fig. 3. Monthly average water temperatures at a depth of 7.5 m. Vertical bars indicate the range of the highest and lowest temperatures for 2015-2016.

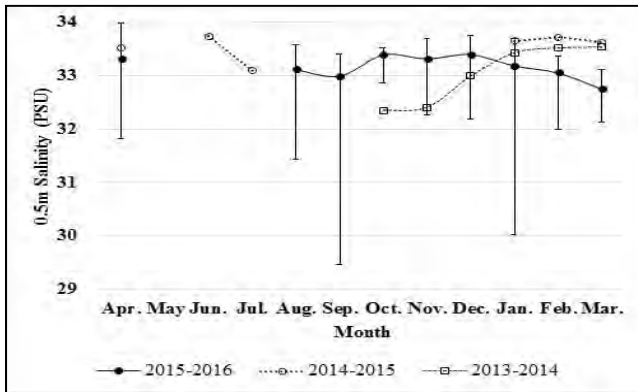


Fig. 4. Monthly average salinities at a depth of 0.5 m. Vertical bars indicate the range of the highest and lowest salinity for 2015-2016.

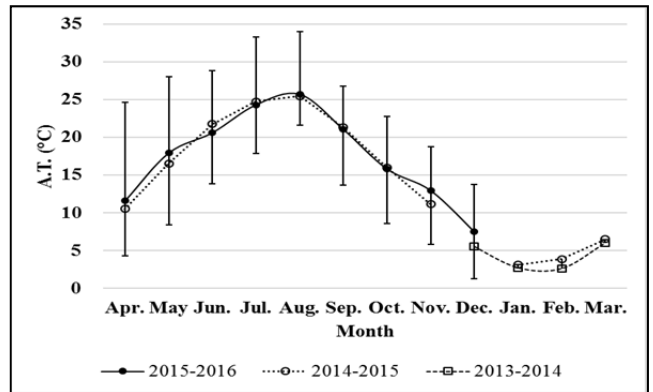


Fig. 5. Monthly average atmospheric temperatures. Vertical bars indicate the range of the highest and lowest temperatures for 2015-2016.

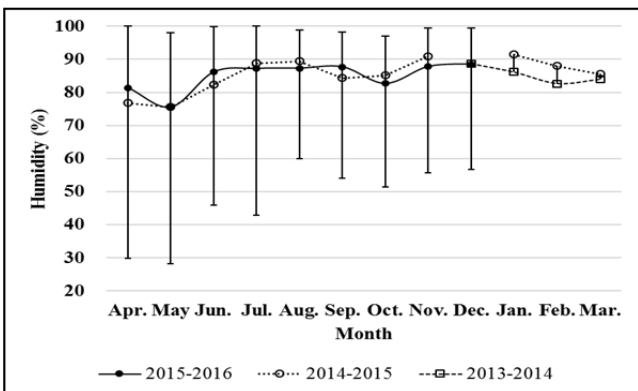


Fig. 6. Monthly average humidities. Vertical bars indicate the range of the highest and lowest humidity for 2015-2016.

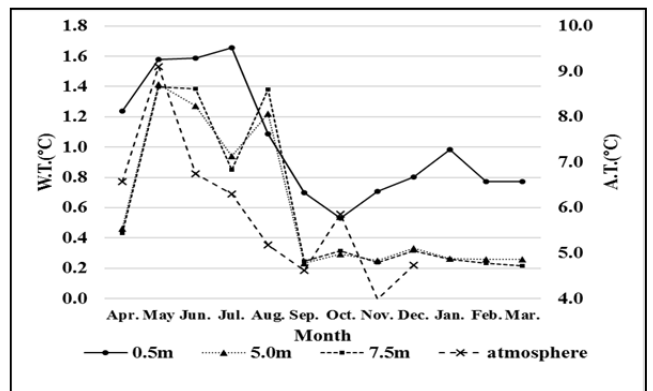


Fig. 7. Monthly average of differences between highest temperature and lowest temperature for one-day.



## 海洋深層水の魚類生理に及ぼす影響

五十里 雄大, 関口俊男, 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

Takahiro IKARI, Toshio SEKIGUCHI, Nobuo SUZUKI: Effect of deep sea water on fish physiology

### 【はじめに】

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を示し、①常に低温に保たれ、②豊富なミネラルや無機栄養分を含み、③細菌数が少ないという特徴を持つ。現在、これらの特徴を生かし様々な分野で応用がなされている。例えば、冷媒としての工業的利用、ミネラル豊富で清浄であるイメージを利用した健康商品への応用が知られている。また水産分野では、海洋生物の生育を改善する飼育水として活用されている。しかしながら、その科学的な根拠に対する報告はほとんどない。そこで本研究では、海洋深層水の魚類生理に及ぼす影響について解析した。

### 【方法】

#### 実験 1 : ELISA 法を用いた海洋深層水の魚類のストレスに対する効果についての解析

海洋深層水とストレス応答の関連性を検討するために、海産魚のメジナ (*Girella punctate*) を用いた。能登深層水施設で採水した深層水 (海洋深層水) あるいは臨海実験施設前の九十九湾で採取した海水 (表層海水) でメジナを飼育した (図 1)。飼育後 3、5、7 日に血漿を採取し、ELISA 法を用いてストレス刺激で合成されるコルチゾルの血中濃度を測定した。



Figure 1. Rearing system of nibbler (*Girella punctate*)

#### 実験 2 : ウロコ培養系を用いた魚類の骨芽細胞に対する海洋深層水の影響解析

深層水の骨への作用を検討するために、骨芽細胞の高感度解析系が確立されているキンギョ (*Carassius auratus*) の再生ウロコを用いて実験を行った。海洋深層水もしくは表層海水を 20% の割合で添加した L-15 培地 (それぞれ深層水培地と表層水培地) で、再生ウロコを 24 時間培養した後、骨芽細胞の活性の指標となる酵素であるアルカリフォスファターゼ (ALP) の活性を測定した。さらに同様の培養系において、骨芽細胞のマーカー遺伝子である ALP 及び distal less homeobox5 (DLX5) の発現量を、定量 PCR 法によって解析した。

### 【結果及び考察】

#### 実験 1 : ELISA 法を用いた海洋深層水の魚類のストレスに対する効果についての解析

深層水飼育 5 日後で、メジナに著明な血中コルチゾル濃度の低下を認めた。この結果は、海洋深層

水によって魚のストレスが軽減されたことを意味する。コルチゾルは、筋肉分解の亢進と骨芽細胞活性の低下を介した成長阻害作用を示すため、深層水飼育によりコルチゾルが低下することで、成長阻害要因から解放され、魚の良好な生育を促すことが予想される。

## **実験 2 : ウロコ培養系を用いた魚類の骨芽細胞に対する海洋深層水の影響解析**

深層水培地で培養したウロコにおける骨芽細胞の ALP 活性は、表層水培地で培養したものと比べて有意に上昇した。さらに、ALP 及び DLX5 遺伝子の定量 PCR の結果、これらの発現量が有意に上昇していることを見出した。これらのことから、海洋深層水は骨芽細胞の活性を上昇させる作用があることを示した。魚類の成長において骨格の伸長は欠かせないものであるため、海洋深層水による生育機構は、骨芽細胞を介したものであると考えられる。

### **【まとめ】**

本研究により、海洋深層水が海産魚類にもたらす作用（魚類のストレス軽減作用、骨芽細胞の活性化作用）が明らかになった。

今後、海産魚の血中コルチゾル濃度に対する海洋深層水の長期飼育の効果について解析する。また、ウロコの骨芽細胞や破骨細胞の関連遺伝子の発現量の変化をより詳細に解析する。さらに、海洋深層水および表層の海水で 10 日間飼育したメジナの血液を、IPC-MS により元素分析を行い魚類の骨芽細胞を活性化する因子を同定する予定である。

### **【参考文献】**

- Brillon DJ, *et al.*: Effect of cortisol on energy expenditure and amino acid metabolism in humans. *Am. J. Physiol.* **268**, E501-513 (1995).
- Tsunashima Y, Kondo A, Matsuda T, Togari A.: Hydrocortisone inhibits cellular proliferation by downregulating hepatocyte growth factor synthesis in human osteoblasts. *Biol. Pharm. Bull.* **34**, 700-703 (2011).
- Suzuki, N., *et al.*: Suppression of osteoclastic activities by calcitonin in the scales of goldfish (freshwater teleost) and nibbler (seawater teleost). *Peptides.* **21**, 115-124 (2000).
- Yachiguchi, K., *et al.*: Effect of inorganic mercury and methylmercury on osteoclasts and osteoblasts in the scales of the marine teleost as a model system of bone. *Zool. Sci.* **31**, 330-337 (2014).

本研究は、金沢大学大学院自然科学研究科生命科学専攻 五十里 雄大氏の学位論文の一環として行われた。本研究の内容は、平成 27 年 11 月 28 日、三重大学において開催された日本動物学会中部支部会で発表された。研究を支援していただいた神戸川明博士(神戸川研究所)、朝比奈潔教授(日本大学)、及び豊原知足氏(能登深層水施設)に感謝申し上げます。

## 骨に対する放射線の影響およびメラトニンによる放射線のレスキュー作用の解析

上西篤志, 関口俊男, 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  
Atsushi KAMINISHI, Toshio SEKIGUCHI, Nobuo SUZUKI: The rescue effect of melatonin for the damage of radiation in the bone.

### 【はじめに】

放射線の生物に対する影響には、直接的な作用と間接的な作用の2種類ある。直接作用では放射線が標的分子（細胞の場合 DNA）に直接ダメージを与え、間接作用では放射線がラジカル（生体では主にヒドロキシラジカル）を発生させ、そのラジカルが DNA にダメージを与える。DNA が放射線の作用によりダメージを受けると DNA 二本鎖切断などが起こる。切断された DNA は種々の DNA 修復酵素により修復されるが、修復不可能なほど損傷を受けた場合には細胞のアポトーシスが誘引される。これを応用したのが、放射線によるがん治療である。放射線がん治療は様々な線源により行われ、中でも重粒子線はがん治療の効果が高く、日本の放射線医学総合医学研究所において1994年から炭素線治療が行われている。また、放射線がん治療は骨のがんに対しても適用されている。しかし、同時に放射線による脆弱性骨折も報告されており、骨に対する放射線の影響を評価する必要がある。

本研究では、骨モデルとして魚のウロコに注目して、骨に対する放射線の影響を *in vitro* で解析できるか否かを調べた。また、メラトニンはラジカルをスカベンジすることで放射線の間接作用から細胞をレスキューすることが知られている。そこで次に、メラトニンのレスキュー作用についても解析した。

### 【結果と考察】

キンギョからウロコを採取し、照射の3時間前、メラトニン添加 ( $10^{-4}$  M)・メラトニン無添加の新しい培地を加え培養した。群を4つ設定し、I：コントロール（重粒子線照射無し・メラトニン無添加）、II：重粒子線照射無し・メラトニン添加、III：重粒子線照射・メラトニン無添加、IV：重粒子線照射・メラトニン添加、とした。前培養後、重粒子線がん治療装置によりウロコに炭素線 290 MeV/u を 8 Gy の強度で照射した。照射後に 15 °C で 24 時間培養し、Cell Counting Kit-8 により、生細胞活性を測定した。また遺伝子レベルでの効果を解析するために、培養後 Total RNA を抽出し、cDNA を合成した。そして、破骨細胞マーカー及び骨細胞のマーカー遺伝子の発現を 定量 PCR で検討した。

重粒子線を照射したウロコの生細胞活性を調べたところ、照射していないコントロールと比較して生細胞活性の減少が見られた。一方、メラトニン添加により生細胞活性の上昇が見られ、重粒子線を照射したウロコに対するレスキュー作用が認められた。次に、重粒子線を照射したキンギョのウロコの破骨細胞の特異的マーカー遺伝子（Cathepsin K）と骨芽細胞のマーカー遺伝子（RANKL）の特異的マーカー遺伝子の発現を解析した結果、Cathepsin K と RANKL の発現量は、メラトニン添加により有意に上昇することが判明した。したがって、生細胞に対する作用と同様に遺伝子レベルでもレスキュー作用を確認することができた。今後は、詳細な機構について調べていく予定である。

本研究は、金沢大学大学院自然科学研究科生命科学専攻 上西篤志氏の学位論文の一環として行われた。

## フロリダナメクジウオにおけるカルシトニンスーパーファミリー： 脊索動物における分子進化と機能進化について

関口俊男<sup>1</sup>, 桑迫健二<sup>2</sup>, 小笠原道生<sup>3</sup>, 高橋弘樹<sup>4</sup>, 松原 伸<sup>5</sup>, 大杉知裕<sup>5</sup>, 村松郁延<sup>6</sup>, 笹山雄一<sup>1</sup>,  
鈴木信雄<sup>1</sup>, 佐竹 炎<sup>5</sup>

<sup>1</sup>〒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, <sup>2</sup>〒889-1692 宮崎市清武町木原 5200 番地, 宮崎大学 フロンティア科学実験総合センター 生命科学研究部門 生理活性物質探索病態解析分野, <sup>3</sup>〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33, 千葉大学大学院 融合科学研究科 ナノサイエンス専攻 ナノバイオロジーコース, <sup>4</sup>〒444-0867 愛知県岡崎市明大寺町西郷中 38, 基礎生物学研究所 発生生物学領域 形態形成部門, <sup>5</sup>〒920-0293 京都府相楽郡精華町精華台 8-1-1, 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, <sup>6</sup>〒920-0293 石川県河北郡内灘町大学 1-1, 金沢医科大学 薬理学

Toshio SEKIGUCHI, Kenji KUWASAKO, Michio OGASAWARA, Hiroki TAKAHASHI, Shin MATSUBARA, Tomohiro OSUGI, Ikunobu MURAMATSU, Yuichi SASAYAMA, Nobuo SUZUKI, Honoo SATAKE: Evidence for conservation of the calcitonin superfamily and activity-regulating mechanisms in the basal chordate *Branchiostoma floridae*: insights into the molecular and functional evolution in chordates.

### 【はじめに】

カルシトニン (CT) は、ほ乳類で骨代謝に関わるホルモンである。CT は、カルシトニン遺伝子関連ペプチド (CGRP) と同一の遺伝子にコードされている。またアドレノメデュリン、アミリン、カルシトニン受容体刺激ペプチドとも同じ祖先遺伝子を持つと考えられ、これらのペプチドは、CT/CGRP ファミリーペプチド遺伝子族と呼ばれている。CT/CGRP ファミリーペプチドは、全て、カルシトニン受容体 (CTR) とカルシトニン受容体様受容体 (CLR) に結合する。どのペプチドが最も強く作用するかは、受容体活性調節タンパク (RAMP) と、受容体 (CTR, CLR) との組み合わせにより調節されている。また RAMP は、CLR の細胞膜移行活性を示す一方、CTR は RAMP なしで細胞膜に移行できる。これまで、後口無脊椎動物において、CT/CGRP ファミリーのペプチドや受容体が予測・同定されてきた。しかしながら、受容体や RAMP の機能が不明であるため、脊索動物において最も祖先的であるフロリダナメクジウオ (*Branchiostoma floridae*) に着目し、CT/CGRP ファミリーの起源や分子機能の保存性について研究した。

### 【方法】

#### 実験 1 : フロリダナメクジウオ CT/CGRP ファミリーペプチド、CTR/CLR、RAMP の同定

フロリダナメクジウオのゲノムデータベースよりペプチド (Bf-CTFP)、受容体 (Bf-CTFP-R)、RAMP (Bf-RAMP-LP) を予測した。Bf-CTFP については、予測した遺伝子配列を参考に、成体 cDNA をテンプレートとして、PCR 法により部分配列を、Bf-CTFP-R と Bf-RAMP-LPs については、PCR 及び RACE 法により全長配列を決定した。

#### 実験 2 : Bf-RAMP-LPs の Bf-CTFP-R に対する細胞膜移行活性についての解析

N 末端に V5 タグを融合した Bf-CTFP-R を発現するコンストラクトを COS-7 細胞に導入し、48 時間後固定、界面活性剤を用いずに FITC 標識 V5 抗体を用いた免疫細胞化学を行い、Bf-CTFP-R 膜発現細胞を標識した。標識細胞の割合は、FACS により解析した。

### **実験3 : Bf-CTFPs と Bf-CTFP-R・Bf-RAMP-LP 複合体のリガンド-受容体解析**

Bf-CTFP-R を発現もしくは Bf-CTFP-R と Bf-RAMP-LPs を共発現させた COS-7 細胞に、Bf-CTFPs を添加し、細胞内の cAMP 増加を CatchPoint cAMP Fluorescent Assay kit で測定した。

#### **【結果及び考察】**

#### **実験1 : ナメクジウオにおける CT/CGRP ファミリーペプチド、CTR/CLR、RAMP の同定**

我々は、ナメクジウオ成体 cDNA ライブラリーより、3つのペプチドを同定した(Bf-CTFP1-3)。これらは、Cys で形成される CT/CGRP ファミリーペプチドに特徴的な環状構造や、CT 分子に特徴的な C 末端の Pro-NH<sub>2</sub> 構造が保存されていた。さらに、1つの受容体 (Bf-CTFP-R) を同定した。これは脊椎動物 CTR/CLR と高い配列類似性を示し、系統解析により脊椎動物 CTR/CLR に相同である事を確認した。また3つの RAMP 様タンパク (Bf-RAMP-LP1-3) を同定した。Bf-RAMP-LPs は、脊椎動物 RAMP と同様に一回膜貫通型タンパクであり、活性に必須の Cys 残基 4つ全てが保存されていた。

#### **実験2 : Bf-RAMP-LPs の Bf-CTFP-R に対する細胞膜移行活性についての解析**

FACS 解析の結果、V5-Bf-CTFP-R 単独と比べ、Bf-RAMP-LPs を共発現させることによって、V5-Bf-CTFP-R の細胞膜発現に有意な上昇が認められた。このことは Bf-RAMP-LP 全てにおいて認められたので、Bf-RAMP-LPs が Bf-CTFP-R を細胞膜に移行する活性を有することを明らかにした。

#### **実験3 : Bf-CTFPs と Bf-CTFP-R・Bf-RAMP-LP 複合体のリガンド-受容体解析**

COS-7 細胞に Bf-CTFP-R を単独で発現させた際には、どのペプチドを添加しても細胞内 cAMP 濃度は増加しなかった。一方、Bf-CTFP-R と Bf-RAMP-LPs を共発現させることにより、ペプチドの濃度依存的に細胞内 cAMP 濃度の増加が認められた。上記のことから、Bf-CTFPs のリガンド活性には、Bf-CTFP-R と Bf-RAMP-LPs の共役が必要であることが明らかになった。さらに、全ての Bf-CTFP-R と Bf-RAMP-LP の組み合わせにおいて、Bf-CTFP2 が最も強い作用を示した (作用の強さの順番は、Bf-CTFP2 > Bf-CTFP3 > Bf-CTFP1)。注目すべきことに、Bf-RAMP-LPs は脊椎動物と異なり Bf-CTFP-R のリガンド選択性を変えない性質をもつことが示された。

#### **【まとめ】**

我々は、無脊椎動物で初めて CTR/CLR と RAMP の相同遺伝子の分子機能を示した。本研究において明らかにした脊索動物の CTR/CLR、RAMP の機能進化は、以下のように推定される。

1) 祖先受容体は、CLR タイプの分子機能をもつ。2) 祖先 RAMP は、祖先受容体の受容体活性化機能と細胞膜移行活性を有していた。3) 祖先生物がナメクジウオと脊椎動物へ進化する過程で、リガンド選択性を調節できる脊椎動物型 RAMP、調節できないナメクジウオ型 RAMP が生じた。一方、ナメクジウオと同じ原索動物亜門に属するホヤでは、ゲノムデータベース上に RAMP は検出されておらず、受容体が脊椎動物の CTR のように単独で機能する可能性がある。脊椎動物における CT/CGRP ファミリーペプチド、CTR/CLR、RAMP の起源を解明するためには、ホヤ受容体の分子機能解析や RAMP の有無の再確認が必要である。

本研究は、科学研究費の助成のもとに行われた。研究成果は、Evidence for conservation of the calcitonin superfamily and activity-regulating mechanisms in the basal chordate *Branchiostoma floridae*: insights into the molecular and functional evolution in chordates. (Sekiguchi T., Kuwasako K., Ogasawara M., Takahashi H., Matsubara S., Osugi T., Muramatsu I., Sasayama Y., Suzuki N., Satake H.) と題し、Journal of Biological Chemistry (2016) 291(5), 2345-2356 に発表した。

## 能登町教育委員会との連携による海洋教育

鈴木信雄<sup>1,2</sup>、浦田 慎<sup>2</sup>、松本京子<sup>2</sup>、小木曾正造<sup>1</sup>、谷内口孝治<sup>1,2</sup>、中口憲治<sup>3</sup>、  
三井松夫<sup>3</sup>、早川和一<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>〒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

<sup>2</sup>〒927-0553 鳳珠郡能登町小木34-11，一般社団法人 能登里海教育研究所

<sup>3</sup>〒927-0695 能登町字松波 13 字 75 番地，石川県能登町教育委員会

Nobuo SUZUKI, Makoto URATA, Kyoko MATSUMOTO, Shouzo OGISO, Koji YACHIGUCHI, Kenji  
NAKAGUCHI, Matsuo MITSUI, Kazuichi HAYAKAW: Marine education by the cooperation with the  
Noto-cho Board of Education

### 【目的】

能登町教育委員会と連携して、まず、特例校を申請した小木小学校を中心とした初等教育課程における体系的な海洋教育カリキュラムを開発し、能登町の他の小学校でも実践して、この教育プログラムを石川県に展開していく。

### 【具体的な取り組み方法】

2014年11月に一般社団法人 能登里海教育研究所を設立した。この組織の理事には、地元の商店連盟、漁協、旅館の方が入っており、地元密着型の組織である。この組織が中心となり、海洋教育を実践していく予定である。

申請初等中等教育過程では、現行の教科に加えて海洋の教科を新たに設定するのは、授業時間枠の中では無理がある。そのため、各教科と総合的な学習の時間等を組み合わせて海洋教育を実施することとなるが、別個の授業を組み合わせるため、体系化したカリキュラムを構築するまでには困難が予想される。小木小学校では、小学校の高学年（5及び6年生）に向けた海洋教育のカリキュラムを構築中であり、このカリキュラムを基盤にして低学年や中学年も考慮した6年間の体系的なカリキュラムを開発する。第一に、各学校のニーズに合わせた海洋教育の全体計画を策定し、各教科と総合的な学習の時間の両方から、小学校6年間を見通した海洋教育カリキュラムを開発する。次に、開発したカリキュラムを実践し、個々の教員が行う実践例を積み重ね、吟味することにより、海洋教育のシステムを体系化する。

これらの取り組みについては、平成27年度日本動物学会中部支部三重大会及び第3回全国海洋教育サミットで発表した。

謝辞

能登町における海洋教育の取り組みは、日本財団の助成により行われた。

## 【構成員】

### 1) 教員

|                                |                                                                                                                                                            |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 教授（施設長）                        | 鈴木信雄（nubuos@staff.kanazawa-u.ac.jp）<br>博士（理学）<br>専攻 環境生物学、比較生理学、骨学<br>（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）                       |
| 助教                             | 関口俊男（t-sekiguchi@se.kanazawa-u.ac.jp）<br>博士（医学）<br>専攻 比較内分泌学、環境生理学<br>（海産無脊椎動物の神経・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）                                         |
| 助教<br>（H28年3月1日着任）             | 木谷洋一郎（yki@se.kanazawa-u.ac.jp）<br>博士（水産学）<br>専攻 魚類免疫学、生化学、環境生理学<br>（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）                                                 |
| 助教（自然システム学類専任）<br>（H28年2月1日着任） | 亀井宏泰（hkamei@se.kanazawa-u.ac.jp）<br>博士（農学）<br>専攻 統合動物科学、発生生物学、分子生物学<br>（小型魚類をモデルに初期胚の発生・成長を制御する遺伝的要因と環境要因について分子・細胞・発生生物学的観点から研究している）                       |
| 特任助教                           | 鎌内宏光（kamauchi@se.kanazawa-u.ac.jp）<br>博士（地球環境科学）<br>専攻 陸域水域相互作用<br>（陸域と陸水・海との相互作用について幅広く研究を進めている。キーワード：土地利用変化、長期環境変動、サブシディー、生物多様性、日本長期生態学研究ネットワーク（JaLTER）） |

## 2) 職員

|       |                                                        |
|-------|--------------------------------------------------------|
| 技術職員  | 小木曾正造 (shozoogiso@se.kanazawa-u.ac.jp)<br>専門 海産無脊椎動物一般 |
| 技術補佐員 | 又多政博 (matada@ca2.luckynet.jp)<br>専門 海産無脊椎動物一般          |
| 事務補佐員 | 曾良美智子(msora@ca2.luckynet.jp)                           |

## 3) 学生

|        |                      |
|--------|----------------------|
| 博士課程2年 | 加瀬陽一                 |
| 修士課程1年 | 佐藤将之<br>谷口詩穂<br>半本泰三 |
| 4年生    | 五十里雄大                |

## 4) 連携研究員

浦田 眞  
坂井恵一  
笹山雄一  
清水宣明  
染井正徳  
中林逸子  
布村 昇  
南谷 保  
三宅裕志  
谷内口孝治  
山田外史





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