

生物多様性を基盤にした環境学研究 —自然計測領域生物多様性研究部門—

鈴木信雄^{1*}・関口俊男¹・木下栄一郎²・中村浩二³

2013年11月5日受理, Accepted 5 November 2013

New Approaches to Environmental Studies on the Basis of Research Findings Related to Biodiversity in the Sea of Japan —Division of Biodiversity, Department of Natural Science and Measurement—

Nobuo SUZUKI^{1*}, Toshio SEKIGUCHI¹, Eiichiro KINOSHITA² and Koji NAKAMURA³

Abstract

In an effort to analyse the biodiversity of the Sea of Japan, our aims are to examine the following: (1) the evolutionary and ecological relationships between the diversity of the environment and that of marine and terrestrial organisms in the sea and in the Hokuriku region and (2) the effects of natural and anthropogenic environmental changes on the diversity of organisms and ecosystems, using various techniques. In order to achieve our aims, we study various research techniques within the field of environmental science using different organisms, including both plants and animals.

In recent marine laboratory studies of fish and sea urchins, we noted widespread environmental contaminants (known as polycyclic aromatic hydrocarbons: PAHs). Using a specific assay system with fish scales, we proved that the metabolites of PAH suppressed osteoblastic and osteoclastic activities. In addition, PAHs had an influence on the early development of sea urchins. Increased PAHs in the aquatic ecosystem were detected, and we found that storm water runoff and the atmospheric deposition of PAHs are now the largest sources of aquatic PAH contamination. Furthermore, oil spills, such as the Deepwater Horizon and Nakhodka oil spills, directly induce PAH contamination in a marine environment. Therefore, we must pay further attention to aquatic PAH pollution. In relation to PAH pollution, we discussed the prospects of our research in this symposium.

Key Words: biodiversity, polycyclic aromatic hydrocarbons, environmental study, fish scales, future plans

キーワード: 生物多様性, 多環芳香族炭化水素, 環境学研究, 魚のウロコ, 将来構想

¹金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域生物多様性研究部門能登臨海実験施設 〒927-0553 石川県能登町 小木ム4-1 (Noto Marine Laboratory, Division of Biodiversity, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 4-1 Ogi Mu, Noto-cho, 927-0553 Japan)

²金沢大学環日本海域環境研究センター 自然計測領域生物多様性研究部門 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Division of Biodiversity, Department of Natural Science and Measurement, Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

³金沢大学地域連携推進センター 〒920-1192 石川県金沢市角間町 (Kanazawa University Center for Regional Collaboration, Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192 Japan)

*連絡著者 (Author for correspondence)

I. はじめに

生物多様性部門では、環日本海域および北陸地域における“生物の多様性”と“環境の多様性”の相互関係、環境の自然変動および人間活動による変動、環境汚染物質が生物の多様性と生態系に及ぼす影響をミクロな遺伝子からマクロな生態学までの種々の手法を用いて研究している。まず、①海洋生物多様性部門の海洋汚染物質（多環芳香族炭化水素類）に関する研究について述べ、②生物多様性部門の環境学研究の展望について記載する。

II. 海洋生物多様性分野の環境学研究

1) 様々な化合物（環境汚染物質、ホルモン等）の骨に対する作用を解析する目的で開発した骨モデル（魚のウロコ）を用いたアッセイ系

硬骨魚のウロコは、石灰化した骨基質の上に骨芽細胞と破骨細胞が共存した構造をしており（Suzuki *et al.*, 2007, 2008）、その基質は、I型コラーゲンからなる線維層とI型コラーゲンとハイドロキシアパタイトからなる骨質層の二層からなる。骨質層は骨芽細胞によって膜内骨化と同様の様式で形成される（図1）。また、ウロコに存在する破骨細胞の多くは単核であるが、多核で波状縁を持つものも観察され、そのような破骨細胞は哺乳類の破骨細胞と同様の微細構造をもち、カタプシンKや酒石酸抵抗性酸フォ

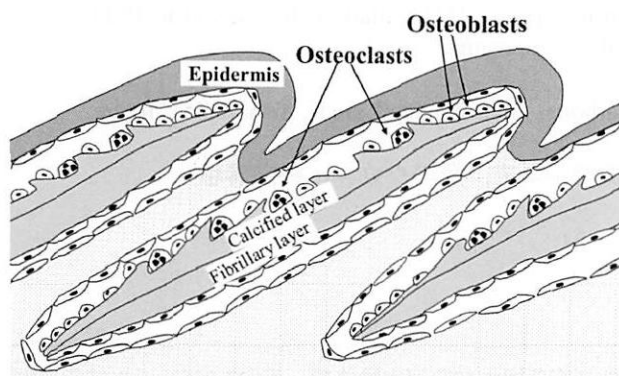


図1 魚のウロコの模式図。魚のウロコは、石灰化した骨基質の上に骨芽細胞と破骨細胞が共存し、ヒトの骨と同じように骨代謝を行っている。

Fig. 1 Schema of a transverse section of teleost skin with scales. The teleost scale is a calcified tissue that contains osteoblasts, osteoclasts, and bone matrix and is similar to that found in mammalian membrane bone.

スファターゼが発現している（Azuma *et al.*, 2007）。このような特徴を持つウロコを培養し、生理学的活性を指標とした評価システムを開発した。ウロコの培養には炭酸ガスは不要であり、培地には血清不含のL-15（水生動物用の培地）に抗生物質を入れて用い、低温（15℃）で少なくとも4日間培養可能である。このシステムを用いて、骨代謝に関与するホルモン（カルシトニン、副甲状腺ホルモン等）の作用を調べると、哺乳類と同様に作用することを証明済（Suzuki *et al.*, 2000, 2011）である。

2) ウロコのアッセイ系の環境学研究への応用

これまで環境汚染物質（重金属、トリブチルスズ、ビスフェノールA等）（Suzuki and Hattori 2003; Suzuki *et al.*, 2004, 2006）の骨芽細胞及び破骨細胞に対する作用をウロコのアッセイ系を用いて解析してきた。本稿では、多環芳香族炭化水素類（PAH類）の作用についての成果の概要を述べる。重油汚染海域では、魚の脊柱彎曲が発生している。ナホトカ号の重油流出事故でも、ヒラメの脊柱彎曲が観察され、魚の骨代謝にPAH類が大きな影響を及ぼしている。この原因を調べるには、魚の骨代謝を解析する迅速かつ高感度な評価システムが必要であり、魚類のウロコを骨モデル（Yoshikubo *et al.*, 2005; Thamamongood *et al.*, 2012）として評価している。ウロコの評価法により、6時間という短時間の培養で、水酸化体（4-hydroxybenz[a]anthracene: 4-OHBaA）が骨芽細胞及び破骨細胞の活性を抑制していることがわかった。したがって、水酸化体が魚の脊柱彎曲を引き起こす原因物質である可能性が高い。さらにPAH類は、魚のみならず無脊椎動物のウニの骨片形成も抑制することも判明した。そこで海洋生物多様性部門では、多環芳香族炭化水素類の海洋汚染に注目して、魚類及び無脊椎動物に対する毒性機構の解明を目指している。

III. 環境学研究の展望

環日本海域環境研究センターの臨海実験施設は、平成24年度共同利用・教育拠点「日本海域環境学教育共同利用拠点」として認定を受けた。本施設は、閉鎖性の極めて高い日本海に突出する能登半島先端部で、富山湾に面する海域（石川県能登町小木）に

設置されており、日本海を生物学的に、生態学的に、また環境科学的にモニターする絶好な位置にある。そこで本施設は、環日本海域環境研究センターの教員の協力及び支援を受け、各教員のオリジナルな研究を基盤にして「総合的日本海域環境学」の講義と実習、ならびに日本海の未来への展望を含めて、全国の国・公・私立大学等に対して実施していく。さらに、教育拠点に伴い整備された研究環境に基づいて、陸上生物多様性分野と連携して環日本海域環境学を発展させていく予定である。

文 献

- Azuma, K., Kobayashi, M., Nakamura, M., Suzuki, N., Yashima, S., Iwamuro, S., Ikegame, M., Yamamoto, T. and Hattori, A., 2007: Two osteoclastic markers expressed in multinucleate osteoclasts of goldfish scales. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, **362**, 594-600.
- Suzuki, N., Suzuki, T. and Kurokawa, T., 2000: Suppression of osteoclastic activities by calcitonin in the scales of goldfish (freshwater teleost) and nibbler fish (seawater teleost). *Peptides*, **21**, 115-124.
- Suzuki, N. and Hattori, A., 2003: Bisphenol A suppresses osteoclastic and osteoblastic activities in the cultured scales of goldfish. *Life Sciences*, **73**, 2237-2247.
- Suzuki, N., Yamamoto, M., Watanabe, K., Kambegawa, A. and Hattori, A., 2004: Both mercury and cadmium directly influence calcium homeostasis resulting from the suppression of scale bone cells: The scale is a good model for the evaluation of heavy metals in bone metabolism. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, **22**, 439-446.
- Suzuki, N., Tabata, M.J., Kambegawa, A., Srivastav, A.K., Shimada, A., Takeda, H., Kobayashi, M., Wada, S., Katsumata, T. and Hattori, A., 2006: Tributyltin inhibits osteoblastic activity and disrupts calcium metabolism through an increase in plasma calcium and calcitonin levels in teleosts. *Life Sciences*, **78**, 2533-2541.
- Suzuki, N., Kitamura, K., Nemoto, T., Shimizu, N., Wada, S., Kondo, T., Tabata, M.J., Sodeyama, F., Ijiri, K. and Hattori, A., 2007: Effect of vibration on osteoblastic and osteoclastic activities: Analysis of bone metabolism using goldfish scale as a model for bone. *Advances in Space Research*, **40**, 1711-1721.
- Suzuki, N., Somei, M., Seki, A., Reiter, R.J. and Hattori, A., 2008: Novel bromomelatonin derivatives as potentially effective drugs to treat bone diseases. *Journal of Pineal Research*, **45**, 229-234.
- Suzuki, N., Danks, J.A., Maruyama, Y., Ikegame, M., Sasayama, Y. and Hattori, A., Nakamura, M., Tabata, M.J., Yamamoto, T., Furuya, R., Saijoh, K., Mishima, H., Srivastav, A.K., Furusawa, Y., Kondo, T., Tabuchi, Y., Takasaki, I., Chowdhury, V.S., Hayakawa, K. and Martin, T.J., 2011: Parathyroid hormone 1 (1-34) acts on the scales and involves calcium metabolism in goldfish. *Bone*, **48**, 1186-1193.
- Thamamongood, T.A., Furuya, R., Fukuba, S., Nakamura, M., Suzuki, N. and Hattori, A., 2012: Expression of osteoblastic and osteoclastic genes during spontaneous regeneration and autotransplantation of goldfish scale: A new tool to study intramembranous bone regeneration. *Bone*, **50**, 1240-1249.
- Yoshikubo, H., Suzuki, N., Takemura, K., Hosono, M., Yashima, S., Iwamuro, S., Takagi, Y., Tabata, M.J. and Hattori, A., 2005: Osteoblastic activity and estrogenic response in the regenerating scale of goldfish, a good model of osteogenesis. *Life Sciences*, **76**, 2699-2709.