

海産動物の内柱における微量元素の動態に関する研究
**Study on the accumulation of iodine and element dynamics in
endostyle of amphioxus, which is a close invertebrate to vertebrates.**

^a窪川かおる、^a稲葉真由美、^b大東琢治、^a岩田尚之、^aソナリ ロイ
^aKaoru Kubokawa, ^aMayumi Inaba, ^bTakuji Ohigashi, ^aHisayuki Iwata, ^aSonali Roy

^a東京大学海洋研究所, ^b立命館大学
^aOcean Research Institute, University of Tokyo, ^bRitsumeikan University

甲状腺は脊椎動物だけにみられる内分泌器官である。生体の恒常性維持に不可欠な甲状腺ホルモンを合成・分泌する。本研究は甲状腺の根幹となる機能を解明することを目標として、甲状腺の起源と考えられているナメクジウオの内柱を材料とし、甲状腺ホルモンの存在を示唆するヨウ素のマッピングを行なった。さらに微量元素の分布も調べた。その結果、ヨウ素は内柱に存在し、さらに鉄と臭素の存在が確認された。これらの微量元素は環境により分布が変化することがわかり、環境適応には内柱に分布する微量元素が関係することが示唆された。

The thyroid gland exists in only vertebrates. The gland synthesizes and secretes the thyroid hormone, which is an indispensable endocrine organ to the homeostasis. The purpose of this study is the analysis of the fundamental function of the thyroid gland. The endostyle of amphioxus that is believed as the origin of the thyroid gland was surveyed the iodine which is the material of thyroid hormones. Furthermore, the distribution of tracer elements was mapped on the endostyle. In results, iodine was confirmed to be absorbed into the endostyle, and iron and bromine were found in the endostyle. The distribution of the tracer elements might change by environment, and it is suggested that the tracer elements in the endostyle were concerned with adaptation to environment.

背景と目的：

甲状腺は脊椎動物だけがもつ内分泌器官であり、甲状腺ホルモンを合成・分泌し、生体の恒常性維持および遺伝子発現の転写調節因子として重要な役割をもつ。甲状腺ホルモンはヨウ素と結合したアミノ酸誘導体であり、その分泌過剰や欠乏は、バセドー病や重篤な生体機能障害になることが知られている。甲状腺は医学的にも生物学的にもよく調べられているが、甲状腺機能におけるヨウ素の役割など、基礎科学における解明がまだ残されている。ヨウ素は生体の必須微量元素の一つであり、脊椎動物への進化の過程で海中のヨウ素を体内で利用する仕組みができたと考えら

れる。そこで脊椎動物の祖先に甲状腺の起源となる器官を見出し、その構造や機能およびヨウ素の取込の機構を解明すれば、甲状腺機能の根本を理解することができ、甲状腺疾患への応用に結び付くことが期待できる。本研究では、脊椎動物の祖先と近縁なナメクジウオを材料とし、放射性ヨウ素の取込がみられることから、甲状腺の起源の可能性が示唆されている内柱に着目し、その微量元素の取り込みを調べた。一方、ナメクジウオの仲間に、硫化水素とアンモニアが高濃度に発生する貧酸素環境の海底に生息する種類がいる。このナメクジウオの内柱が特殊な環境にどのように影響されているかを、微量元素の局在で調

べた。普通の環境と特殊な環境との生息の比較ができる適当な材料である。これらナメクジウオの内柱におけるヨウ素のマッピングおよびFe、Zn、Brなどの微量元素の分布について、高精度のマッピングを行い、内柱がヨウ素を利用する甲状腺原基であるかどうか、環境に適応した恒常性維持の機能をもつかどうかを調べた。この研究から、ヒトにおける甲状腺の構造と役割をその進化から考える重要性が示されると期待される。

材料と方法：

ナメクジウオのパラフィン包埋切片（1mmx2mm、10-50 μ m）をカプトン膜に接着させたものを試料とした。目標とする甲状腺原基（内柱）は50 μ m x 100 μ mの大きさで、励起エネルギーはヨウ素吸収端上となる35keVを用いた。あらかじめヨウ素を与えた個体をポジティブコントロールとした。測定した核種は、I, Br, Fe, Zn, Caであった。

結果、および、考察：

内柱でヨウ素が検出できた。ヨウ素のマッピングをした結果、6区画に分けられた内柱の構造のうち、区画5の一部に強く、区画6に弱くヨウ素の取り込みがみられた（Fig.1）。採集後すぐに固定した個体からは高濃度のヨウ素が検出され、しかもヨウ素を過剰投与した個体よりも多かった。以上から、内柱は甲状腺原基である可能性が確認された。ナメクジウオの中でも貧酸素環境に生息する種類のナメクジウオは、ヨウ素が区画5の内部まで広く移動しており、内柱が活性化していることが示唆された。一方、Feは区画4に集積していることがわかった（Fig. 2）。さらに貧酸素

環境の種類のFeは、内柱全体に広がっていた。甲状腺でのFeの分布は脊椎動物でもよく調べられておらず、今後甲状腺で調べる必要がある。また、ヨウ素とFeは隣接する区画に存在し、環境悪化でFeの分布が変動するなど、内柱の機能に、ヨウ素やFeなどの微量元素が影響することが示唆された。

今後の課題：

ヨウ素および微量元素のマッピングはほぼ完了したが、新たにジルコニウムZrが検出された。ヨウ素の検出場所の近傍であり、Zrの詳細なマッピングを行なう必要がある。本研究で得られた内柱と微量元素の関係が脊椎動物の甲状腺でも同様に観察されるかどうか、メダカを用いて調べる予定である。さらに、内柱あるいは甲状腺以外の内分泌器官におけるホルモン合成・分泌で司る生体調節機構が微量元素の動態とどのように関係するかについて研究を進める必要があると考えられる。

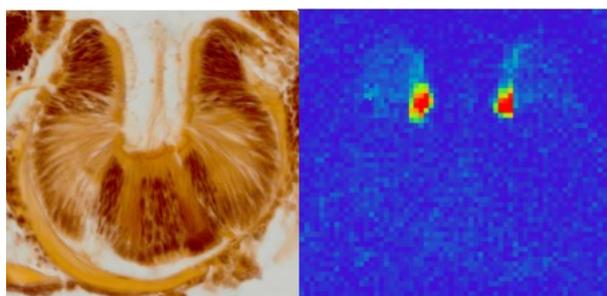


Fig.1 甲状腺原基（内柱）の切片像（左）とヨウ素のマッピング結果（右）

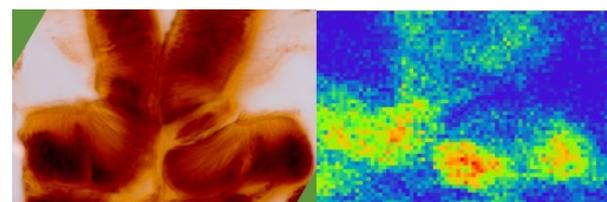


Fig.2 貧酸素環境に生息するナメクジウオの内柱下部の切片像（左）と鉄のマッピング結果（右）

参考文献：

- (1) Takeda, T., et al., (2000) *Cell Mol Biol.*, 46: 1077-1088.
- (2) Ericson, L.E., et al., (1986) *Cell Tissue Res.*, 241: 267-273.
- (3) Fujiwara, Y., et al., (2007) *Mar. Ecol.*, 28: 1-14.

発表状況：

平成20年度日本動物学会大会で口頭発表する。

キーワード：

甲状腺、ヨウ素、ナメクジウオ、脊椎動物への進化、蛍光X線