

サザエ中腸腺に蓄積する鉄の化学種分析 Chemical Speciation of Iron Accumulated in the Digestive Gland of *Turbo sazae*

浪川勇人^{1,*}, 鈴木道生^{1,*}¹ 東京大学 農学生命科学研究科, 〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1Yuto NAMIKAWA¹ and Michio SUZUKI^{1,*}¹Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 1-1-1, Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657, Japan

1 はじめに

海の軟体動物における金属蓄積は、食品安全性、環境モニタリング、分子生物学などの幅広い観点から研究されてきた。特に、カキやホタテなどの二枚貝類は中腸腺にカドミウム、銅、亜鉛等の金属を蓄積することが知られているが、巻貝類の金属蓄積についてはあまり知られていない。そのなかでもサザエ(*Turbo sazae*)は、日本の食産業において最も重要な巻貝類の一つであるにもかかわらず、その金属蓄積はこれまで調べられていなかった。そこで我々は、サザエを部位ごとに解剖して、誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)を用いて金属濃度を測定したところ、中腸腺に特異的に 10,000 $\mu\text{g/g}$ (乾燥重量)を超える高濃度の鉄が蓄積していることを発見した。この鉄蓄積のメカニズムと意義を解明するため、X 線吸収微細構造(XAFS)分光法を用いて、鉄の化学形態を特定することを本研究の目的とした。

2 実験

高エネルギー加速器研究機構 Photon Factory (KEK-PF)の BL-12C で Fe K-edge XAFS の測定を行った。空気酸化による鉄の化学構造変化を防ぐために、測定直前にサザエの解剖を行い、鮮度の高い中腸腺(Digestive gland)の薄片サンプルを作成して、ポリプロピレンフィルムに封入した。標準試料として、天然鉱物である Fe_3O_4 (アメリカ産)、 Fe_2O_3 (ブラジル産)、 FeS_2 (ペルー産)、 $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (ブラジル産)、 FeOOH (スペイン産)と、市販試薬である FeO および $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (富士フィルム和光純薬、試薬特級)を用いた。乳鉢でこれらの鉄化合物を粉砕し、窒化ホウ素と混合してペレットを成形した。また、100 mg/mL のウマ由来フェリチン(Ferritin)をポリプロピレンフィルムに封入した。これらのサンプルのうち、Digestive gland と Ferritin は蛍光法、標準試料は透過法を用いて XAFS スペクトルを測定した。データ解析には Athena を用いた。

3 結果および考察

測定サンプルの XANES スペクトルを規格化した(図 1A)。Digestive gland は 7126.9 eV に吸収端ピークを示したが、この値と近かったスペクトルは Ferritin と FeOOH で、それぞれ 7127.8 eV であった。また、

これら 2 つの標準試料は XANES スペクトルの形状も類似していた。鉄の化学構造を詳細に調べるために Digestive gland、Ferritin、 FeOOH の EXAFS 解析を行った(図 1B)。さらに、この EXAFS スペクトルをフーリエ変換して動径分布関数を得た(図 1C)。その結果、鉄原子周辺の局所的な原子配置が明らかになった。測定対象の鉄原子に対して、第一近接原子である酸素原子との距離(Fe-O 間距離)は、Digestive gland では 1.56 Å であったが、Ferritin の Fe-O 間距離は 1.53 Å と近い値を示した。さらに、第二近接原子である鉄原子との距離(Fe-Fe 間距離)は、Digestive gland と Ferritin の両方で 2.42 Å であった。一方で、 FeOOH の動径分布は Digestive gland と異なっており、Ferritin と比較すると構造類似性が低いことが示唆された。XANES および EXAFS 解析の結果から、サザエ中腸腺の鉄蓄積因子は鉄結合タンパク質であるフェリチンであり、その内部の鉄コアは FeOOH 様の構造を持つことが示唆された。今後は、サザエ中腸腺に特異的に含まれるフェリチンについて生化学的解析を行う予定である。

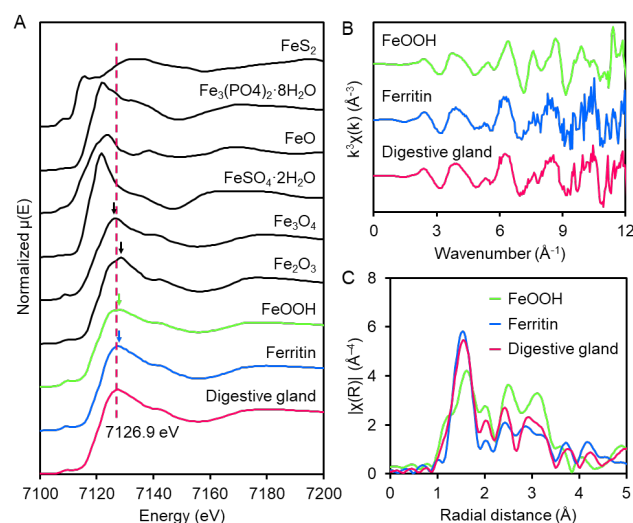


図 1 (A) 規格化 XANES スペクトル (B) k^3 -weighted EXAFS スペクトル (C) 動径分布関数。参考文献[1]より、Elsevier 社の許可を得て転載。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 19H05771、24KJ0914 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] Y. Namikawa *et al.*, *Food Chemistry* **485**, 144552 (2025).

* amichio@g.ecc.u-tokyo.ac.jp