PR0128

鉄の化学形態に着目した魚類の肝臓−筋肉間における鉄安定同位体比の変動機構の解析

○長谷川菜々子[1]、高橋嘉夫[1]、白井厚太朗[1]、板井啓明[1]
（[1]東大院理）

【はじめに】 我々は、海洋生態系における鉄トレーサーとしての鉄安定同位体比 (δ^{56}Fe) の利用可能性に着目し、(1) 広範な生物のδ^{56}Fe計測 (Hasegawa et al., 2022)、(2) 魚類の組織内δ^{56}Fe変動解析 (Hasegawa et al., 2023)、を進めてきた。組織内δ^{56}Fe変動については、陸棲哺乳類の先行研究で、肝臓中δ^{56}Feが他の組織に対して高値を示す傾向が報告され、フェリチンへの重い同位体の濃縮が分別機構として提示されてきた (Hotz et al., 2012)。しかし、この解釈は分析化学的証拠を伴わない推定にとどまっていた。本研究では、マサバ試料6検体を対象に、鉄の主要形態としてヘム鉄 (ヘモグロビンなど) とフェリチンの2成分を仮定し、(1) X線吸収微細構造 (XAFS) を用いた各組織での両成分の比率解析と、(2) 組織別δ^{56}Fe分析を実施し、両成分間のみかけの安定同位体分別係数 ($\Delta Fe_{ferritin\text{-}heme}$) を推定した。

【実験方法】 対馬沖で採取されたマサバ 6 試料は、船上において−20℃以下で凍結保存された。これを実験室で解凍後、速やかに 7 種の組織(普通筋・血合筋・肝臓・生殖腺・血液・鰓・心臓・脾臓)を採取した。試料を凍結乾燥後、高純度硝酸で分解し、誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS, Agilent 7700) により Fe を定量した。その後、陰イオン交換カラムにより Fe を分離・濃縮し、マルチコレクター型 ICP-MS (MC-ICP-MS) により各組織の δ^{56}Fe を測定した。各組織中 Fe 化学種は、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の BL-12C で取得した X 線吸収端近傍構造 (XANES) により推定した。

【結果と考察】 1 個体あたりの δ^{56}Fe の平均値は−1.42 から−1.30‰で、試料全体を通じて比較的類似していた。7 組織の δ^{56}Fe は各個体で−1.66 から−0.92‰の範囲で変動し、ほとんどの組織間で均質であったが、肝臓中 δ^{56}Fe は 0.29 から 0.59‰程度高値を示した。雌雄間の有意差は認められなかったが、生殖腺 δ^{56}Fe の個体差が大きく、特に精巣は高値を示す傾向があった。各組織の Fe K 端 XANES の線形結合フィッティングの結果、肝臓と血合筋は 4 種の端成分 (オキシヘモグロビン、デオキシヘモグロビン、メトヘモグロビン、フェリチン) でよく再現された。3 種のヘモグロビンの総和をヘム鉄と考え、ヘム鉄とフェリチンの比率を臓器ごとに比較したところ、肝臓中フェリチンは肝臓中総鉄の約 8 – 29%を占め、血合筋はほぼ 100%がヘム鉄と推定された。肝臓について、二種混合系を仮定したマスバランス式により $\Delta Fe_{ferritin\text{-}heme}$ を推定したところ、1.84 ± 1.06‰であった。この値は、実験的に求められた Fe^{2+}-Fe^{3+}間の同位体分別係数 (2.8‰, Johnson et al., 2002) よりは小さい値であるが、ヘム鉄形成時の Fe^{2+}-ポルフィリン鉄間の同位体分別およびフェリチン構造中での Fe^{3+}-ferrihydrite の同位体分別を加味すると、理論的予測と整合的な範囲であった。このことは、(1) 腸管吸収後の鉄の循環は半閉鎖系、(2) ヘム鉄-フェリチン間の鉄のやり取りは可逆的、という 2 つの仮定を支持する結果であった。肝臓-血液 (または筋肉) 間の δ^{56}Fe 差は、報告されている陸上生物の値でもバリエーション (1.1-2.1‰, n = 30) があるが、本研究の結果は、これらの変動が組織中鉄のフェリチン/ヘム鉄比で説明できる可能性を示唆した。

Mechanism of Iron Stable Isotope Variation between Liver and Muscle by Combining Speciation Analysis

*N. Hasegawa[1], Y. Takahashi[1], K. Shirai[1], T. Itai[1] ([1]Department of Earth and Planetary Science, The University of Tokyo)