

インダス文明遺跡から発掘された魚類耳石を用いた古環境復元

窪田 薫

東京大学大気海洋研究所海洋底科学部門および地球表層圏変動研究センター／

東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

横山 祐典

東京大学大気海洋研究所 海洋底科学部門および地球表層圏変動研究センター／

東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻／

海洋研究開発機構海洋研究開発機構海洋・極限環境生物圏領域

坂井 三郎

海洋研究開発機構海洋研究開発機構海洋・極限環境生物圏領域

前杢 英明

広島大学大学院教育学研究科

P. Ajithprasad

マハーラージャ・サヤジラーオ大学考古学・古代史学部

長田 俊樹

総合地球環境学研究所

1 はじめに

インドモンスーンは地球の気候システムの重要な構成要素のひとつである。ヒマラヤーチベット高原とインド洋との間にもたらされる大規模な季節風は、世界の4分の1の人口を育むために重要な多量の降水をもたらす。地球化学的な研究から過去のモンスーン変動は、地球の公転軌道要素変化と同調して変動してきており、特に過去1万年間については、その強度が弱化したことが明らかにされてきた。

環境変化とインダス文明プロジェクトでは、インド西部のグジャラート州の遺跡調査などを中心に考古学的研究を進めてきている。過去の環境変化を復元する手段としては、海洋生物の炭酸塩殻の酸素同位体比や微量金属を測定する方法が広く用いられているが、海洋堆積物試料を使うため、年代精度が100-300年ほどの誤差が付随する。また、連続記録を復元するための試料採取地点が、沖合に位置することから、人類がかつて生活していたであろう沿岸部の情報を直接的に記録しているわけではない。

そこで東京大学を中心とする研究グループでは、インダス文明考古遺跡から産出する魚類耳石の化学分析を行うことで、かつての人類が生息していた地点により近い環境情報を復元することを目標とし、研究を進めている。ここではこれまでに得られた成果の概要と、今後の展望について報告する。

2 方法

現生試料 20 個、化石試料 19 個のうち、現生試料 7 試料、化石試料 7 試料を使用して、地球化学的分析を行った (図 1)。

現生耳石はグジャラート州バルーチ (Bharuch) にて 2009.3 と 2008.10 に採取されたもので、一部は現地の呼び名と耳石の形状、酸素同位体比の微細分析からナマズ目 (Siluriformes) ハマギギ科 (Arridae) ハマギギ属 (Ariopsis) のものであると分かった。耳石は樹脂包埋後、岩石カッターを用いて切断し、種々の分析に使用した (図 2)。

耳石の一部はスライドガラスに貼付けて薄片にし、透過顕微鏡による観察を行った。先行研究で報告されているような成長縞が観察され、その成長方向に沿って同位体比分析を行った。また耳石断面を直接歯科ドリルで削り、全体を平均化した同位体分析を行った。なお、同位体分析は酸素 ($\delta^{18}\text{O}$) と炭素 ($\delta^{13}\text{C}$) について質量分析計を用いて行った。また XRD (X-ray Diffraction) 分析についても、フローチャートにしたがって得られた切削片を粉末状にし、方解石含有量を明らかにした。また耳石の一部を用いて AMS (Accelerator Mass Spectrometry: 加速器質量分析) 法により放射性炭素年代を測定した。

3 結果

酸素の同位体は試料間で大きな広がりを見せた (0 から -7%) が、主に 2 つのグループに分けられることが明らかとなった。同位体比の変動要因には、生物源炭酸塩の形成後に、二次的な鉱物生成によるものも考えられるが、今回おこなった XRD の結果は、その可能性を支持しないものであった。つまり同位体比の分布から、ナマズの生息域 (河川および海洋) の違いが明らかとなり、保持する環境情報の特徴が明らかになった。さらに年代については、不連続ではあるが、およそ 10,000 年前から 3,900 年前の試料が得られており、インダス文明と環境変化の関係を議論する上で有用な試料であることが示された。

4 考察および今後の展望

一般に、生物の形成する炭酸塩試料は温度と塩分 (水の酸素同位体比) の指標になると言われている。耳石についても種々の研究がなされており、耳石の酸素同位体を用いた温度換算式が少なからず提唱されている (例えば Patterson *et al.* 1993; Kalish 1991a; Thorrold *et al.* 1997 など)。本研究も同様に酸素同位体比を用いて温度復元を行った。研究対象であるインド北西部の Narmada 川の水の酸素同位体比は季節変動幅が大きく、さらに経年変動も見られる (S. K. Bhattacharya, personal communication)。今回の研究では、季節変動が比較的小さい海水の酸素同位体比を用いて温度復元を行った。それによると現生のナマズ耳石は極めて詳細に (季節変動レベルで) インド北西部の海水温を記録していることが分かった。化石記録についても分析結果から、過去の水温記録を定量的に明らかにできる可能性があり、今後、異なる年代の耳石試料について、化学分析を進めることにより、インダス文明盛衰期をはさむ、過去 10,000 年間

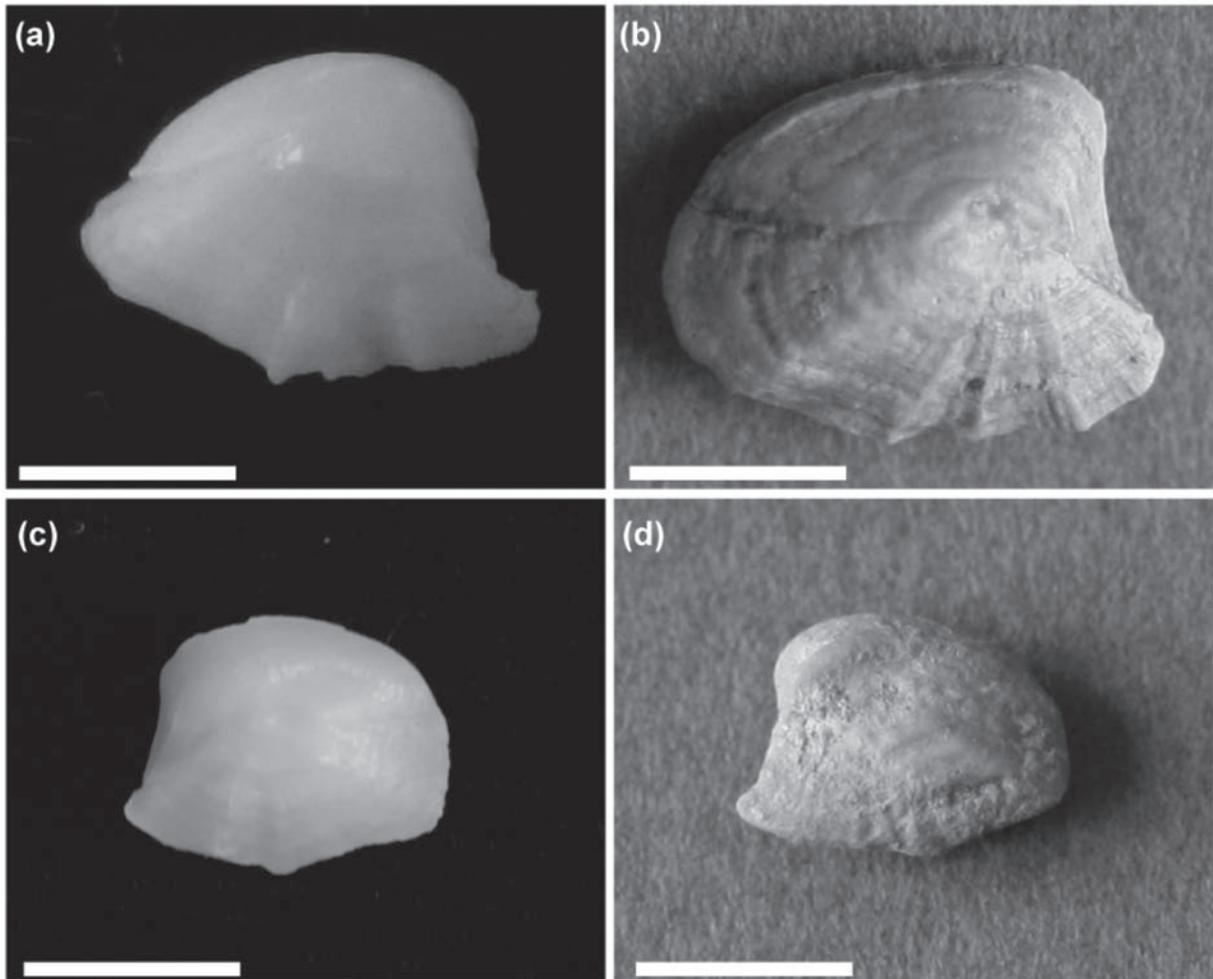


図1 研究に使用した耳石試料の一部の写真

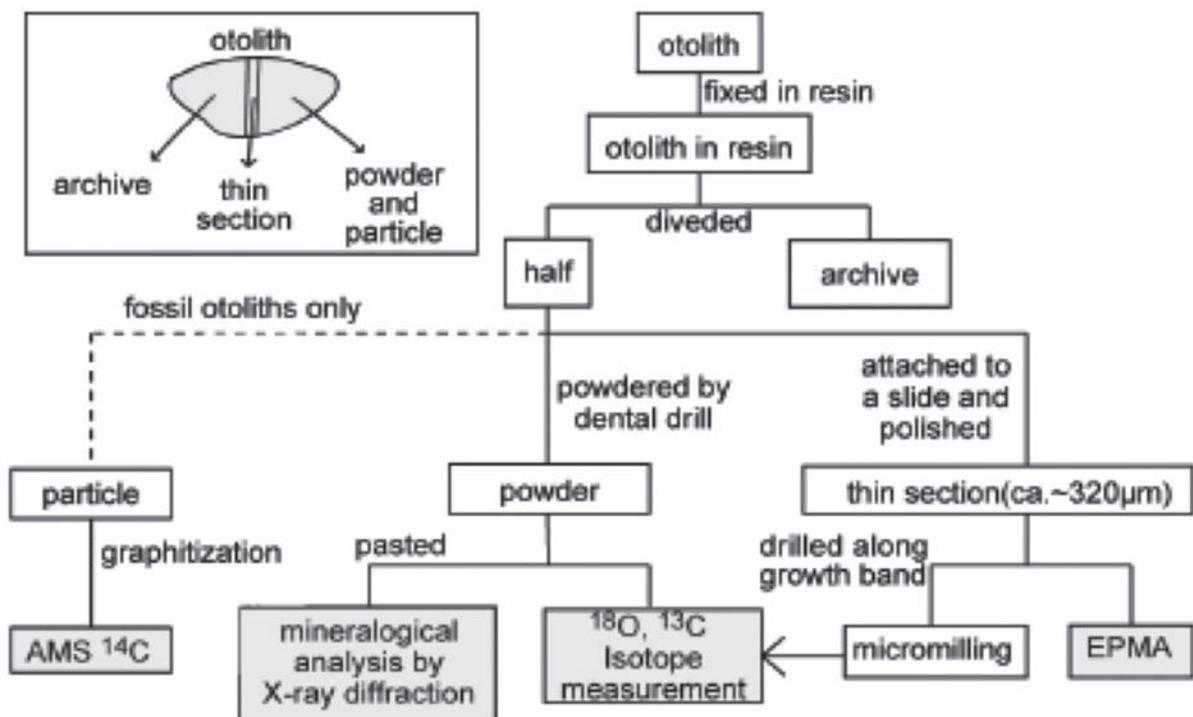


図2 耳石分析のフローチャート

のインド西部域での環境復元を行うことができる。

【引用・参考文献】

Kalish, J. M. (1991a) ^{13}C and ^{18}O isotopic disequilibria in fish otoliths: metabolic and kinetic effects. *Marine Ecology Progress, Ser.* 75: 191-203.

Patterson, W.P., Smith, G.R., Lohmann, K.C. (1993) "Continental paleothermometry and seasonality using the isotopic composition of aragonitic otoliths of freshwater fishes", in Swart, P.K., Lohmann, K.C., McKenzie, J., Savin, S. (eds.) *Climate Change in Continental Isotopic Records*. American Geophysical Union, Washington, D.C. pp.191-215.

Thorrold, S.R., Campana, S.E., Jones, C.M., Swart, P.K. (1997) Factors determining $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ fractionation in aragonitic otoliths of marine fish. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61 (14): 2909-2919.