

X線位相イメージング法の微化石、 特に紡錘虫類の古生態研究への応用の可能性

一田 昌宏
豊橋市自然史博物館

後期古生代（後期石炭紀～ペルム紀末）に繁栄し、古生代末に絶滅した CaCO_3 殻を持つ大型底性有孔虫、紡錘虫類（“フズリナ”）は、熱帯～亜熱帯浅海環境における重要な示準化石であり、当時の二酸化炭素化学種のリザーバである生物礁の最も重要な炭酸塩生産者でもある。すなわち、紡錘虫類の古生態を明らかにすることは、当時の古環境や地球史上最大の古生代末の大量絶滅を理解する上で重要といえる。

化石の古生態学的研究において、岩石中から化石を単離（クリーニングによる剖出）し、その形状や死後にできる表面の傷などを三次元的に観察・記載することは、最も基本的な研究手法の一つである。しかしながら、主に CaCO_3 よりなる石灰岩中に含まれ、 CaCO_3 殻を持つ紡錘虫類は単離も難しく、その研究は岩石薄片を用いた 2 次元データを用いており、ごく一部の研究（例えば、Lepping et al. 2005 など）を除き、殻の三次元的な検討は不可能であった。すなわち、これまでの薄片を基にした研究では、一個体における殻成長の変化、現生の有孔虫にも観察される殻の傷病痕との比較、殻の磨滅度の評価、岩石内での殻配列の検討など、クリーニング可能な化石で一般的に行われている古生態学的検討が制限されている状況であった。

大型動物化石においては多くの X 線 CT を用いた研究がなされてきたが、これらの研究は頁岩中に含まれる CaCO_3 の殻を持つ腕足動物（椎野ほか, 2010）や砂岩に含まれる恐竜の頭骨形状の観察など、化石自体と周辺の岩石の密度差が大きく、観察対象自体も比較的大きなもの（数 mm～数十 cm）であった。一方で、 CaCO_3 の殻を持ち石灰岩に含まれる微化石である紡錘虫類は、殻と周囲の岩石部にほぼ密度差がないこと、殻も数～数十 μm オーダーの構造の集合体であることから、空間分解能の問題等で X 線 CT での実用的な観察は行われてこなかった。しかしながら、 CaCO_3 殻が SiO_2 に交代されるなどの特異な保存状態の紡錘虫類について、X 線位相イメージング法により、石灰岩中に含まれたままの状態での殻の内部構造観察が実用的なレベルで可能になることが近年報告されてきた（例えば、米山他, 2012, Yoneyama et al. 2018 など）。

これらの成果により、 SiO_2 に交代された紡錘虫類の殻のみならず、不純物（生物起源の炭質物やケイ酸塩質砂など）を多く含む石灰岩中の CaCO_3 でできた紡錘虫類殻を X 線位相イメージング法によって観察・検討できる可能性も高いと考えられる。そこで、2020 年 6 月、不純物を多く含む石灰岩に含まれる異形巻き紡錘虫類 *Nipponitella auriculla* Hanzawa を試料とし、九州シンクロトロン光研究センターの BL07 にて位相イメージング法により測定を行ったが、本実験においては紡錘虫殻と周辺岩石の密度差が想定以上に小さかった等の原因により、実用的なデータの取得に至ってはいない。

一方で、同時に実施した蟻酸クリーニングにより石灰岩から単離した SiO_2 に交代された紡錘虫類 3 種（*Hidaella kameii*, *Beedeina lanceolata*, *Pseudostaffella sphaeroidea*）のマイクロ CT による測定では、蟻酸処理時の発泡による殻のダメージも観察されたが、これまで通常のマイクロ CT で観察することのできなかった殻の微細構造（例えば、*diaphanotheca* など）等が観察可能な高精度な殻構造の三次元データを取得することに成功した。

今後、Yoneyama et al. (2018) と同様な殻と周辺岩石のより密度差の大きな試料を位相イメージング法で測定し、マイクロ CT に近い精度かつクリーニング時の破壊がない状態の紡錘虫類殻の三次元データを取得することで、紡錘虫類の古生態の理解が飛躍的に進むことが期待される。