

硫化鉄の鎧をまとう深海底熱水噴出孔巻貝 - カンブリア大爆発との接点

Iron-sulfide biomineralization of a hydrothermal vent snail: Modern analogue for the evolution of Cambrian metazoan skeletons

鈴木 庸平 [1]

Yohey Suzuki[1]

[1] 産総研

[1] GSJ, AIST

インド洋ロドリゲス三重点近傍の深海底熱水噴出孔で黒い鱗で足を覆う巻貝が発見された。鱗状の構造は、カンブリア紀に後生動物が多様化した（カンブリア大爆発）際に出現した原始的な骨格に類似しているばかりか、鱗は骨格材料として前例のない硫化鉄から構成されていた。さらに鱗中の磁性鉱物により磁石に巻貝全体が引きつけられる強い磁性を示す事が明らかになった。発見当初、始源的巻貝の生き残り（生きた化石）ではないかと期待されたが、その期待に反して変哲のない貝蓋を持つ巻貝から比較的最近進化したとする結果が得られた。これは逆に解釈すると通常の巻貝から磁性の鱗を持つ巻貝に変貌を遂げた発生進化学および古生物学の常識を覆す進化である。例えるなら我々人間の足の爪がなくなり、足全体を硫化鉄の鱗で覆われる事に相当する。強い磁性を持つ鱗の進化機構及び生物学的機能の解明を目指し、最先端の科学的知見および手法を駆使して研究を行った。

収束イオンビーム法を用い、厚さ約100 nmの超薄片を作成し、硫化鉄鱗の微細構造を原子レベルの分解能を持つ高分解能透過型電子顕微鏡で観察した。その結果、鱗は三層構造しており、各層には異なる鉱物層の硫化鉄が沈殿し、かつこれまで報告例のないナノスケールの結晶形態をしていた。硫化鉄鱗の磁性に関して、岩石磁性と生物磁性の第一人者のカリフォルニア工科大学のKirschvink教授と共同研究を行った。磁性細菌や帰省生物（鳩、鮭、蜜蜂等）の進化の過程で地磁気を記録する為に最適化した生物磁石と比較して、著しくその性能が劣るため巻貝が磁性を利用している証拠は得られなかった。一方、ナノインデンテーションと呼ばれるサブミクロンスケールの物性強度測定により、これまで知られるどの生体材料より硬く、丈夫である事から防御の機能を果たし、外部骨格として機能している事を明らかにした。鉄および硫黄の安定同位体組成を測定の結果、熱水由来の鉄が、生物学的同化作用もしくは酸化還元反応を経ず、鱗に沈着している事が明らかになった。硫黄同位体組成から、硫化鉄中の硫黄は、鱗の表面に付着する硫酸還元バクテリア起源ではない事が判明した。この巻貝は食性のほとんどを食道付近に発達した器官中に細胞内共生する硫酸酸化細菌に依存する事から、体内で硫黄濃度を制御する能力を硫化鉄鱗の形成にも応用していると推察された。

以上の結果から、細胞内共生が引き金となり、食性の変化による肥大化および捕食圧力の増加により、硫化鉄の鱗状骨格を進化させるに至ったと考えられる。深海底熱水噴出孔巻貝で見られた骨格材料と構造の革新的な進化は、カンブリア紀初期に起こった骨格の進化機構を推定する上で重要なモダンアナログとなりうる。