

地球微生物学者が捉えた生命 - 水 - 鉱物相互作用の実態場 -最新の知見と将来への展望-

Recent progresses and future directions of life-water-mineral interactions

鈴木 庸平 [1]

Yohey Suzuki[1]

[1] 産総研

[1] AIST

地球微生物学は、地球上に存在するエネルギーがどのようにアデノシン三リン酸 (ATP) に変換されデオキシリボ核酸 (DNA) がゲノム単位で複製されるかを解明する学問である。このプロセスが我々人類を含む巨大かつ緻密な生態系を形成・維持し、環境と相互作用しながら地球表層の物質循環に影響を及ぼしている。

鉱物学を専攻した発表者が最初に取り組んだ研究が、ATP を生成する過程で鉱物を沈殿・溶解する微生物である。この微生物作用は鉱床形成や有害金属等による環境汚染およびその浄化と密接に関連している。第二次世界大戦から冷戦時代にかけて核兵器製造を環境保全より優先した結果、欧米でウランによる環境汚染は深刻化しており、微生物を用いた原位浄化手法の研究開発が行われている。発表者は放射光と透過型電子顕微鏡を用いたナノ粒子解析手法と培養・DNA 解析等の微生物学的手法を組み合わせ、自然界において微生物によるウラン鉱物の生成がこれまで考えられてきた微生物が直接的に関与しない過程より卓越しており、環境修復の観点からも原位置で人為的にウラン鉱物の生成を促進できる可能性を世界に先駆けて証明した。また、ナノレベルでの鉱物解析により微生物は粒径が約 1 nm にも満たない結晶を沈殿している事を発見した。現在欧米を中心に Nanogeoscience が盛んに研究されており、発表者が発見した微生物によるウランのナノ粒子生成は中心的な研究課題として取り上げられている。

我が国は最深の有人潜水艇「しんかい 6500」を有し、深海研究において世界をリードしている。深海底熱水噴出域は地球の内部エネルギーを ATP に変換する微生物が一次生産を行う異次元世界である。生態系を構成する化学合成生物は比較的最近細胞内共生した微生物が二酸化炭素固定により生合成した有機物を、真核生物誕生時または初期に、細胞内共生し小器官化した微生物であるミトコンドリアが ATP を生成して、宿主の大型生物が生命活動を営んでいる。硫化鉄の鱗という生物界最高峰の強度を有する骨格に進化した巻貝スケリーフットも化学合成生物であり、チューブワーム等に代表されるように化学合成生物は生命進化の実態場として生命科学のフロンティアである。これまでに知られる化学合成・光合成生物双方ともに、細胞内共生細菌（葉緑体もかつては自由生活様式のシアノバクテリア）は酸素に強いカルビン・ベンソン回路で炭素固定を行う独立栄養細菌であったが、化学合成巻貝であるアルビンガイは酸素に弱い還元的 TCA 回路で炭素固定を行う独立栄養細菌と細胞内共生する事を世界で初めて発見した。この驚くべき生物がどのように新規の細胞内共生システムを獲得し進化したかを明らかにする事は、細胞内共生（植物または藻類）が現在の大气中のほぼ全ての酸素・二酸化炭素を生成・吸収している事実を踏まえれば、地球科学における重要性も事明であろう。

約 80 以下の地下深部では微生物活動が認められ、空間の広がりから莫大なバイオマスが存在すると推定される。しかし、岩石中の空隙や地下水流動による物質供給が微生物活動を制約するため、地下深部における生命 - 水 - 鉱物相互作用の実態場はバリエーションに富む事が予想される。地下深部における生命 - 水 - 鉱物相互作用の実態場を明らかにする手法を開発するために、北関東第三紀堆積岩域において掘削による擾乱を最小限とした無菌脱酸素掘削を実施した。その結果、生物地球化学および微生物生態学的な深度プロファイルを高精度に取得する事に成功した。現在稼働中のライザー掘削船「ちきゅう」、岐阜県瑞浪市と北海道幌延町で建設中の地下実験施設を用いた生命 - 水 - 鉱物相互作用の実態場の研究開発により、今後地質学的時間軸における変動解明や陸海を繋ぐ試みがなされるであろう。

参考文献: 1. Suzuki Y, Banfield JF (1999) Geomicrobiology of uranium. *Rev. Mineral. Geochem.* 38: 393-432. 2. Suzuki Y, et al. (2002) Nanometer-size products of uranium bioreduction. *Nature* 419:134. 3. Suzuki Y et al. (2005) Novel Chemoautotrophic Endosymbiosis in Alviniconcha gastropods. *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 5440-5450. 4. Suzuki Y et al. Sclerite formation in the hydrothermal -vent scaly-foot gastropod. *Earth Planet. Sci. Lett.* 242: 39-50. 5. Suzuki Y et al. (2009) Biogeochemical profiles in deep sedimentary rocks in an inland fore-arc basin, Central Japan. *Chem. Geol.*, in press.