

海底下の地下生物圏：過去と現世のリンクを担う生物地球化学プロセス

A linkage between past and present in deep biosphere: biogeochemical processes in sub-seafloor

高野 淑識^{1*}, 山口 保彦², 大河内 直彦¹

Yoshinori Takano^{1*}, Yasuhiko T. Yamaguchi², Naohiko Ohkouchi¹

¹海洋研究開発機構、海洋極限環境生物圏領域, ²東京大学海洋研究所

¹Institute of Biogeosciences, JAMSTEC, ²Ocean Research Institute, Univ. Tokyo

「地球生物圏」は、どこまで広がり、どのような仕組みで成り立っているのか。どこからが生物ではなく化学（水および火成岩、変成岩、堆積岩）のみが支配する「非生物圏」となるのか。地球深部での事象について、その根源的な問いに答えられる分野の一つが、「地球掘削科学」と位置付けられる。では、具体的に地球掘削科学における地下生物圏の研究で新しい展開を図るには、どのようなアプローチが求められているか。

まず、海底下での生物相密度の大きい地質学的セッティングを概観する。プレート拡大軸や島弧火山列では、プレート拡大速度や形成時期から時間軸が推定できるため、火成活動に伴う熱水のディスチャージおよび熱水鉱床の分布等を照合することによって、母岩中もしくは母岩のベント部に捕獲された地下生物圏を理解することができる。また、プレート収束域の大陸縁辺部や海底下のバイオマスも大きいと見積もられる高一次生産海域では、堆積学的な層序から深度と時間軸、微生物層序を同時に記述できる。全球的な外因性の熱流量を考慮すれば、面的な広がりを持つ、一次生産が集約された堆積相（過去）の厚い海底下が、現世に生きる微生物、特に優勢的に支配するアーキアにとって過去の恩恵を受けやすい環境(e.g., Lipp et al., 2008; Jorgensen and Boetius, 2007)といえる。海底下のアーキアは、培養が難しいことで知られるが(e.g., Teske and Sorensen, 2008)、ニュージャージー沖の海底下1626mから生きている活性を示す微生物の報告(Roussel et al., 2008)があり、層序学的に過去の時間軸上で、現世の原核生物が棲息している最深部の記録とされる。このことは、地下生物圏と古海洋学は、切り離して考えるべき分野ではなく、海底下で現在起きている現象を理解するために、むしろ同じテーブルで議論していく必要性を示している。内因性の熱流量に制限される、スポット的あるいは線的な火成活動に伴うプルーム周辺は、現世の内部エネルギーを起点に、過去からのある時間スケールの中で現世に生きる微生物が恩恵を受ける環境(see Brazelton et al., 2010)と言える。

では、海底堆積物中で生きている微生物は、どのように恩恵を受けているのか。過去と現世のリンクを担う「生物地球化学プロセス(Biogeochemical process)」は、海底堆積物中での微生物の生態を理解する上で重要なポイントとなる。また、「原核生物の生態学(Prokaryotic ecology)」、「生命圏の限界(Limit of life)」も同様に、今後の重要な研究課題となろう。本会では、2009年9月にブレーメンで行われたINVEST (IODP New Ventures in Exploring Scientific Targets)のDeep Biosphereセッションの議論から集約された要点を踏まえて、実際の海底掘削試料を用いた実践的研究を紹介する。

Brazelton, W.J., Ludwig, K.A., Sogin, M.L., Andreishcheva, E.N., Kelley, D.S., Shen, C.-C., Edwards, R.L., Baross, J.A., (2010) Archaea and bacteria with surprising microdiversity show

shifts in dominance over 1,000-year time scales in hydrothermal chimneys. Proceedings of the National Academy of Sciences, in press.

Edwards, K., Bach, W., McCollom, T., (2005) Geomicrobiology in oceanography: microbe-mineral interactions at and below the seafloor. *TRENDS in Microbiology*, 13(9), 449-456.

Jorgensen, B., Boetius, A., (2007) Feast and famine-microbial life in the deep-sea bed. *Nature Reviews: Microbiology*, 5, 770-781.

Lipp, J.S., Morono, Y., Inagaki, F., Hinrichs, K.-U., (2008) Significant contribution of Archaea to extant biomass in marine subsurface sediments. *Nature*, 454, 991-994.

Roussel, E.G., Cambon-Bonavita, M.A., Querellou, J., Cragg, B.A., Webster, G., Prieur, D., Parkes, R.J., (2008) Extending the sub-sea-floor biosphere. *Science*, 320, 1046-1046.

Teske, A., Sorensen, K.B., (2008) Uncultured archaea in deep marine subsurface sediments: have we caught them all? *ISME Journal*, 2, 3-18.

キーワード: 海底下の地下生物圏, 過去と現世のリンク, 生物地球化学プロセス, 原核生物の生態学, 生命圏の限界

Keywords: deep biosphere, linkage between past and present, biogeochemical processes, prokaryotic ecology, limit of life