

DEEP LIFE 海底下生命圏 生命存在の限界はどこにあるのか (ブルーバックス B2231)

稲垣史生 [著]

講談社
発売日：2023年5月18日
定価：1,100円(税別)
ISBN：978-4-06-531933-8
11.2 cm x 17.3 cm x 1.3 cm, 並製
272 ページ

近年、DNA 解読が短時間かつ高精度で行えるようになり、生命科学研究が爆発的に進展した。これにより、これまで生物は存在しないと考えられてきた地球上の様々な極限環境にも、細菌(バクテリア)や古細菌(アーキア)など原核生物が生息することが明らかにされている。この分野は地質学分野とは大きくは関わらない別世界と思っていたが、最近では、掘削コアを用いた DNA 分析なども盛んに行われてきており、既に地球上の細菌と古細菌のおよそ70%が地下に生息しているとの見積もりも出されている。

R/V JOIDES Resolution を用いた国際深海掘削計画(ODP)において、英国ブリストル大学の John Parks 博士たちが、太平洋の海底下500 m以上の5地点で掘られたコアの中に細菌様の粒子を初めて認めた。これを子細にカウントしたところ、海底下数100 mの深度に至っても、1 cm³あたり10⁶⁻⁸細胞の細菌が存在し、この密度は海洋のそれを遙かに上回ることが明らかにされた。彼らの研究成果が Nature 誌に発表されたのは1994年のことであり(Parkes *et al.*, 1994)、それ以降の統合国際深海掘削計画(IODP)では、海底下生命圏研究が科学目標の1つとして掲げられるようになった。

海底下深部の掘削コアから抽出された古細菌(アーキア)には、数千万歳を超えて生き続けているものも知られている。メタン、水素や硫酸からエネルギーを得られるものや、120℃以上の熱水環境、海底下2000 mの高圧下で



も生きることができるものもいるという。このような極限環境下において、微生物たちはどのように生き続けているのか？彼らの生命限界はどこにあるのか？この新書では、海底下の世界から「生命とは何か？」という素朴な疑問を出発点として、これまで行われてきた「海底下生命圏科学掘削調査」の成果を例として、地球生命システムという新しいサイエンスフロンティアの研究の進展を解りやすく解説している。

著者である稲垣史生博士は、元々農学分野出身であり、専門は地球微生物学と自称されている。九州大学大学院在籍時に上述した John Parks 博士たちの研究論文に感銘を受け、地球生命研究の難問にチャレンジしたそうである。彼はその後もさまざまな「海底下生命圏科学掘削調査」に参加し、さらに海洋研究開発機構(JAMSTEC)入所後も、高知コアセンター内に地下生命圏研究グループと地殻内微生物研究に特化した国際レベルのバイオ実験室を立ち上げた。これと同時に、IODPの掘削プロポーザルの立案や研究オルガナイザーを担当しながら、極限環境に生きる微生物研究をリードしてきた我が国における第一人者の一人である。

彼は、2002年にペルー沖と東太平洋赤道域で行われた R/V JOIDES Resolution による世界初の海底下生命圏掘削調査航海(ODP 第201次航海)に初めて参加し、それ以降、世界の海底下生命圏の実体を次々と明らかにしてきた。

この新書では、その後の研究過程が時系列的に紹介されている。陸域から最も離れているため、海水の透明度が高く、表層の基礎生産量が極めて低いため堆積物が薄い南太平洋環流域 (IODP 第 329 次研究航海「南太平洋環流域海底下生命掘削調査」)、厚い夾炭層が海底下に眠る下北八戸沖 (IODP 第 337 次研究航海「下北八戸沖石炭層生命圏掘削調査」)、そして、温度の影響を明らかにすることで海底下生命圏の限界を明確化することを目標として掲げた高知県室戸沖 (IODP 第 370 次研究航海「室戸沖限界生命圏掘削調査 (T-リミット)」) へと展開していく。つまり稲垣博士は、掘削航海に参加する度に、新たな海底下生命圏の知識を更新してきた凄腕の研究者なのである。これらの掘削航海の中で、特に、R/V CHIKYU のライザー掘削を用いた IODP 第 337 次研究航海「下北八戸沖石炭層生命圏掘削」の成果として、世界記録である海底下 2466 m までの堆積物コアを回収したことは、記憶に新しい。さらに驚くことに、回収された海底下約 2 km の夾炭層コアのサンプルから、メタン生成を行う生きた微生物群集が発見されたのである (Inagaki *et al.*, 2015)。

稲垣博士たちが、これまで明らかにしてきたことは、それぞれの極限環境に適応した微生物が作りあげた未知の生態系である。生命の居住可能性 (ハビタリティ) は常に想定を超えて深く、そして豊かな遺伝的多様性を持ち、さらには地球を構成する物質循環にも関わっているという。

本書の目次は、以下の通りである。

プロローグ 海底下の世界によろこそ!

第 1 章 海底下の住人はだれ?—世界初の海底下生命圏掘削調査

コラム 1 海洋フロンティア開拓の歴史

第 2 章 1 億年以上前から生きている!—南太平洋環流域海底下生命探査

コラム 2 紺碧の海とゴミパッチ問題

第 3 章 生命存在の限界を探る—下北八戸沖石炭層生命圏探査

コラム 3 海底エネルギー資源と微生物

第 4 章 生命の温度限界に挑む—室戸沖温度限界生命圏探査 (T-リミット)

コラム 4 海底下生命圏を紡ぐ蜘蛛の糸

第 5 章 海底下生命圏とは何か

コラム 5 世にも奇妙な冥界の主と常識外れな地下生命体

第 6 章 まだ見ぬ先へ—海洋・地球・生命フロンティア科学の挑戦

コラム 6 特別寄稿—平朝彦「知球好子さんのその後」
エピローグ 地球—人間システムの未来に向けて

現在、地球全体の海底下に生息する微生物の数は、 2.9×10^{29} 個と推定され、この数字は、この宇宙で確認されている恒星の数の 1 万倍以上であるとされる。海底は複数の層からなり、海底面上に浮遊するマリンスノー、遠洋性泥岩やチャートなどからなる堆積岩層、玄武岩からなる海洋地殻、モホ面を介してその下位がかんらん岩からなるマントルである。我が国が世界に誇る R/V CHIKYU は、水深 2500 m の深海底において、そこからさらに 7000 m の掘削が可能なスペックを保持する。したがって、理論的にはいずれ我々はマントルから直接掘削試料を採取することが可能な筈である。この新書でも、現在ハワイ東方沖で企画されている“海洋地殻を掘り抜きモホ面を貫通し、マントル到達を目指す MoHole to Mantle (M2M)” という掘削計画が紹介されている。この場合、海洋地殻の表層まで微生物が生存することが既に判明しているが、海洋地殻下部、さらに高温高圧下であるマントルの中にも微生物はいるのか? この新書では、“将来は、マントルまで掘削して、海底下生命圏のハビタブルゾーンを全て解明する……” という稲垣博士の壮大な夢が語られている。我が国の誇る R/V CHIKYU を用いたハワイ東方沖掘削プロジェクトの実施が、今から待ち遠しく思える。

私がこの新書を読んで興味深く思ったことの 1 つは、海底下生命圏の微生物は、たいへんエコで質素な生活をおくっており、長期生存のスペシャリストである点である。我々陸上に住む人間の視点からすると、地下は光の届かない闇の世界で、生育に必要なエネルギー供給に乏しく、なおかつ、堅い鉱物に囲まれて身動きがとれない超極限的なストレス環境ということになる。逆に海底下生命圏の微生物側の視点から見ると、地表の世界はエネルギーをめぐる熾烈な競争と自然淘汰が繰り返される競争世界であり、そのためほとんどの生物は短命で、日々穏やかでない極限的なストレス環境だということになる。例えば、我々の持つ人間関係は心身共にキツキツなストレス環境であり、生物としての人間の寿命も 100 歳前後が限界となってくる。海底下深部の微生物たちは、我々と比べて遙かにエコで質素な日々を過ごしているらしい。それは超スローライフであり、これは究極のサステナブル・エコシステム (持続可能な生態系) と言えるかも知れない。

もちろん私の学生時代には、地下深くの光の到達しない無酸素環境下に、生命がいることを教わることは無かつ



た。しかし、現代では、そこに膨大な数の微生物が暮らしていることが立証されている。いつからそこにいるのか？なぜそこにいるのか？それらは何者で、どうやって生きているのか？そして、生命限界とは何か？研究者の飽くなき探究心と情熱、R/V JOIDES Resolution や R/V CHIKYU の船上ラボにいるような臨場感や高揚感が文章から伝わってくる。この先も海底下生命圏科学の研究が発展し続ければ、地球の極限環境生命圏の解明に留まらず、なぜ地球に生命が誕生したのか？そして稲垣博士たちは、地球外生命体は存在するのか？といった地球惑星科学分野における最大の難問に対して、新しい知見をもたらしてくれることだろう。ちなみに私が思うに、地球の全ての生物の起源は、海域ではなく地下深部であった可能性もあり得るし、これほどの遺伝的多様性と生命力を保持するならば、マグマオーシャンであった冥王代以降の地球に、隕石に乗って飛来した地球外生命体そのものなのかも知れない、などと勝手に空想している。

この新書は全文を通して解りやすく優しい語り口で書かれており、白黒版ながら図面や写真も多く、巻頭には2ページ分のカラーグラビアが掲載されているので、おそらく中学生や高校生でも十分読破できると思う。ぜひGSJ地質ニュースの読者の皆さまにも、海底下深部の微生物たちの営む超スローライフと究極のサステナブル・エコシステムを学んだうえで、“今後我々人類が本気でサステナブルな社会を営むには、何が必要で何が不要なのか？”，ぜひこの機会にご一考頂ければ幸甚である。

文 献

Inagaki, F., Hinrichs, K.-U., Kubo, Y., Bowles, M. W., Heuer, V. B., Hong, W.-L., Hoshino, T., Ijiri, A., Imachi, H., Ito, M., Kaneko, M., Lever, M. A., Lin, Y.-S., Methé, B. A., Morita, S., Morono, Y., Tanikawa, W., Bihan, M., Bowden, S. A., Elvert, M., Glombitza, C., Gross, D., Harrington, G. J., Hori, T., Li, K., Limmer, D., Liu, C.-H., Murayama, M., Ohkouchi, N., Ono, S., Park, Y.-S., Phillips, S. C., Prieto-Mollar, X., Purkey, M., Riedinger, N., Sanada, Y., Sauvage, J., Snyder, G., Susilawati, R., Takano, Y., Tasumi, E., Terada, T., Tomaru, H., Trembath-Reichert, E., Wang, D. T. and Yamada, Y. (2015) Exploring deep microbial life in coal-bearing sediment down to ~2.5 km below the ocean floor. *Science*, **349**, 420-424.

Parkes, R. J., Cragg, B. A., Bale, S. J., Getliff, J. M., Goodman, K., Rochelle, P. A., Fry, J. C., Weightman, A. J. and Harvey, S. M. (1994) Deep bacterial biosphere in Pacific Ocean sediments. *Nature*, **371**, 410-413.

(産総研 地質調査総合センター 地質情報基盤センター
／ふじのくに地球環境史ミュージアム 七山 太)