

平成 30 年度廣川研究助成事業報告 (3)

油ガス田に生育する新規微生物群の生態解明に関する 国際共同研究に向けた事前協議

持丸 華子¹⁾

1. はじめに

平成 30 年度廣川研究助成事業により、2019 年 3 月 26 日から 31 日まで、アメリカ合衆国、ハワイ州オアフ島ハワイ大学の施設であるハワイ海洋生物研究所 (the Hawaii Institute of Marine Biology, HIMB) の Michael S. Rappé 教授のもとを訪問しました。滞在期間中に、新たな予算の獲得を視野に入れた、新規の国際共同研究に向けた打合せを行いました。また、筆者を含め、子供がいる日本の女性研究者にとって、在外研究は心理的にも物理的にもハードルが高いです。そこで、現地で勤務する日本人女性研究者とも懇談し、海外生活の情報収集を行いました。本稿ではそれらの内容についてご報告いたします。

2. 訪問の背景・目的

これまでに筆者らは、微生物由来のメタンガスを産出する油ガス田の成因解明、増産技術開発を目指し、原油や堆積有機物からの微生物によるメタン生成メカニズムの解明を目的として研究を行ってきました。今回の筆者の国際共同研究および在外研究の主な目的は、これまでに培った培養技術と海外の試料を用いて、油田にも存在する系統の新たな微生物を分離培養することにより、新しい機能とその生態を解明することにあります。

世界の天然ガス資源の約 20% は微生物により生産されたと推定されています (Katz, 2011)。その中でも、現在筆者は微生物起源のメタンが多く存在する複数の油田やガス田を研究対象としています。そのような地上から隔絶された天然ガス貯留層中には、100 万年以上前に堆積した有機物が存在しています。堆積物中で有機物は重縮合を繰り返し巨大な分子量を持つ難分解性の有機物に変化していると考えられており、メタンの元となる根源有機物の種類やそれを分解する微生物については明らかではありません。筆者らはこのような堆積有機物であっても全有機炭素

の 18% が分解されメタンが生成することを明らかにしました (Yoshioka *et al.*, 2015)。このことから地下には微生物に利用されうる有機物が存在し、今でもメタン生成が継続している可能性が示唆されます。これまでに、このような地下深部試料に存在する微生物の遺伝子解析を行ってきましたが、そのほとんどは分離培養および性質決定がなされていない未培養微生物でした。そのため、その生態解明のためには、まず未知微生物の分離培養が必要です。筆者はこれまでに、様々な微生物の分離培養を行っており、その結果分離したメタン生成菌が直接石炭からメタンを生成できるという新しい機能を発見しました (Mayumi *et al.*, 2016)。メタン生成菌は、水素-二酸化炭素、酢酸、メタノールなどのメチル化合物などから、メタンをつくるのがこれまでに知られていました。これらは、嫌気環境における有機物分解の最も低分子の有機物であり、メタン生成菌は有機物分解過程の最終分者であると考えられてきました。しかし、筆者が行った菌の分離と培養実験により、メトキシ芳香族化合物という大きな分子、さらにはそれを含む石炭からメタンが生成できるという、培養無しでは誰も考えもしなかったことが明らかとなりました。

3. 訪問研究室の検討

およそ一週間弱の渡航費の助成をいただくにあたり、筆者および共同研究者が行っている研究とは異なる研究内容の、新たな飛躍のある研究室を選ぼうと、論文および世界各地の研究室のホームページを日夜検索し、訪問先を検討しました。未知微生物の探索に情熱を持つ研究室で、培養および遺伝子解析を行う設備を持ち、良質な微生物試料採取ができる場所という視点で探すと、唯一無二の最高の研究室が見つかりました。それが今回訪問した、Michael S. Rappé 教授の研究室です。Rappé 博士が執筆された環境中で多数を占める未培養の微生物についての緻密なレビュー論文は、引用数 1,900 件を超える業界のバイブル

1) 産総研 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門

キーワード：廣川研究助成事業、油ガス田、地下深部、微生物、海水



第1図 オアフ島におけるハワイ海洋生物研究所の位置図

のような存在です (Rappé and Giovannoni, 2003)。現在も海洋や地下深部流体で大多数を占める未知微生物について精力的に研究され、研究室にはポストドクや学生が多数所属しています。このような著名な先生には日に何通も就職や面会希望のメールが来るとのことですので、メールを開いて頂けるか心配でしたが、幸運にも研究室の見学と共同研究の打合せについてご快諾いただき、今回の訪問が実現しました。

4. 訪問の内容

ハワイ海洋生物研究所 (HIMB) はオアフ島のハワイ大学マノア校から車で30分ほどのカネオヘ湾に浮かぶココナッツアイランドにあります (第1図)。この島は現在28エーカー (東京ドーム約2.4個分) ありますが、人の手で倍以上に面積を拡大した人工的な島です。1930年以前は

羊飼いや地元の漁師の拠点として使われていました。その後、ツナ缶工場のオーナーに買い取られ、私的な楽園として映画館、ボーリング場、射的場、動物園が作られたこともありました。日本人を含む何人もの手を経て、最終的に島は全てハワイ海洋生物研究所の施設となりました。昔の建物は研究施設へと作り変えられ、もともとは象の小屋だったというユニークな歴史のある棟もあります。一般の方は、特別な見学の機会でないとう島には上陸できません。研究者は毎日小さなボートでこの島に通勤します (写真1)。栈橋近くの駐車場は台数が少なく、満車になると、少し離れたショッピングモールの一面に駐車して、船の運転手さんが運転するシャトルバンに乗って船着場に行かなくてはなりません。シャトルバンも船も決まった運航時間はなく、朝と夕方は随時運航、それ以外は必要ときは運転手さんに電話で連絡するというシステムとなっています (HIMB, <http://www.himb.hawaii.edu>: 2019年5月7日確認)。

訪問の朝はUberという配車アプリで手配したタクシーのような送迎車で栈橋付近のハワイ海洋生物研究所のゲートのところまで向かいました。美しい青い海に緑豊かな島が浮かんでいました (写真1)。栈橋へと続く坂道を数人の方が歩いて船乗り場に向かわれていました。約束の時間よりも少し早かったのですが、タイミングを逃したら大変だと思い、とりあえずついて行きました。すると、すぐに島からボートが栈橋へ向かって来ました。ボートの運転手の方にRappé博士のところに訪問する予定なのだけれど、乗せていただけるか伺ったところ、乗船されていた別の方が「彼のラボを知っているから連れて行ってあげるよ」と陽気に応えてくださいました。海洋哺乳類研究プログラムのディレクターをされているPaul E. Nachtigall博士でした。島に着くと、船着場から研究棟までNachtigall博士が運



写真1 ハワイ海洋生物研究所のあるココナッツアイランドと島への移動用ボート

転する電動カートに乗せていただきました。カートの天井にはクジラの写真が付けられていて、このクジラと博士とのエピソードを聴かせていただきました(写真2)。また、Nachtigall 博士は日本に何度も訪問されていて、日本の方は皆親切で、食べ物も美味しく、日本への旅がとても好きだと仰っていました。初めての海外の研究室訪問でとても緊張していましたので、Nachtigall 博士の優しさが本当に有り難かったです。そして、Rappé 博士の研究室に着きドアを開けていただくと、Rappé 博士とポストドクの Kelle Freel 博士が、どうやって来たの! ? と目を丸くして迎えてくださいました。このときの皆の満面の笑みが今回の渡航で一番印象に残っています。親切な Nachtigall 博士には心から感謝しています。



写真2 Nachtigall 博士と移動用の電動カート（天井からクジラの写真が吊り下げられている）



写真3 島内の調査船係留所にて Rappé 博士（右）と筆者（左）

研究室でまずコーヒーを頂き、実験室内を見学しました。在外研究時に必要な機器があるか、1つ1つ確認しました。驚いたことに筆者が愛用している嫌気チャンバー（酸素に触れないように試料を扱う装置）と同じ機器が研究室にあり、設備は予想以上に完璧でした。その後、棟の外に出て、島にある設備を丁寧に全て案内してくださいました(写真3)。ワークショップが行えるような広い施設、宿泊できる様々なタイプの施設、海水を引き込んだ実験水槽、サメの池、研究のためにレンタルできる様々なタイプの船、近々引越し予定の工事の実験棟(写真4)などを見学しました。その後、ミーティングスペースで共同研究に向けての打合せを行いました。Rappé 博士からは、海の微生物を人工海水(代表的な海水の成分を試薬で混ぜて作る合成海水)ではなく、本物の海水を用いて培養することの有効性について具体例を教えてください、この施設の最大の強みを認識しました。また、様々な調査船(写真3, 4)を借りることができ、沿岸域試料も遠洋相当の試料もすぐに採取できるということが、太平洋に浮かぶこの島ならではの環境と設備の利点であると説明を受けました。これらのことから筆者のような新種の微生物の獲得(単離培養)を目指す微生物ハンターにとって、最高の研究環境であると確信しました。さらに、共同研究内容について具体的に話し合いました。Rappé 博士の研究室で培養している微生物は少なからず酸素を必要とするものですが、筆者が培養するのは酸素を取り除いてはじめて培養できる微生物です。そのため、共同で同じ試料を対象にする場合、多角的なアプローチが可能となり、共同研究の相乗効果が明らかであることが確認できました。そして筆者からは、これまでに培養に成功した複数の新規油層微生物について示しました。そのうちの二つの系統は、広く海洋に存在している未培養の系統に近縁のものであったため、培養方法に大



写真4 Rappé 博士の研究室が入る予定の工事の実験棟と様々な大きさの調査船

変興味を持っていただきました。すぐに国際共同研究および在外研究の話はまとまり、お互いに新たな予算獲得を目指すことになり、渡航の目的を十分に果たすことができました。

一方で、1つ不安なことがあったので、確認しました。雨の日の通勤はどうなってしまうのでしょうか？その答えは、レインコートを着てノートパソコンが濡れないように必死に抱き抱えてボートに乗るとのことでした。よく雨が降るのであちこちの棟にレインコートを置いているそうです。自然がとても美しいところですが、風雨の強い時には想像を遥かに超えてワイルドな職場であることもわかりました。今回傘は持っていましたが、レインコートなど思いもよらなかったもので、天候の良いときに初めての訪問ができて本当に良かったと思いました。

5. 現地での情報収集

HIMBの次は、ハワイ大学マノア校の School of Ocean and Earth Science and Technology (SOEST)に行きました(写真5)。ここでは、現在、在外研究中の地質情報研究部門海洋環境地質研究グループの山岡香子博士にご紹介いただき、ハワイ大学マノア校で長期に渡って研究されている八田真理子博士と懇談しました。山岡博士は母子海外赴任の先駆者です。身近なロールモデルとして、小さな子連れでも海外赴任できるという勇気をいただいています。筆者も母子海外赴任を予定しているので、赴任までに必要な様々な情報をいただきました。また、八田博士からはハワイ大学における予算獲得と教授や学生の給与システム、研究室の構成やそれぞれの立場のマインドなど、経験者ならではの貴重な情報をお伺いしました。



写真5 ハワイ大学マノア校のキャンパス内の様子

6. おわりに

今回の渡航では、これまでの所属学会では出会うことが出来なかった研究者と新しく関係を築くことが出来、お互い新たな予算提案のための準備ができました。現地を訪問して直接研究設備が確認できたのはもちろんですが、何より研究員とお会いして研究や私生活のことなど様々な話ができただことで、信頼関係が築けたことが渡航ならではの大きな成果でした。さらに、在外研究経験者および現地での研究生活の長い日本人研究者から、在外研究・海外生活のために必要な様々な情報を得ることが出来、大変有意義な渡航となりました。

謝辞：渡航に際しては旧地質調査所OBである廣川治氏のご遺族から地質調査総合センターへ頂いた寄付金をもとに設置された廣川研究助成金の一部を使用させていただきました。所属学会とも既存の研究とも離れた新たな関係性を築くことが出来たのも、本助成金だからこそと、関係者の皆さまに心より御礼申し上げます。

文献

- Katz, B.J. (2011) Microbial processes and natural gas accumulations. *The Open Geology Journal*, 5, 75–83.
- Mayumi D., Mochimaru H., Tamaki H., Yamamoto K., Yoshioka H., Suzuki Y., Kamagata Y. and Sakata S. (2016) Methane production from coal by a single methanogen. *Science*, 354, 222–225.
- Rappé M.S. and Giovannoni S.J. (2003) The uncultured microbial majority. *Annual Reviews in Microbiology*, 57, 369–394.
- Yoshioka H., Mochimaru H., Sakata S., Takeda H. and Yoshida S. (2015) Methane production potential of subsurface microbes in Pleistocene sediments from a natural gas field of the dissolved-in-water type, central Japan. *Chemical Geology*, 419, 92–101.

MOCHIMARU Hanako (2019) Report of the Hirokawa Research Fund in the 2018 fiscal year: a visit for future collaborative research on elucidation of ecology of new microbial communities growing in oil fields and the ocean.

(受付：2019年5月30日)