

# Microbial lipids in artificial and natural hydrothermal chimneys of the Iheya North field, Okinawa Trough

宝来, 俊育

<https://hdl.handle.net/2324/6787418>

---

出版情報 : Kyushu University, 2022, 博士 (理学) , 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :



|        |                                                                                                                                                       |        |     |          |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|----------|
| 氏 名    | 宝来 俊育                                                                                                                                                 |        |     |          |
| 論 文 名  | Microbial lipids in artificial and natural hydrothermal chimneys of the Iheya North field, Okinawa Trough (沖縄トラフの伊平屋北フィールドにおける人工および天然の熱水チムニー中の微生物膜脂質) |        |     |          |
| 論文調査委員 | 主 査                                                                                                                                                   | 九州大学   | 教 授 | 氏名 奈良岡 浩 |
|        | 副 査                                                                                                                                                   | 九州大学   | 准教授 | 氏名 山内 敬明 |
|        | 副 査                                                                                                                                                   | 東京海洋大学 | 教 授 | 氏名 山中 寿朗 |

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究・宝来俊育氏は深海底熱水噴出孔での微生物生態系について、科学掘削後に形成された人工チムニー試料を有機地球化学的分析手法によって解析し、アーキアおよびバクテリア微生物群集の発達状況を研究した。

深海の熱水噴出孔周辺には豊富な生態系が存在する場合がある。その生態系の一次生産者は光エネルギーによらない化学合成微生物であり、火成活動に伴う熱水からもたらされる化学物質に依存している。熱水噴出域に存在するチムニーに生息する微生物に関する研究は多く行われているが、チムニー形成過程に伴う微生物生態系の発達についてはよくわかっていない。それはチムニーの初期形成過程やその時系列を連続的に観察し、サンプリングすることが難しいためである。

2010 年 9 月に沖縄トラフの伊平屋北海丘の熱水域において、統合国際深海掘削計画(IODP)の第 331 次航海による科学掘削が実施された。熱水マウンドの頂上と斜面の 2 つの掘削孔(Hole C0016A, Hole C0016B) で硫化鉱物に富むチムニー(人工チムニー)の急成長が観察された。新たに形成されたチムニーでの微生物群集形成はあまり理解されていないが、他の数例の現場培養研究では比較的短期間(<14 日)での微生物群集の定着が示された。しかし、この IODP 掘削後 11 ヶ月および 18 ヶ月経過した人工チムニーには検出可能な微生物群集は未発達であった。人工チムニーの急成長は掘削で生じた膨大な熱水流量と海水との緩やかな混合により促進され、その噴出熱水は CO<sub>2</sub> や H<sub>2</sub> などの揮発性成分に枯渇した化学組成をもつことが報告された。そのため、人工チムニーの微生物群集の発達は特異な形成過程と熱水化学組成により律速されたのではないかと推測した。本研究では、人工チムニーの微生物群集組成とバイオマスを明らかにし、その発達履歴の解明を目的とした。

宝来俊育氏は IODP 掘削 8 年後の 2018 年に採取した人工チムニー(AC-C0016A, AC-C0016B)、および同じ熱水域の 2 つの天然チムニー(NC-HSC, NC-HRV)、さらに参考試料として同海域の海底に沈殿した硫化鉱物(RF-SO)と変質堆積物(RF-AS)の合計 6 試料を用いて有機地球化学的分析を行った。アーキアおよびバクテリアの微生物群集組成と発達履歴は、生きた微生物の指標となる極性膜脂質(IPLs)と過去の微生物の遺骸として残存するコア脂質(CLs)のバイオマーカー分布に基づいて解析した。これら脂質バイオマーカー分析には本論文で開発した一度の測定で試料中の IPLs と CLs の同時分析可能な順相高速液体クロマトグラフ/高分解質量分析計による一斉分析法を応用した。また、全有機炭素(TOC)および全窒素(TN)の元素分析と有機炭素の同位体比分析から有機物の起源とバイオマスを推定した。これらの分析結果と鉱物組成やチムニーの観察の情報を統合し、人

工チムニーの微生物群集の発達状況について天然チムニーと比較検討した。

その結果、人工チムニーAC-C0016A と AC-C0016B の IPLs と CLs の分布は明確に異なるが、それぞれ、天然チムニーNC-HSC と NC-HRV とは共通性が認められた。熱水環境での CLs の変質挙動の知見はほとんどないが、CLs は過去の微生物群集と最近死滅した細胞の両方に由来する可能性があり、その組成は群集組成の変化や環境適応のための膜脂質組成の変化に加え、生分解や続成分解などの過程を経た結果を反映すると考えられる。従って、2つの人工チムニーには互いに異なる微生物群集が発達したが、同熱水域の天然チムニーとは共通した群集組成をもち、同様の群集構造変動や脂質の変質過程を経たと考えられる。

人工チムニーの TOC と TN 濃度、TOC/TN 比、TOC の炭素同位体比はいずれも天然チムニーの値の同じ範囲内であったが、参考試料とは明瞭に異なっていた。そのため、人工チムニーの有機物の起源は天然チムニーと共通しており、参考試料とは明確に異なると考えられる。人工チムニーと自然チムニーの TN と TOC の濃度が強い正の相関を示し、TOC/TN 比(約 5.5)が微生物細胞の範囲(4-7)内であるため、これらの有機物が主に微生物細胞由来であると結論した。そこで人工と天然チムニーにおけるバイオマスに TOC と TN 濃度を使って、天然の好熱性微生物群集から得られている細胞炭素窒素含有量を用いて細胞数に換算して推定した。南部マリアナトラフ(SMT)のチムニーから報告された TOC と TN 濃度も同様に細胞数に換算し、同研究で 16S rRNA 遺伝子のコピー数から推定された全菌数と比較した。その結果、人工と天然チムニーのバイオマスはそれぞれ、約  $10^8$  cells/g, 約  $10^7$ - $10^8$  cells/g と見積もられ、SMT チムニーにおける遺伝子のコピー数による全菌数とほぼ一致する値が得られた。

Hole C0016A は裸孔であることと海底下熱水流路が浅いため、高温であったと推測される。一方、Hole C0016B はケーシングパイプが挿入されており、チムニーが水平方向に成長していたことから、パイプ内が熱水沈殿物で詰まるにつれて熱水の流れが拡散し、比較的低温になっていたと推測される。この違いは AC-C0016A と NC-HSC は硫化鉱物のみで構成され、AC-C0016A と NC-HRV はそれぞれ炭酸塩鉱物と硫酸塩鉱物を含む鉱物学的特徴からも海水流入は示された。以上のことから人工チムニーは特異な形成過程と熱水化学組成を持つが、掘削後約 8 年以内に同熱水域の天然チムニーと量および質ともにほぼ変わらない微生物群集が発達し、その発達には熱水流路構造とそれに伴う熱水噴出様式が密接に関係することを示した。

以上の結果、本研究者は今まで理解されていなかった深海熱水チムニーにおける微生物群集の発達過程におけるタイムスケールの 1 例とそれを支配する環境因子の新しい知見を提示した。また、本研究の成果は海底熱水鉱床の開発に伴う微生物生態系への影響の理解にも貢献するものである。よって、本研究者は博士（理学）の学位を受ける資格があるものと認める。