

微生物分子温度計による地下圏微生物の探索

Detection of the subsurface hot biosphere by microbial molecular thermometer (MMT)

木村 浩之 [1]; 山中 寿朗 [2]; 石橋 純一郎 [3]; 花田 智 [4]

Hiroyuki Kimura[1]; Toshiro Yamanaka[2]; Junichiro Ishibashi[3]; Satoshi Hanada[4]

[1] 静岡大・理・地球; [2] 岡大院・自然; [3] 九大・理・地球惑星; [4] 産総研 生物遺伝子資源

[1] Institute of Geoscience, Shizuoka University; [2] Fac. Sci., Okayama Univ.; [3] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ; [4] Natl. Inst. of Adv. Ind. Sci. & Tech. (AIST)

<http://www.ipc.shizuoka.ac.jp/~shkimur/index.html>

海底熱水噴出域および陸上温泉域には、数 から数百 までの地熱温度勾配が存在する。好冷細菌（15 以下の至適生育温度を有する）、中温細菌（15 - 45 の至適生育温度を有する）、好熱細菌（45 以上の至適生育温度を有する）、超好熱細菌（80 以上の至適生育温度を有する）といった多様な原核生物（バクテリアおよびアーキア）にとって、このような地熱温度勾配は、その活性や生息域を決定する重要な環境ファクターといえる。これまで、多くの研究者が海底熱水域や陸上温泉域の熱水中に含まれる原核生物を対象とした微生物研究を行い、それらの系統、生理、代謝に関する知見を得てきた。しかし、熱水中に含まれる原核生物は、海底面や地表面付近の低温環境に由来するのか？それとも、熱水域直下の高温地下環境に由来するのか？といった熱水中の原核生物の真の生息域を解明することを目的とした研究はほとんど行われてきていない。

本研究では、伊豆・小笠原島弧の水曜海山、南部マリアナ海域、鹿児島湾若尊火口域、長野県北アルプス中房温泉において様々な温度の熱水および温泉水を採取し、そこに含まれる原核生物、特に、アーキアに由来するリボソーム RNA 遺伝子の解析を行った。次に、リボソーム RNA 遺伝子のグアニン+シトシンの割合（G+C 含量）が、原核生物の生育温度（最低生育温度、至適生育温度、最高生育温度）と非常によい相関を持つという特性に着目した「微生物分子温度計：Microbial Molecular Thermometer (MMT)」を用いて、熱水中のアーキア群集の最低生育温度、至適生育温度、最高生育温度をそれぞれ推定した。さらに、現場の熱水温度とアーキアの各種生育温度を比較することにより、熱水および温泉水の温度よりも遠い高い生育温度を有する原核生物を地下の高温環境に由来する地下圏微生物と判断した。

一連の研究により、海底熱水噴出域の熱水および陸上温泉域の温泉水中には超好熱アーキアに由来する G+C 含量の高い 16S rRNA 遺伝子が多数検出された。特に、水曜海山の熱水域にて採取した 40 の低温熱水中においては、85 以上の生育温度を有すると推測される超好熱アーキアが含まれていた。この超好熱アーキアの生育温度は現場の熱水温度を 45 以上も上回っていたことから、これらの超好熱アーキアは本熱水域地下の高温環境に由来するものと考えられる。また、Kinoshita *et al.* (2006) によって水曜海山カルデラ底の地熱温度勾配が測定されており、本熱水噴出域の地下の温度勾配は 1~5 /m と報告されている。本温度勾配データをもとに超好熱アーキアの地下環境での深度分布を推定したところ、海底下 9 m から 45 m に生息域を有する可能性が高いことが示唆された。一方、長野県北アルプス中房温泉の 74

の温泉水からも、G+C 含量の高い 16S rRNA 遺伝子を有する超好熱アーキアが検出された。これらの 16S rRNA 遺伝子の G+C 含量から推定される生息温度は 90 以上であり、現場の泉温を 20 も上回る生息温度を有する超好熱アーキアの存在が明らかとなった。中房温泉の地下の地熱温度勾配は測定していないためアーキア群集の詳細な深度分布を推定することはできないが、これらの超好熱アーキアは高温の地下環境に由来するものと考えられる。

【地球掘削科学における微生物分子温度計の意義】

現在、日米のイコールパートナーシップにより推進されている統合深海掘削計画において、地下圏微生物の進化や生態に関する研究の重要性が謳われている。「微生物分子温度計」は、環境微生物の培養法に依存することなく熱水中の微生物の生育温度を推定し、海底熱水域地下の高温環境に由来する好熱細菌および超好熱細菌を検出することが可能である。さらに、海底熱水域地下の地熱温度勾配データをもとに地下環境における微生物の生息深度を推定することも可能である。よって本研究方法は、海底熱水噴出域や陸上温泉域の地下圏微生物を対象とした掘削計画において、「掘削候補地」の選定や「掘削深度」の設定のための重要基礎データを提示することも可能であり、今後の地球掘削科学や生命科学の分野において大いに貢献しうる研究手法といえる。

【参考文献】

- Kimura *et al.*, 2006. *Appl. Environ. Microbiol.* 72:21-27.
- Kimura *et al.*, 2007. *Appl. Environ. Microbiol.* 73:2110-2117.
- Kinoshita *et al.*, 2006. *Earth Planet. Sci. Lett.* 245:498-508.