

火星からのサンプルリターンで有効な微生物不活化技術の開発 に成功 – 塩化カルシウム浸け 1 分でウィルスを不活化 –

火星の地殻上部は 37 億年前の大規模な火山活動で噴出した溶岩で覆われる。最近の衛星観測により、火星の地下深部に生命活動に必要な液体の水が存在することが明らかになったことから、火星に地球外生命が存在する可能性が指摘されている。火星はプレートテクトニクスによる地殻変動が不在のため、表層の岩石は地球の同年代のものと比較すると、熱や圧縮による変質の度合いが極端に低い。火星は 30 億年前まで地上に水が存在したことも明らかになっており、仮に火星に生命が誕生して 30 億年前まで地上で生息していた場合、宇宙空間の真空と低温による凍結乾燥効果も加わり、生命の痕跡が良い保存状態で発見されると期待される。

火星生命が存在する決定的な証拠を得るためには、地球に帰還した岩石試料を高感度・高精度分析により調べる必要がある。しかし、地球に帰還後は隔離施設で厳重に管理され、高感度・高精度分析を行う際には、隔離施設から帰還試料を持ち出す必要がある。その場合は、火星生命の地球生態系への飛散を防ぐため、加熱とアルカリ処理による二重の滅菌方式が検討されている。しかし、試料帰還の主目的である有機物から成る生体由来分子が、二重滅菌により破壊される可能性があり、技術上の問題となっている。

東京大学大学院理学系研究科の鈴木庸平准教授の研究グループは、火星の地表を覆う溶岩と類似する海洋地殻上部の玄武岩コア試料を用いて、岩石内部の微生物細胞を可視化し、細胞密度の測定に成功した(関連文献参照)。この手法は、帰還試料に生命が現存するかどうかだけでなく、過去の生命活動の痕跡検出にも応用できるため、火星の生命探査において活用が検討されている。しかし、この分析手法を適用するためには、帰還試料を隔離施設外に持ち出す必要があり、帰還試料を滅菌した後でも分析可能な技術を開発する必要があった。

そこで、炭酸カルシウムの結晶粒に微生物を封じ込めることで不活化し、封じ込めた微生物を上記の分析手法で細胞検出可能か研究を行った。試験には、感染症研究のモデル生物として重点的に研究が行われている大腸菌(学名: *Escherichia coli*)と細菌にのみ感染するウィルスであるバクテリオファージ T4 を用いた。炭酸カルシウムの結晶を形成させる際に、まず飽和塩化カルシウ

ム溶液（重量パーセントで 50%）に反応させた。反応直後に大腸菌の増殖能やバクテリオファージ T4 の感染能力を調べた結果、1 分間の反応時間で、これらの能力が喪失することが明らかとなった（図 1）。

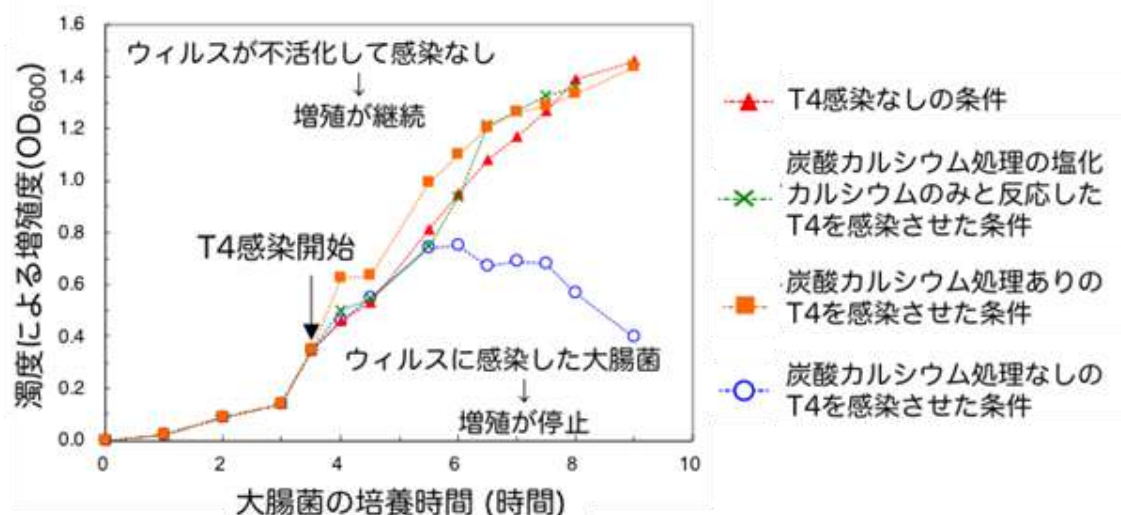


図 1 : バクテリオファージ T4 に感染させた大腸菌の増殖曲線。炭酸カルシウムの処理をしないウイルスを感染させた大腸菌は増殖が停止したが（青丸）、塩化カルシウムと反応させた（緑×）、および炭酸カルシウムを形成させたウイルスは感染能力を失い、感染開始後もウイルスを感染させない大腸菌（赤三角）と同様に増殖を継続した。

また、塩化カルシウム溶液に、重曹として知られる炭酸水素ナトリウムを加えて、炭酸カルシウムの結晶を形成させた結果、岩石内生命分析技術を用いて結晶粒へ封じ込められた大腸菌の状態が確認された（図 2）。細胞の形状が明確に維持されており、DNA 分子も保存されていることが明らかになった。これらの結果から、本研究により生命検出と不活化を両立する技術の開発に成功したといえる。

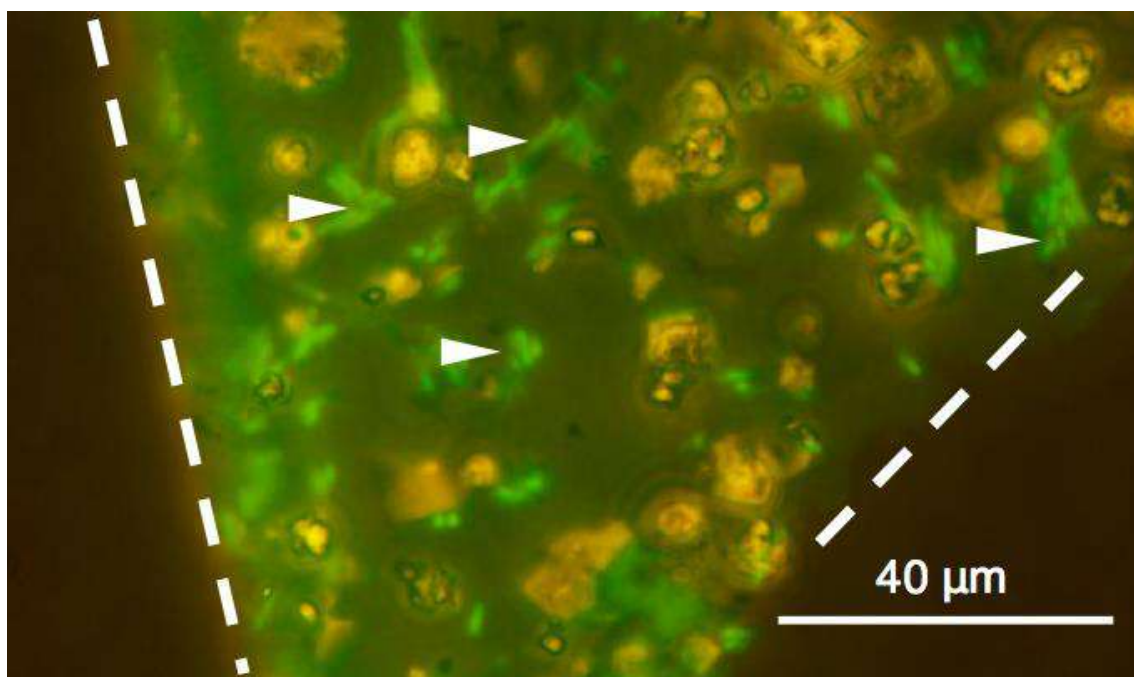


図2：炭酸カルシウムの結晶粒に封じ込められた微生物細胞（白矢印）の蛍光顕微鏡写真。薄い緑色の領域が炭酸カルシウムの結晶粒、オレンジ色は炭酸カルシウム粒に取り込まれた鉱物粒子。白の点線は樹脂と結晶粒の境界を示す。

今後、この処理法をさまざまな生物で試験し、滅菌技術（注7）として確立できれば、火星から採取した試料に適用し、地球への帰還時の安全性確保につながる。また、新規のウィルスの不活化技術として、新型コロナなどのウィルスに対する感染症対策への応用も期待される。

関連文献

タイトル Deep microbial proliferation at the basalt interface in 33.5–104 million-year-old oceanic crust.

雑誌 Communications Biology

DOI: 10.1038/s42003-020-0860-1.

タイトル Deep microbial colonization in saponite-bearing fractures in aged basaltic crust: Implications for Subsurface Life on Mars.

雑誌 Frontiers in Microbiology

DOI: 10.3389/fmicb.2019.02793.

タイトル Iron-rich Smectite Formation in Subseafloor Basaltic Lava in Aged Oceanic Crust.

雑誌 Scientific Reports

DOI: 10.3389/fmicb.2019.02793.

タイトル Planetary Protection, Mars Soil Sample Return, and the Inactivation of Martian Microorganisms

雑誌 Journal of Astrobiology and Space Science Research

DOI : 10.37720/jassr.07202020

URL

<http://journalofastrobiology.com/PlanetaryProtectionLifeonMars.htm>

日本語原文 <http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/info/6955/>

文 JST 客観日本編集部