

「月惑星探査の来たる 10 年」 第一段階アストロバイオロジーパネルまとめ

本パネルでは(1)「火星生命探査」と(2)「氷衛星・小天体生命探査」をトップサイエンスとして提案する。

(1)火星生命探査

【特に重要と考える理由】

まず、本パネルは以下の理由で、「火星生命探査」を特に重要と考え提案する。1. 生命探査は地球惑星科学における究極の目標の一つであること。2. 本提案は地球科学全般への寄与が大きいこと。3. 火星では地球型生命をモデルとして観測計画を立てることが出来ること。4. Viking はもとより MSL および ExoMars の分析機器よりも数桁感度の高い探査方法を既に準備していること。5. 極地砂漠や高地砂漠での微生物密度が 10^4 細胞/グラム土壌であるのに対し、 10 細胞/グラム土壌の感度を実現できること。6. 従って、かりに生命が検出されない場合に、生命はほとんどいないという結論が出せること。7. 今後、国内外で準備中の探査計画から探査地域の絞り込みが十分可能と推察されること。8. 火星表面での生命探査の可能性を具体的に示した世界初の提案であること。

【背景】

近年の探査により、火星表層には、かつて大量の液体の水が存在していたこと、温暖湿潤な気候がある程度長期間保たれていたこと、そして火星は強い磁場を保持していたことが明らかにされた。これらを端的にまとめると、生命が生まれた頃の地球と極めて類似した環境を火星が持ち合わせていたという事に他ならない。従って、生命が30~40億年前に火星表面で誕生したとしても何ら不思議では無い。こうした立場で考えると、両惑星の熱的進化過程の差から、表面における生命体は異なる進化過程を経たという描像が得られる。つまり火星生命は、その発生の有無だけでなく、その後の進化という意味で、科学的に極めて重要な意味を保持している。

ただし現実的には、これを科学的に議論できるのは、表面付近に存続し続けることに成功した生命に限られる。地下においては、熱や液体の水が長期間にわたり存続しえたことに間違いなく、そのため生命体は長期間にわたり進化し続けることができたと考えられるが、これを包括的に探査することは技術的に極めて困難となるからである。この点に関して個別提案では、地表面における生命体について探査対象としている。すなわち、この個別提案は火星生命探査が「現在の技術においても十分に検証可能である」ということであることを世界で初めて具体的に提案したものであることを強調しておきたい。

【個別提案との関連】

火星におけるメタンの発見と、地球におけるメタン酸化鉄還元細菌の発見(Bealら2009)から、火星生命探査(略称 JAMP)提案者達は火星表面において現在もまだメタン酸化鉄還元細菌(化学合成微生物の一種)が生息しているのではないかと推定するに至った。火星の様々な環境は生命が十分に生存可能な環境である。また、紫外線は様々な物質によって吸収されるので、薄い火星土壌に覆われるだけで、火星表面も十分に生育可能な環境となる。従って、メタン(一般に還元型物質)と酸化鉄(一般に酸化型物質)の両者がある場所であれば、数センチメートル程度の深さでも微生物は生存している可能性がある。

JAMP では生命探査の方法として、蛍光色素をもちいた蛍光顕微鏡観察を自動的に行う。細胞の特徴を検出するいくつかの色素を組み合わせて用いることから、「細胞」を検出する。さらに、そのアミノ酸分析を行う。地球の生物は20種類のL型アミノ酸からなるタンパク質を持っている。火星の「細胞」らしき粒子が地球と同じアミノ酸かどうかを調べる事により、「細胞」の由来を知ることができる。これらの探査手法は、「細胞」だけでなく、化学進化における重要な要素(複雑高分子有機物、PAH等)も検出可能である。また、こうした探査計画では超小型のマイクロチップによる観測装置(μ TAS)の開発が重要となる。こうした探査手法は、火星のみならず氷衛星、小天体でも利用可能である。JAMP提案はMELOS提案の一部として検討が進んでいる。

【将来探査提案との関連】

Viking 生命探査が代謝の検出を目指したのに対し、その後欧米の火星探査計画は、水の存在に焦点が移っていたが、MSL, ExoMars では生体関連分子の探査に比重が移っている。JAMP 計画では今後、生命の生存・維持に最も適した環境条件、地域についての議論が必要である。観測地域は、現生生物を探すならばメタン噴出地域(あるいは地熱地帯)が、過去の生命痕跡を探す場合には過去の地熱地帯が最も有力対象となる。メタンは今後地上観測が、さらに2016年にはTrace Gas Orbiterの観測も予定されているので、地域の特定が進むと期待される。過去の地熱地帯は画像から噴気孔跡を探す等の方法が想定される。その他に、蛇紋石や粘土鉱物、あるいは還元型の(2価の)鉄(ブルーサイト)の探査も重要である。こうした意味で、生命の生存環境としての環境探査の重要性も指摘する。