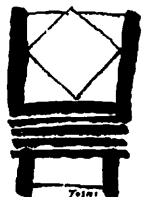


地球外に生命を求めて

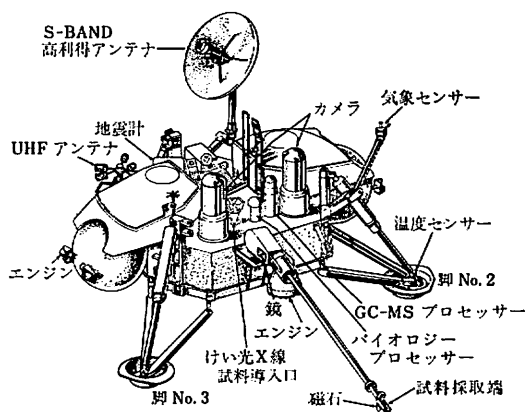
—GCとMSの利用—



保母 敏行

昨年8月と9月に相次いでアメリカで打ち上げられた2台の火星探査船は7月4日の独立200年記念日着陸を目指して飛行中である。バイキングプロジェクトと呼ばれるこの計画の興味は、なんとといっても生命を見いだせるかどうかという点に集中している。

そもそも宇宙の誕生以来いかにして生命が芽生え、進化し、この地球上に存在しているか、地球以外にも生命が存在するのではないかという疑問はだれでもがもつ興味の一つであろう。一方、生命発見に関して分析化学を適用するという面から、いろいろなアイデアをおもちの方も多しことと思われる。そこで、日ごろの実験で扱



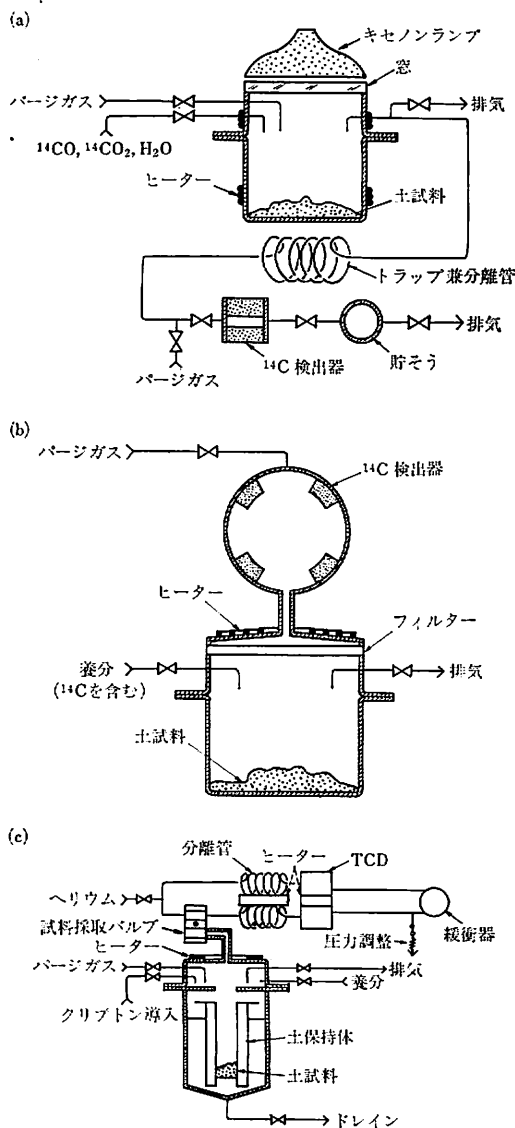
内部にバイオロジー装置、GC-MS、けい光X線装置、圧力計が装備されている

図1 着陸機(観測機)

われることの多いガスクロマトグラフ(GC)と質量分析計(MS)がどのように利用され、どの程度の役割を果たせるかという点をバイキングプロジェクトを中心にみてみたい。

1 何を検出するか

送り込まれたテレビカメラが生命の存在を写し出した



(a) 光合成実験: 数日間培養した後熱分解(600°C)し、生物に取り込まれた¹⁴C量を調べる; (b) 異化作用検出実験: ¹⁴C標識養分と混合し培養, ¹⁴Cを含む二酸化炭素その他のガスの発生を調べる; (c) ガス交換実験: 二酸化炭素、窒素、メタン、水素、酸素などの生成あるいは消費をGCを使って調べる

図2 生命検出用装置(バイオロジー装置)

Search for Extraterrestrial Life; Utilization of GC and MS.

Toshiyuki HOB0 東京都立大学工学部

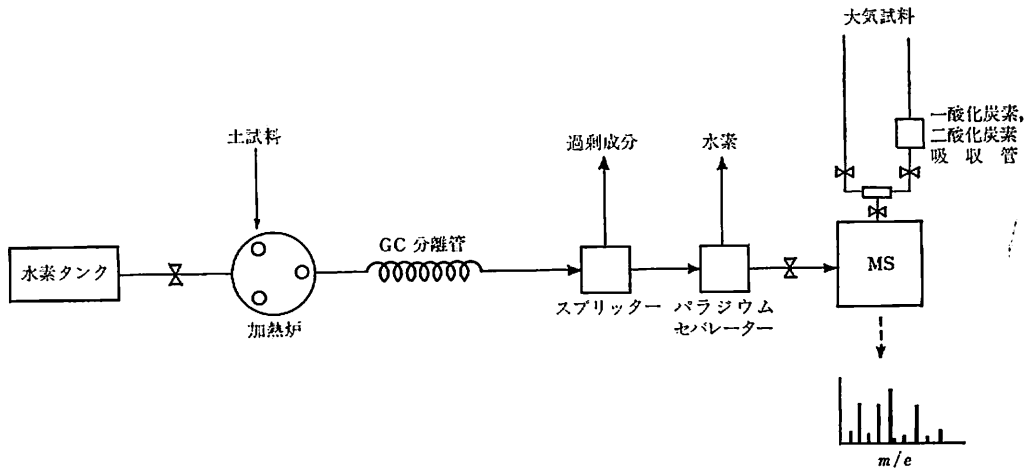


図3 GC-MS システム

ら GC も MS も価値半減である。しかし実際には火星
人などいそうにもなく、生物が存在しても微生物程度と
考えられている。そこで一つには生命現象(代謝、生長)
をとらえることが挙げられる。一方、地球上に生命が発
生した過程を考えると、原始大気(メタン、アンモニ
ア、水素、水ほか)から脂肪酸、アミノ酸、糖、ピリミ
ジンなどができ、更に脂質、タンパク質、核酸などへと
化学進化し、ついに生命が発生したという意見が有力で
ある。そこでもう一つにはこれらの化合物をとらえるこ
とが挙げられる。バイキングプロジェクトでは前者を3
種の方法で(図2参照)、後者を GC と MS で検出し
ようとしている。

2 MS と GC-MS

MS は2台積み込まれている。1台は着陸機が降下中
に大気の組成を調べるためのもので、質量範囲(m/e)1
~49の Mattauch-Herzog 型2重収束 MS である。も
う1台が表面大気と土中の有機物を分析するためのもの
である。これは m/e 12~200の Nier-Johnson 型2重
収束 MS である。電場半径4.7 cm, 磁場半径3.8 cm,
イオン加速電圧を変化させてマススペクトルを得るよ
うになっている。図3に配置の様子を示した。

大気分析の場合、試料は直接または一酸化炭素及び二
酸化炭素吸収管を通して MS に導かれる。二通りの分析
法をとるのは火星大気が大部分二酸化炭素から成り立っ

ていることと関連している。

土分析の場合には GC が組み合わせられる。土採取器か
ら送られてきた試料は3個の加熱容器に100 mg ずつ入
れられ、200°Cに加熱される。ガス化した成分はキャリ
ヤーガス水素により GC 分離管に運ばれる。成分量の多少
により加熱温度は350°Cあるいは500°Cに変えられる。
GC で分離された成分はセパレーターでキャリヤーガス
と分けられ(濃縮効率99%以上)、MS に導かれる。
成分濃度が不明であるため、MS の保護も兼ねて溶出成
分スプリッターが考案され、セパレーターの前に設置さ
れている。最大スプリット比は1:8000で、排気用イ
オンポンプ電流値に応じ自動的に調節される。MS の応答
の直線範囲は1:10⁷になるという。得られる情報は試
料の加熱及び熱分解によって生じた成分の GC 保持時間
とマススペクトルである。いん石を試料とした実験では
ppm レベルあるいはそれ以下の濃度の化合物を同定し
ている。一方、実際に得られるデータの解析と意味づけ
には困難が多いものと思われる。なお、この装置は小
型、軽量、消毒可能な完全自動装置であると同時に地球
からの指令にも応じられるよう設計されている。ちなみ
に大きさは27.5×33×25 cm, 重さ約20 kg とのこと
である。

3 アミノ酸の光学異性体分離を宇宙で

さて上記装置で分析できない成分の一つにアミノ酸が

ある。アミノ酸及びその縮合体であるポリペプチドやタンパク質は地球上の生物に欠くことのできないものである。しかも生体中のアミノ酸は光学活性が L-型のものに限定されている。一方、原始地球を模した実験により得られるアミノ酸は D-体と L-体の等量混合物である。そこでアミノ酸の検出と光学異性体比率の決定が有力な純化学的生命検出手段となりうる。

既に試作装置もテストが終わり、打ち上げを待っている。利用された方法はアミノ基を *N*-トリフロロアセチル化後カルボキシル基を D- (または L-) 2-ブタノールにより D, D 及び L, D- (または D, L- 及び L, L-) エステルとし、GC 分析する方法である。

分析操作のプログラムは次のとおりである。i) 1 ml 試料採取, ii) 水 10 ml 添加, iii) $165 \pm 5^\circ\text{C}$, 1 時間加熱, iv) 冷却, 不溶分ろ過, v) 6 N 塩酸 10 ml 添加, vi) 110°C , 5 時間加熱, vii) 溶媒揮散, イオン交換分離用意, viii) 5 ml 水に溶解, ix) イオン交換分離, アンモニア溶離液捕集, x) アンモニア水揮散, xi) 4 N 塩酸 2-ブタノール溶液 5 ml 添加, xii) 100°C , 2 時間, xiii) 溶媒揮散, xiv) 0.1 ml 無水トリフロロ酢酸と 0.4 ml 二

塩化メタン添加, xv) $35\sim 40^\circ\text{C}$, 1 時間, xvi) 10°C 以下で溶媒揮散, xvii) 加熱して GC 分離管頂点へ移した後, GC 分析 (昇温法, FID 利用)。

以上は操作の根幹にすぎない。細かい点では地球から密封して持って行った試薬その他の解封, 混合, 計量, イオン交換カラムの洗浄, 容器, 器具, パイプ類の洗浄, 溶媒揮散の際の各種制御そのほか複雑な操作があり, それらが正確かつ自動的に行われねばならない。試作装置は試薬, 電気系統も含め約 13 kg と軽量である。テストの結果, ナノモルレベルで存在するアミノ酸の定量, 光学異性体比決定に使用できると報告されている。

以上ほんの一端を紹介したにすぎない。今後の分析化学技術の発展とともにますます多くのアイデア, 機器が生かされていくことであろう。

この稿を書くにあたり, NASA Viking Project 副主任 D. Sands 博士に各種資料をいただいた。ここに記して感謝する。

(Laboratory of Chemical Evolution, Dept. of
Chem. Univ. of Maryland にて記す)