

ジェミニとアポロ宇宙船の燃料電池

Hydrogen-Oxygen Fuel Cells for Gemini and Apollo Spacecrafts

田中 裕久

ダイハツ工業株式会社

〒520-2953 滋賀県蒲生郡竜王町山之上3000

アメリカ・ワシントン DCにあるスミソニアン国立航空宇宙博物館 (Smithsonian National Air and Space Museum) の「APOLLO to the MOON」の展示コーナーに、ジェミニ宇宙船とアポロ宇宙船に搭載された燃料電池が展示されている。燃料は液体水素、酸化剤は液体酸素として搭載され、気化して用いられた。1960年代に宇宙で実際に使用されたことは、驚きと敬意を禁じ得ない。展示物とその説明文を中心に紹介する。

1. 宇宙船に搭載された燃料電池

米国スミソニアン国立航空宇宙博物館に展示されている燃料電池と説明パネルの概要を紹介する (写真1)。

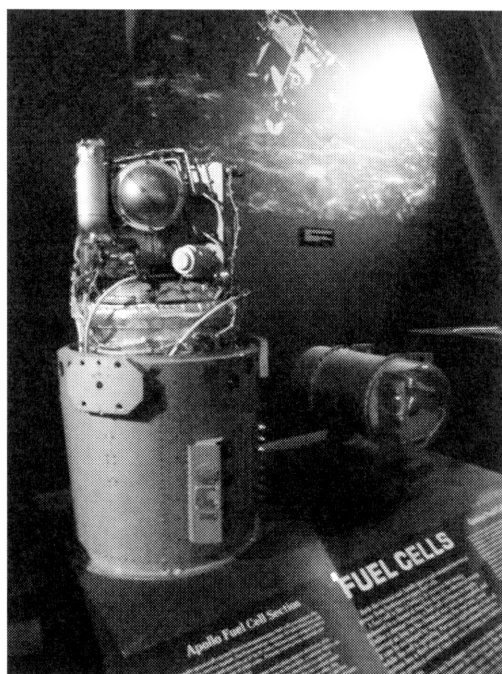


写真1. スミソニアン国立航空宇宙博物館の「APOLLO to the MOON」コーナーに展示される燃料電池

ジェミニとアポロ宇宙船の両方も電力は水素酸素燃料電池から得ていた。燃料電池はバッテリーと同様に化学変化によりエネルギーを電気に変換する。しかしバツ

テリーとは違って燃料電池は作動中に反応物 (燃料と酸化剤) が供給される限り発電し続ける。

宇宙船で使用する場合、燃料電池には従来のバッテリーに比べてもう一つ優れていることがある。それは同じ重量で数倍大きな電気エネルギーを発生できる点である。

水素と酸素が結合して水を発生する時にエネルギーが生み出される。それは水分子中の電子は、気体の水素と酸素の電子よりもエネルギー状態が低いことによる。ロケットエンジンのような燃焼反応では、このエネルギーは熱となる。燃料電池ではこのエネルギーの50~60%が直接電気エネルギーに変わる。

燃料電池が作動している時は、水素と酸素から電気エネルギーだけでなく水が生み出される。アポロの宇宙飛行士達はこの水を飲み水として使った。

ここで展示される燃料電池モデルは、多積層セルと、反応物を供給する配管、作動温度を一定に保つセンサーからなる。反応物は省スペースのために液体で貯蔵される。液体酸素はマイナス173℃かつ63.26 kg/cm²の圧力に保つことが必要である。燃料電池の廃熱は液体水素と液体酸素を気化させるのに利用される。

2. ジェミニはプロトン交換膜形燃料電池を搭載

初めて宇宙で使われた燃料電池は白金箔を触媒とするプロトン交換膜形燃料電池であり、1965年と66年にジェミニ宇宙船に搭載された。プロトン交換膜の膜厚は250ミクロンであった (写真2)。

ジェミニ宇宙船にはこの燃料電池ユニットが2基搭載され約65℃で運転された。各ユニットは32セルスタックの燃料電池が3系統並列に配管されている (写真3)。

スタックは23~26Vで490Aの電流を発生し、ユニットでの最高出力は1kWに達したと記されているが、電流値は14A程度でなければ計算が合わない。

この燃料電池ユニットは直径30.48cm、長さ60.96cmの円筒形であり、General Electric Companyが製造した。

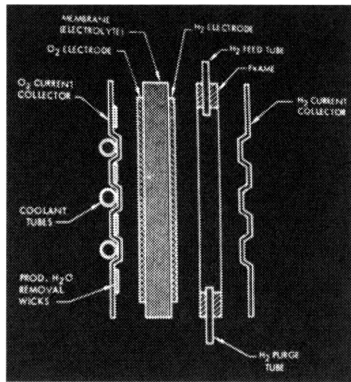


写真2. ジェミニ用燃料電池の作動原理図

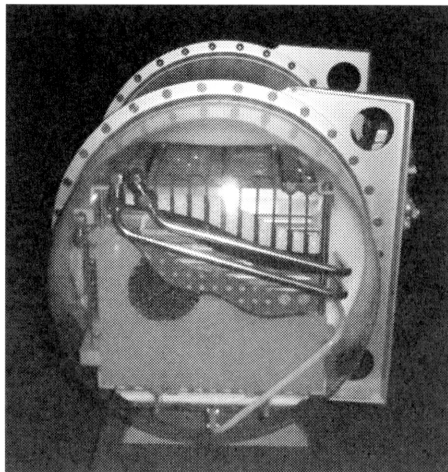


写真3. ジェミニ用燃料電池

3. アポロはアルカリ形燃料電池を搭載

アポロ宇宙船で使われた水素酸素燃料電池はアルカリ形であり、ユニットが3基搭載された。各燃料電池ユニットは31セルスタックからなり、約206°Cにて運転され、電圧は27~31 V、電力は通常 563~1420 W、最大で 2300 W を発生した (写真 4,5)。

直径 21.6 cm の2枚の多孔質メタル電極間に電解液として高粘度の KOH 水溶液が充填されていた。電極はアノードが金属ニッケル、カソードは酸化ニッケルに被覆された金属ニッケルが用いられた。電極は多孔質のため表面積が高く、水素や酸素との接触が増加し反応速度が向上した。電解液がガス流路に漏れることを防ぐため、電解液側の多孔質電極は極めて小さな孔を持ち、ガス側は拡散しやすいように大きな孔を持つように設計されていた。これにより電解液は小さな孔から漏れることはなく、ガスは高压に保つことによりキャピラリー効果によって通り抜けることが出来た。

燃料電池ユニットは直径 55.88 cm、長さ 111.76 cm の円筒形であり、重量は 111.1 kg、United Aircraft

Corporation の Pratt & Whitney Aircraft Division が製造した。

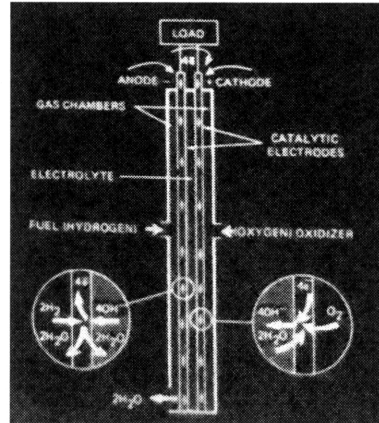


写真4. アポロ用燃料電池の作動原理図

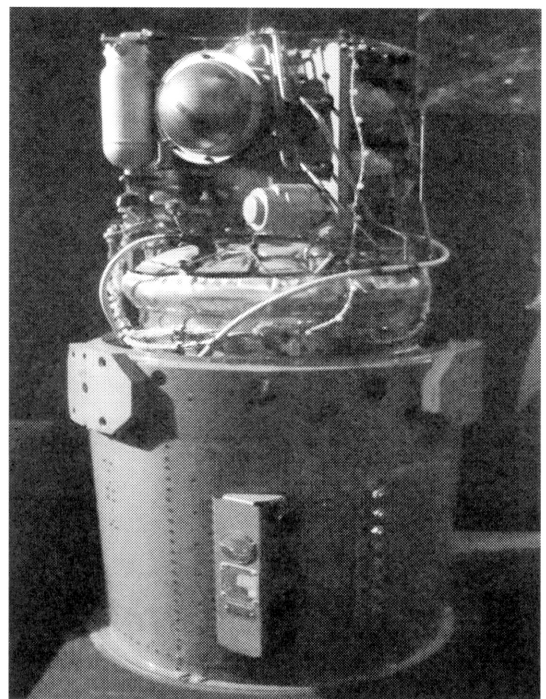


写真5. アポロ用燃料電池(アルカリ形)

1969年7月20日午後10時56分(米東部夏時間)に人類初めての月面歩行に成功したアポロ11号にもこの燃料電池は用いられ、発電により生成した水はアームストロング船長、オールドリン飛行士、コリンズ飛行士も飲用した。展示されているモデルは、サービスモジュール SM102 と呼ばれるカリフォルニアの地上訓練に用いられたものと思われる。

写真撮影：朝澤浩一郎。

写真の掲載につきましてスミソニアン国立航空宇宙博物館の許可を得ております。