

## 第20回衛星設計コンテスト

受付番号

年 月 日

### アイデア概要説明書

1. 応募区分 ジュニアの部

2. 作品情報・応募者情報

作品名（20文字以内） Return-E			
作品名 副題（これは公式文書では省略する場合があります） エンケラドスでの生命探査			
	氏名(フリガナ)	学校名、学科	学年
代表者(正)	植村千尋(ウエムラチヒロ)	吉祥女子高校	3年
代表者(副)	内田悠斗(ウチダユウト)	津山工業高等専門学校	2年
メンバ1			
メンバ2			
メンバ3			
メンバ4			
メンバ5			
メンバ6			
メンバ7			
メンバ8			

3. アイデアの概要（プレスリリース等で使用するのので、200字程度でわかりやすく表現して下さい。）

土星の衛星であるエンケラドスは生命が存在する可能性が指摘されている。また生命体が存在する可能性のある内部の水が間欠泉のように噴出し、その噴出物は土星のEリング上を漂うことがわかっている。そこでエンケラドス、Eリングにおいて、それぞれのサンプルを採取し地球へ持ち帰ることを考えた。地球外生命体の有無に加え、採取した異なる時代のサンプルから生命の進化の過程を知ることができる。また、プローブ等を利用しエンケラドスの環境を知ることによって、生命体の存在有無をより確かに行うことができる。

4. 目的と意義（目的・重要性・技術的意義等）

(a) 目的

このミッションの目的は衛星における科学観測、噴出物の採取及びその解析を通して、地球外生命体の存在の確認・生命進化の過程を知ることである。またその衛星の環境を知ることによって生命の存在する条件を知ることができる。

(b) 重要性・技術的意義等

現在、いくつかの衛星に氷に覆われた海が存在することが分かっており、原始的な生命が存在する可能性が指摘されている。実際に地球外生命体を採取するミッションは未だに行われていないが、そのような原始生命体の存在を確かめることは生命の進化の過程を知る上で重要である。

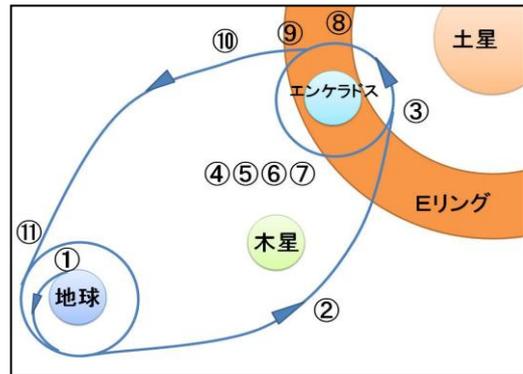
このミッションでは天体内部から噴出するサンプルの採取を行う。地球外生命体を実際に採取し、地球上で解析を行うことによって生命の誕生および生命の進化の過程に迫ることができる。さらにエンケラドス内部にプローブを入れることによってより明確に生命の有無について判定することができる。また地球外生命の発見に至らなかった場合でもサンプル採取及びサンプルリターンの技術を実証・確立することができ、これらの技術は今後他の天体の探査において有用なものであると考える。

## 5. アイデアの概要

### (a) ミッションの流れ

木星でスイングバイを行うことで探査期間を短縮することを考えた。2015年～2017年の期間に打ち上げることが最適なタイミングとされており、約7年でエンケラドスに到着できる。ミッションの大まかな流れを以下に示す。

- ① 打ち上げ
- ② 木星でスイングバイを行う
- ③ エンケラドスの周回軌道に入る
- ④ プローブを落とすため、氷の状態を調べる
- ⑤ プローブをエンケラドスへ落とす
- ⑥ サンプル採取装置を展開し、エンケラドス付近の新しい氷を採取する
- ⑦ 採取できたことを確認した後、探査機内に格納し採取装置の裏表を反転させる
- ⑧ エンケラドス周回軌道を出る
- ⑨ Eリング通過時にサンプル採取装置を展開し、Eリング上の氷を採取する
- ⑩ 地球へ向かう軌道に入る
- ⑪ 地球付近でカプセルのみを切り離し大気圏へ突入させる。探査機本体は原子力電池を積んでいるため大気圏突入はせずに地球を周回させる。



[図1 軌道概念図]

### (b) ミッション機器

搭載する機器とその重量は以下の通りである。各機器について詳しくは説明資料に記載する。

#### ・サンプル採取装置

Eリング上、エンケラドス付近の氷を採取するために用いる。

#### ・カメラ

サンプル採取装置が展開したことを確認する。

#### ・カプセル

採取したサンプルを大気圏突入の際の熱から守る。

#### ・ダストシールド

噴出物などで探査機本体が傷つくことを防ぐ。

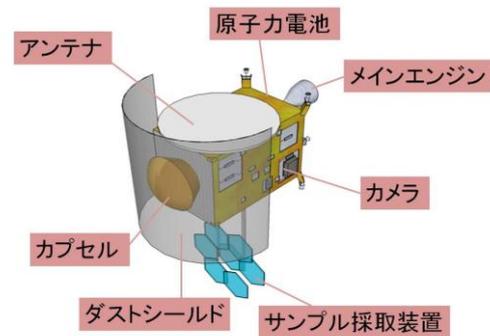
#### ・アンテナ

#### ・原子力電池

#### ・推進系

#### ・プローブ

エンケラドスの内部へ入れ、生命体の有無、温度などを直接調べる。



[図2 探査機概念図]

## 6. 得られる成果

このミッションではエンケラドス付近の新しいサンプルとEリング内の古いサンプルの両方を採取することができる。地球にサンプルリターンすることで多くの解析を行えるため以下の成果が期待できる。

- ① 地球外生命体が存在するかを知ることができる。
- ② エンケラドスの環境と照らし合わせて生命が存在する環境の条件を知ることができる。
- ③ 2種類のサンプルの比較を行うことができることから地球外生命体の進化についても知ることができる。
- ④ 地球外生命の存在証明に至らなかった場合でもサンプルリターン技術など今後、有用な技術を確立することができる。

## 7. 主張したい独創性または社会的な効果

エウロパなど生命の存在の可能性があるほかの天体は表面の氷を溶かしたり、氷を削っていく必要があり困難であった。しかしエンケラドスからは内部の液体が噴出しており、容易に生命体が存在する可能性のあるサンプルを採取することができる。生命探査の対象としてエンケラドスを選択することはとても画期的である。

さらに、多くの生命探査ではそれらの進化まで知ることを目的としてこなかったがこのミッションでは生命体の進化にまで着目している。これは生命探査の幅を広げることにつながると思う。

また地球外生命が見つければ社会の反響は大きく、このような探査計画はどんどん増えていくと思われる。そして一般市民の宇宙への興味は深まっていくだろう。

以上

# Return- E～エンケラドスでの生命探査～

## 説明資料

### 1. 採取する生命体について

#### 1. 1. 定義

宇宙で生命探査を行うにあたり、地球上においての生命の定義が宇宙生物にも適用されるとは限らない。そこで私たちは独自の地球外生命体の定義を考えた。

このミッションにおける生命体は有機物であり①「繁殖できる」②「代謝を行う」③「成長する」のいずれかを満たすものと定義する。

#### 1. 2. 解析

上記の定義を満たす生命の有無を判断する基準となる項目を検討した。私たちは生命の判断項目として次の4つを考えた。(表1)

判断項目	該当する定義	理由
数の変化	繁殖	繁殖したら数が増える
*ATP,ADP	代謝	生命活動をする ATPをエネルギーとして消費しADPIに変化させる
同位体	代謝	代謝をすると天然比より多い <sup>13</sup> Cや <sup>18</sup> Oを含むCO <sub>2</sub> が採取できる
大きさの変化	成長	成長すると体積が大きくなる

\*ATPIはエネルギーを要する生物の反応素過程には必ず使用されており、すべての真核生物がこれをもつ。

[表1 判断項目]

以上より私たちは大きさと数の変化、同位体の存在比、ATP/ADPの割合を解析して生命の有無を調べることで生命体の有無を確認できると考えた。しかし、大規模な機材や長期的な観察が必要な項目が多く宇宙空間で全てを行うことは困難である。そこで私たちは採取したサンプルをサンプルリターンし、地球上で本格的な解析をすることとした。

### 2. 目的地の選抜

#### 2. 1. 目的地の条件

生命体が存在するためには液体の水、有機炭素、窒素など生命を形成するのに不可欠とされる元素が必要であり、そのような環境を満たす星がいくつか知られている。その中には火星、エウロパ、エンケラドスなどがある。その中から有機物が存在して、内部には海があるされ、そして表面から粒子が噴出している(内部の物質の採取が容易である)エンケラドスを目的地とした。

#### 2. 2. エンケラドスについて

エンケラドスは土星の衛星である。土星探査機カッシーニの観測結果によると炭素、水素、窒素、および酸素などの有機分子が存在していることが分かっている。氷火山活動も観測されており、十分な熱源付近には液体の水が大量にあると考えられている。さらにエンケラドス表面からは氷と水が混じったジェットが間欠泉のように噴き出し、衛星内部の生命体ごと噴出している可能性があるため、その噴出物を採取すれば生命体が捕獲できる。またその噴出物は土星のEリング上に漂うため、そこではより古い時代の噴出物、つまりより古代の生命体が採取できると考えられる。

### 3. 探査機設計

#### 3. 1. 搭載機器等

土星は太陽から遠いため太陽電池による発電は効率が悪いので原子力電池を利用する。また推進系としてメインエンジンに2液式の化学推進エンジンを使用、そして姿勢制御のために1液式のものもい

くつか搭載する。また地上との通信は通常、指向性アンテナを用いて行い、トラブルが生じた際に備えて無指向性アンテナも搭載する。体積を減らすため、平面アンテナを用いる。

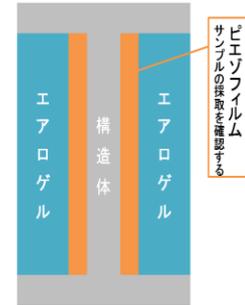
また、探査機が E リングを通過する際、氷の粒子が探査機に衝突して傷つけるのを防ぐためセラミックスを材料としたダストシールドを探査機の前面につける。

### 3. 2. サンプル採取装置

[素材について]

採取にはエアロゲルを用いる。エアロゲルとは多孔性で優れた断熱性を持つ物質である。これを利用することでサンプルを傷つけることなく採取ができる。サンプルはエンケラドス近傍と E リング内の 2 回、採取を行うが一つの採取装置の裏と表を利用することとする。

採取できたことを確認するためエアロゲルの裏にピエゾフィ



[図 1 エアロゲル断面図]

ルムを取りつける。

ピエゾフィルムは物が

ぶつかると電気が流れる仕組みになっていて、電気が流れたことを確認するとサンプルが採取できたということになる。

エアロゲルはとても脆いのでピエゾフィルムと共にアルミ等の構造体で支える。

[展開方法]

採取装置は六角形のエアロゲルを 7 枚つなげた形になっている。採取の直前まで探査機内に格納しておく。

探査機内に格納しておく。

サンプルを採取する時には探査機本体からレールを伸ばし、エアロゲルはそれを伝い宇宙空間に出される (一次展開)。この時点では 7 枚のエアロゲルは重なったままである。その後 7 枚の重なっているエアロゲルを展開する(二次展開)。

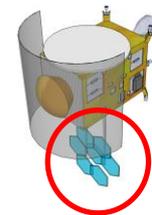
二次展開後、内部の液体が噴出している付近を通過しながらサンプルを採取する。ピエゾフィルムで採取を確認すると展開とは逆の方法で格納する。エンケラドス近傍で採取した後、裏面で E リング上のサンプルを採取するため探査機内で裏表を転換する。

E リングでも通過しながら同じように採取を行い、探査機に格納後、大気圏突入用のカプセルにエアロゲルごと収納する。

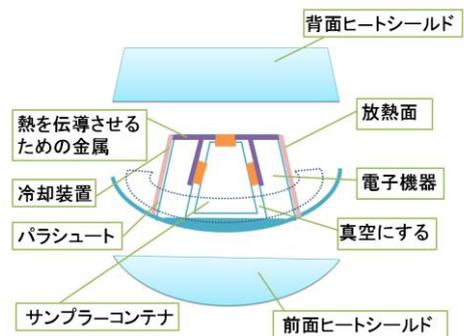
この展開方法を用いることで格納時と展開後の面積差は大きくなり効率良く多くのサンプルを採取できるようになっている。また、採取する対象は噴出していたり、漂ったりしているので速度を落とすことなくサンプル採取を行える。

### 3. 3. カプセル

E リングでサンプルを採取した後、エアロゲルごとカプセルに収納する。カプセル内はサンプルの状態を保つために水の融点以下にしておく必要があるため、冷却装置を搭載する。冷却に必要な電力は宇宙空間においては探査機の原子力電池から供給する。地球近傍で探査機本体からカプセルのみを切り離し再突入させた後電力の供給をカプセルに搭載された電池に切り替える。



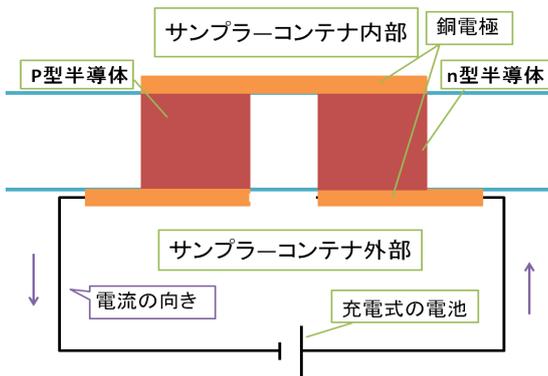
[図 3 展開後]



[図 4 帰還用カプセル]

カプセルは全面ヒートシールド、インストゥルメントモジュール、背面ヒートシールドに分けられる。インストゥルメントモジュールはサンプルを入れるサンプラーコンテナ、冷却装置、地上からの指令を受けるための電子機器、パラシュートを搭載する。

ヒートシールドはインストゥルメントモジュールを保護するための耐熱性のカバーである。前面ヒート



[図 5 冷却装置]

シールドは空力加熱によって高温の空気にさらされるのでアブレータを用いるのがよいと思われる。アブレータとは宇宙機用に耐熱機能を持たせた CFRP(炭素繊維強化プラスチック)のことである。アブレータは自身が溶けることで内部に熱が入り込むことを防いでいる。

冷却装置はペルチェ効果を利用する。ペルチェ効果とは2つの異なる半導体を貼り合わせて電流を流すと発熱したり吸熱したりする現象のことである。図5においてサンプラーコンテナ内部に面する側では吸熱(冷却)している。

大気圏突入後の流れを以下に示す。

- ① 大気圏突入後、空力加熱により約 40 秒間カプセルは温められる。この間カプセルのサンプラーコンテナを冷却する際に生じる熱はサンプラーコンテナの外へ逃がす(宇宙空間ではカプセルの外へ熱を逃がすようにする)。
- ② 空力加熱の後、熱を逃がすため前面ヒートシールド及び背面ヒートシールドを分離しパラシュートを開く。
- ③ 緩やかに下降させ地上でカプセルを回収する。

### 3. 4. プローブ

エンケラドスの表面を覆う氷の下にプローブを落下させ、内部の探査を行う。エンケラドス内部に生命体の存在の有無を調べ、生命体の有無の判断をより正確にする。また、内部の液体の温度や、存在する元素を調べるための機器を搭載する。これらを利用し、エンケラドスの環境は生命が存在するのに適しているかを調べる。プローブを投入するには噴出物が出ている裂け目を利用すると容易であると考えられる。

### 3. 5. 生命体を判別するための機器

地球で本格的な解析を行う前に宇宙空間で生命体の有無を判断することを考えた。生命体が代謝を行うと生成する ATP を検出することで判断を行う。ATP は酸素が存在するところでルシフェリンと反応し、発光するという性質を持つ。この反応を利用し、生命体の有無を判断する。この機器は探査機本体とプローブに搭載する。