

# 月着陸衝撃吸収方式について

2001年7月17日

富士重工業株式会社  
航空宇宙事業本部



FUJI HEAVY INDUSTRIES LTD.

## 発表内容

---

月着陸船には、着陸衝撃吸収によるシステムへの良好な環境保持とミッション遂行に必要な安定した着陸姿勢が要求される。完全にはわからない月面で、より確実に着陸ミッションを成功させるための着陸方式と要素技術について述べる。

1. 月着陸に要求される機能・性能
2. 姿勢安定型着陸方式
3. 要素技術
4. まとめ



FUJI HEAVY INDUSTRIES LTD.

## 1. 月着陸に要求される機能・性能

---

### 1. 着陸条件 (NASDA殿、ホームページより)

月面斜度	; 30°程度以下
回避不可能障害物サイズ	; 1m × 50cm
障害物分布	; 事前にはわからない
降下速度	; 3m / s以下
水平速度	; 1m / s以下

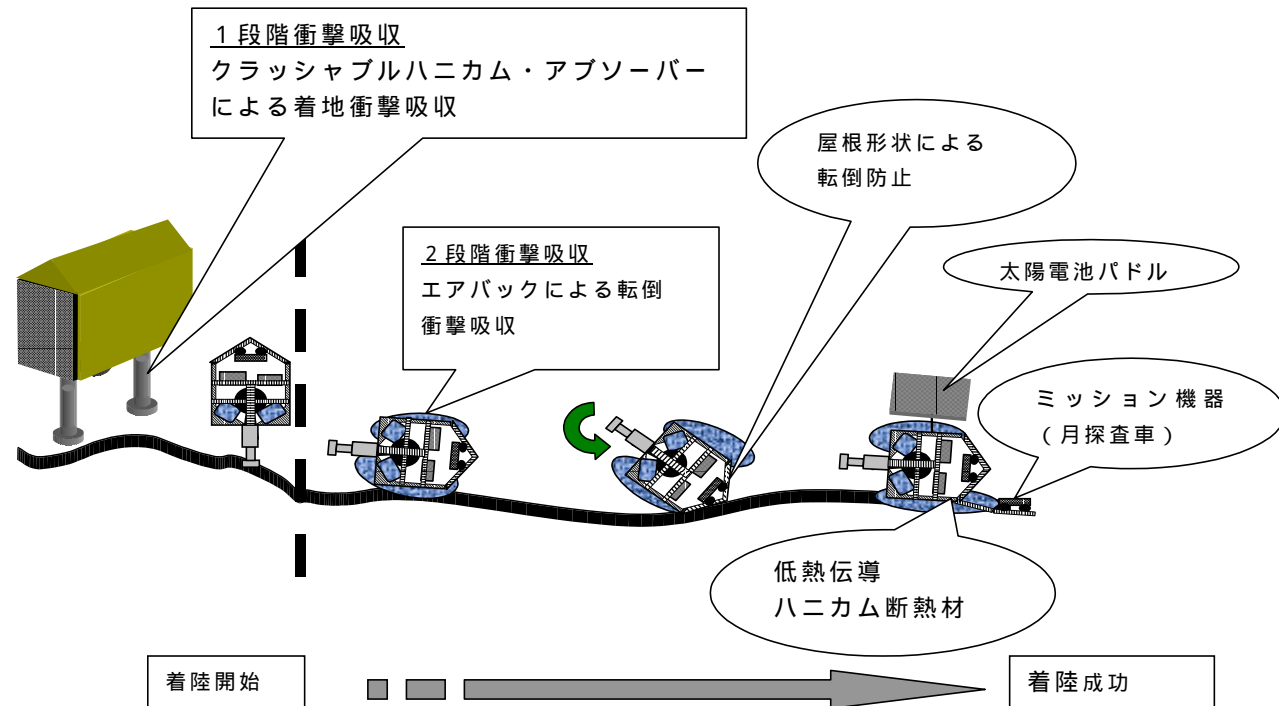
### 2. 月探査ミッション成功の条件

- 事前に定められた着陸姿勢を保持できること
- 通信アンテナ、太陽電池パドルの展開方向の設定
- 小型ローバーの展開方向の設定

## 2. 姿勢安定型着陸方式

月面軟着陸完了後に着陸船姿勢を安定させる事が必要

### 月面軟着陸 | 小型ローバーによる地質探査ミッション



## 2. 姿勢安定型着陸方式

着陸衝撃吸収コンセプトに姿勢を安定させるステップを追加

脚(クラッシュブルコア)による接地衝撃吸収

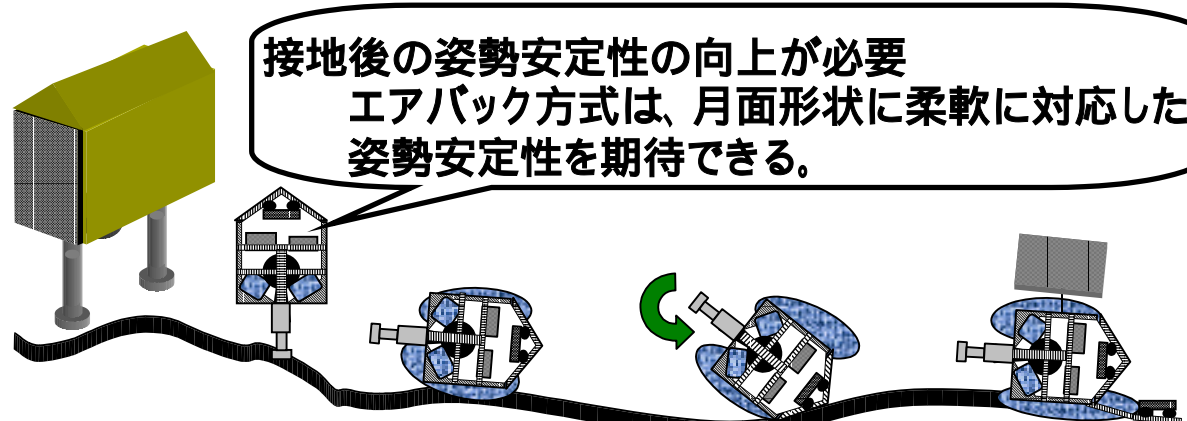
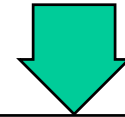


接地後の姿勢を確実に止める(水平、垂直方向接地衝撃吸収)



構体横転による小型ローバー展開(エアバックのガス放出による構体接地)

月面軟着陸



## 2. 姿勢安定型着陸方式

### 着陸シーケンス

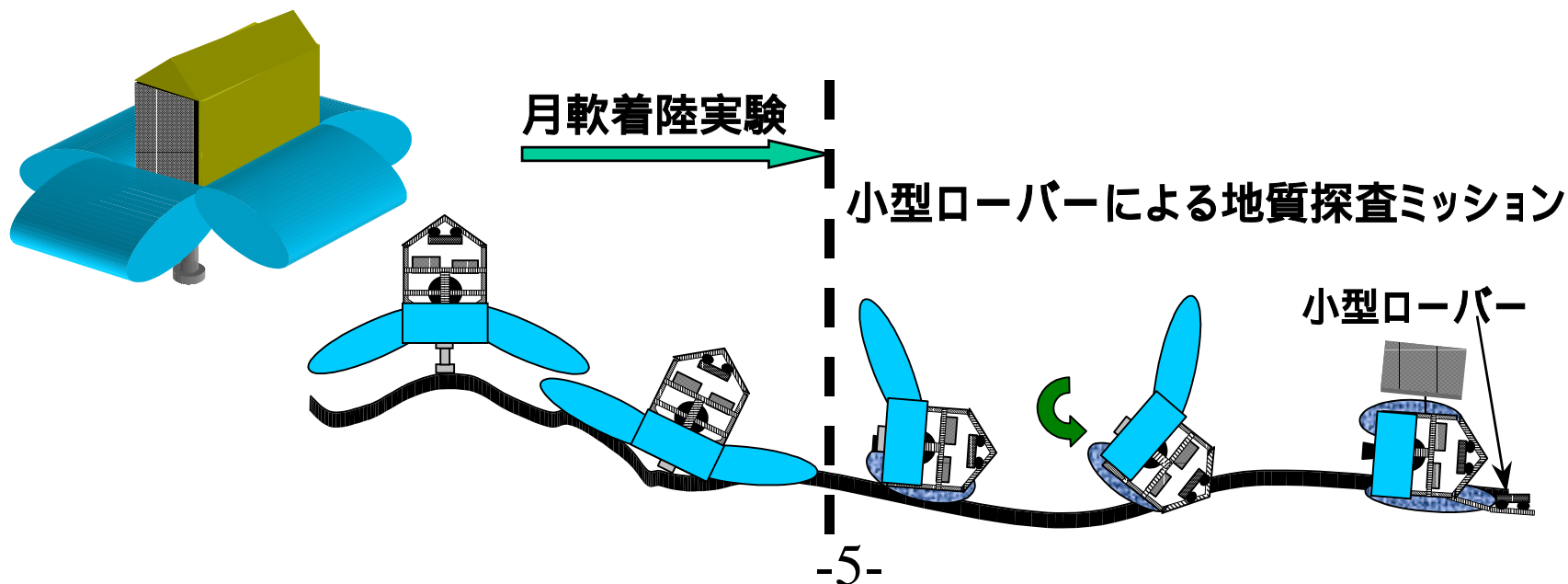
月軟着陸前にエアバック展開

月面接地時、2本の脚(クラッシュブルコア)で構体下面を保護

垂直方向衝撃吸収、ロケットエンジンの保護

構体側面下部のエアバックによる着地姿勢安定(着陸船の転倒防止)

片側のエアバックのガス放出による小型ローバー展開姿勢への移行



## 3. 要素技術

### 構体の概要(案)

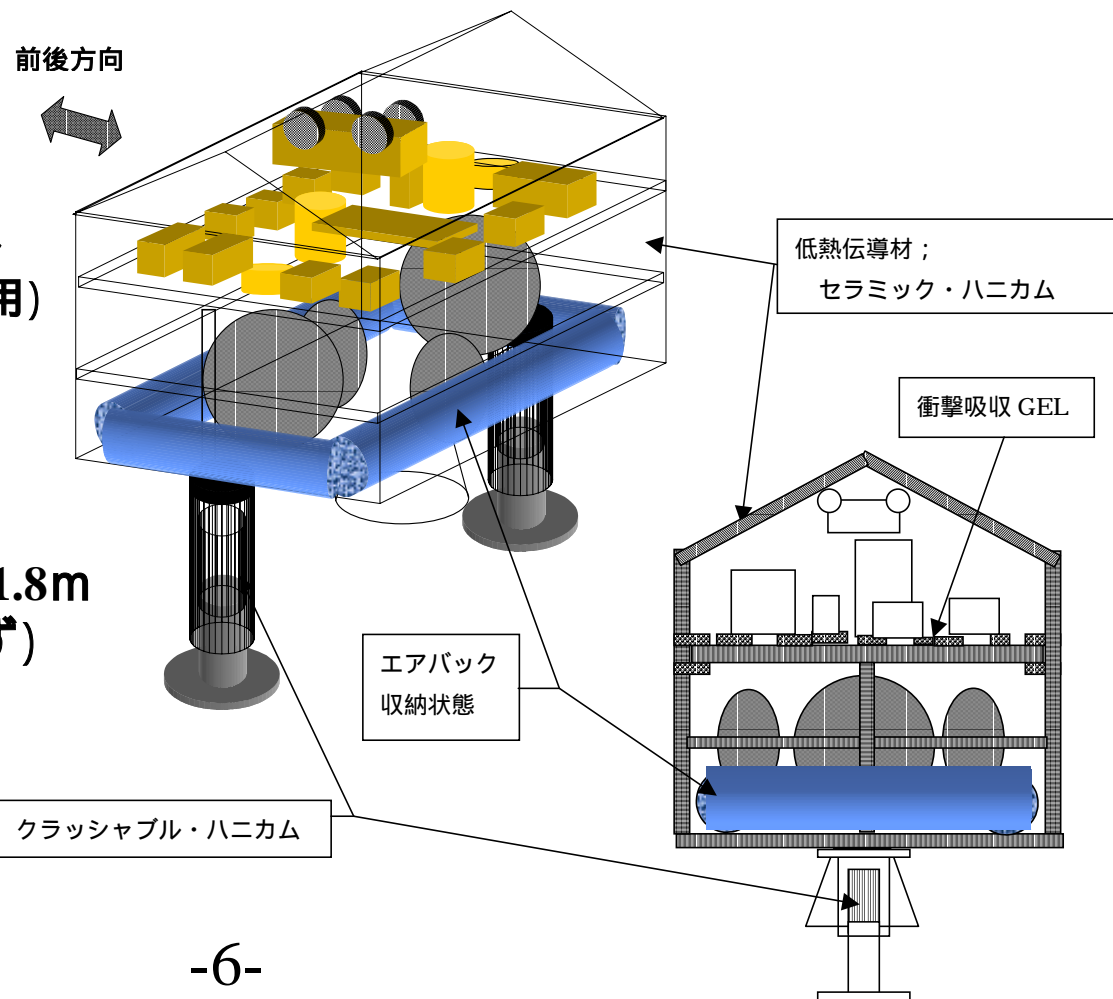
#### 主構体

CFRPスキンハニカムパネル  
(高断熱セラミックハニカム採用)

#### CFRP脚構造

サイズ ; 1.6m × 2.5m × 1.8m  
(脚長0.7m含まず)

構体質量; 60kg程度  
(脚・エアバック含まず)



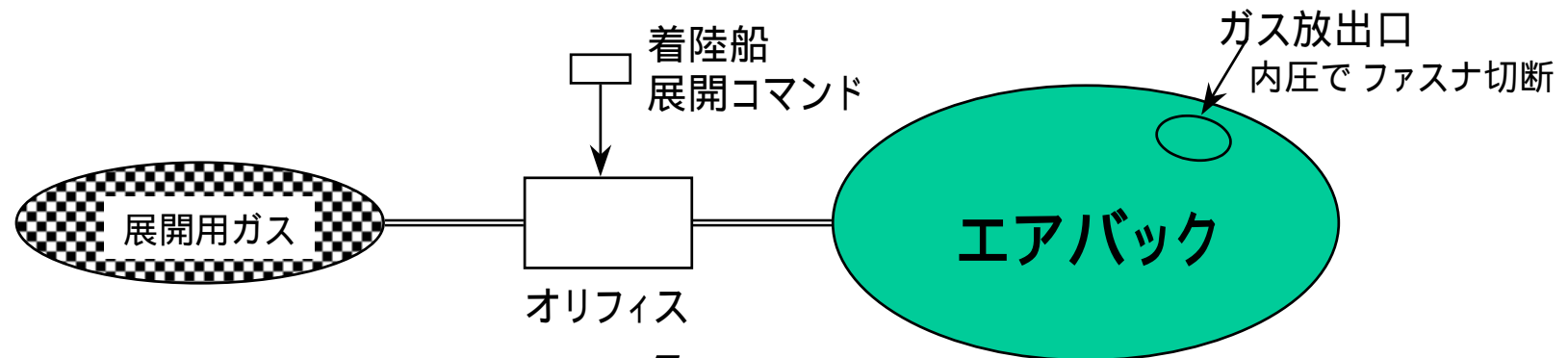
## 3. 要素技術

### エアバックの特徴

エアバックサイズは、ロケットフェアリングサイズに制限されない  
 月軟着陸前に展開し、接地面積、形状の最適化が可能  
 展開効率; 2 ~ 3%程度(展開前の容積 / 展開後容積)

着陸船の展開コマンドでオリフィスを開き、展開ガスをエアバックに充填

月面接地時、エアバックがはずまない設計も可能  
 エアバック変形等による内圧上昇を、ガス放出口のファスナ切断で防止

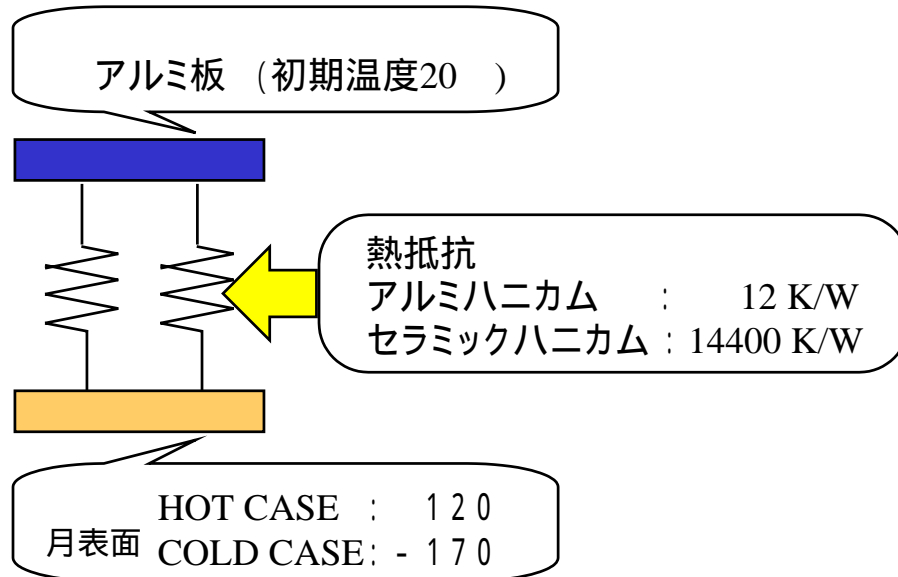




## 3. 要素技術

### セラミックハニカムの概要

セラミックハニカムを着陸船構体に適用すると、着陸時の圧縮強度が要求される。セラミックハニカムは、同等圧縮強度を有するアルミハニカムと比較して、約1,000倍の断熱性能を有する。比較検討例として、月面上の昼間と夜間を模擬した温度解析を以下に示す。

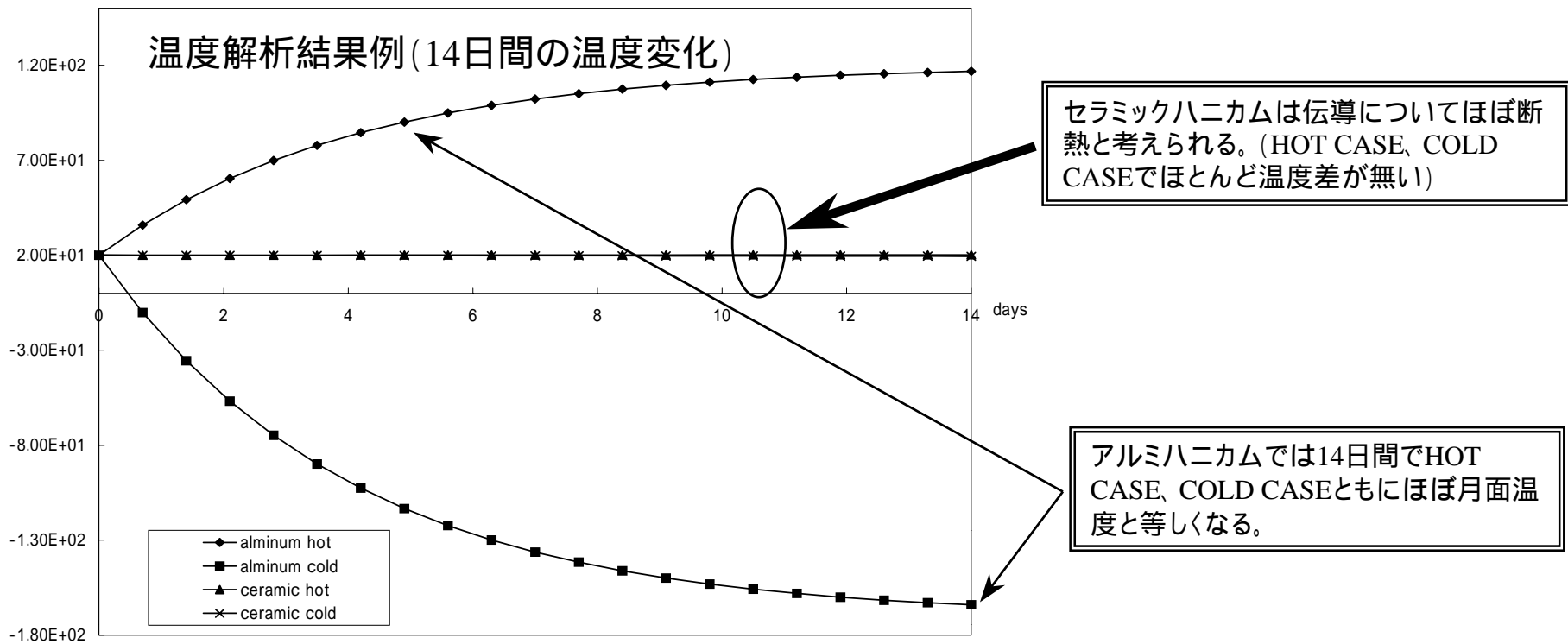


コア特性 (例)

材料	単位	Alコア	Ceramicコア
材料密度	kg/m <sup>3</sup>	2800	1333
コア密度	kg/m <sup>3</sup>	26	38
コア厚さ	mm	25	25
コア質量	kg	0.65	0.95
熱伝導率	W/mK	235	0.061
接触面積	m <sup>2</sup>	0.0093	0.0285
熱抵抗	K/W	11.5	14376.6

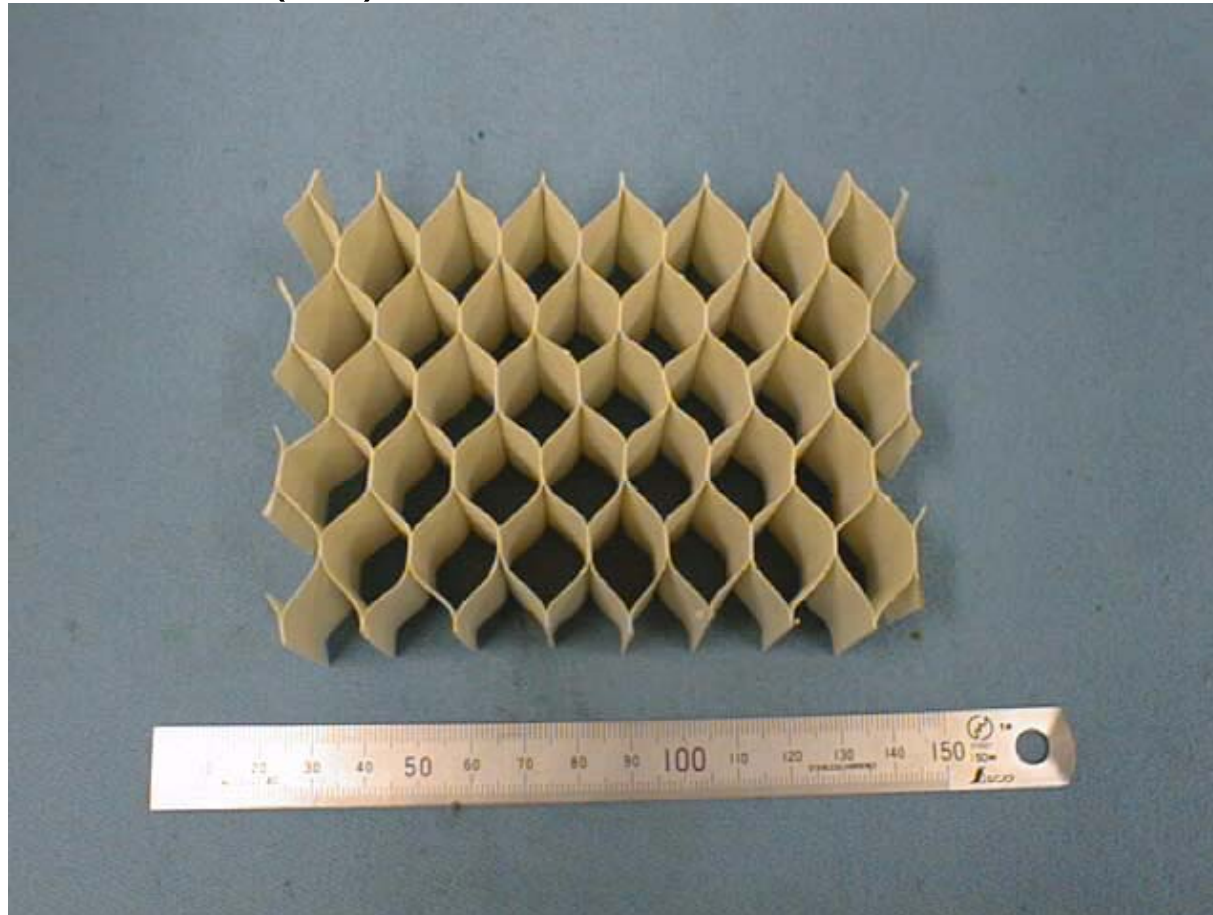
## 3. 要素技術

セラミックハニカムは、アルミハニカムと比較し、断熱性能は極めて高く、月面からの熱伝導を遮断できる。



## 3. 要素技術

### セラミックハニカム(例)



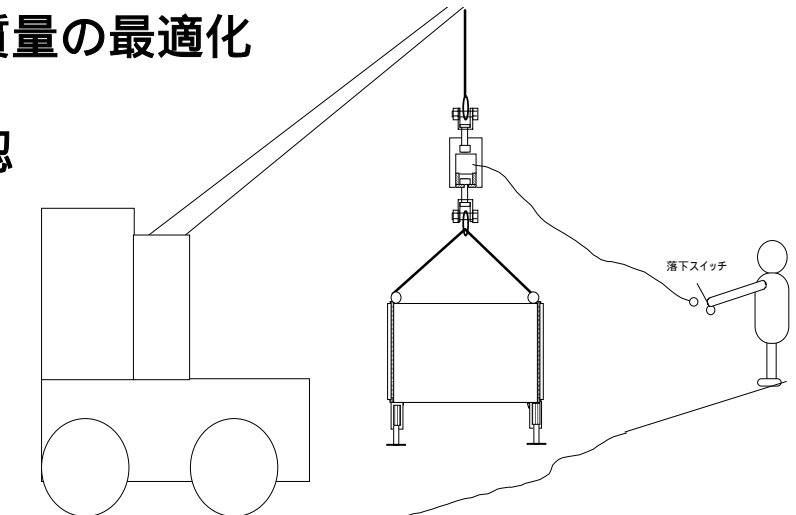
### 3. 要素技術

#### 技術課題；

着陸衝撃データの取得と接地コンセプトの確認  
月面障害物を想定した地面形状での着陸船の挙動データの取得

脚・構造の軽量化  
エアバックと脚の組合せによる質量の最適化

セラミックハニカム断熱性能の確認  
断熱試験による材料評価



着陸衝撃データ取得試験構想

## 4.まとめ

---

月着陸船の転倒防止にエアバックを利用する案を以下の2ステップに分けて検討した。

**エアバックにより着陸船の姿勢を安定、保持する着陸実験**

**小型ローバーを展開するため、エアバックのガス放出により、着陸船を月面に接地させる地質探査ミッションへの確実な移行**

エアバックは、地上の無人機での実績があり、月着陸船の着陸衝撃データを試験で取得・評価することにより、開発リスクを低減できる。