

# 東海大学ハイブリッドロケット打上実験計画書

2016年1月19日  
東海大学学生ロケットプロジェクト  
団体責任者 教授 那賀川 一郎  
実験責任者 教授 那賀川 一郎  
学生実験責任者 植松 千春

## 1. 実験目的

ハイブリッドロケット 2 機の打上実験の目的を示す。

ハイブリッドロケット 40 号機 (TSRP-H-40)

- ・ 新型機体構造の打上実証実験
- ・ 新型バルブシステムの打上試験
- ・ 改良型分離機構の打上動作実証

ハイブリッドロケット 41 号機 (TSRP-H-41)

- ・ 新型エンジンの性能実証
- ・ 1kHz ロガーの打上動作実証

## 2. 実験概要

### 2.1. TSRP-H-40

打ち上げには、自作の地上支援設備を使用し、全長 5 m の発射台を用いて打ち上げを行う。到達高度は地上から約 930 m を予定している。ロケットは打ち上げ後、頂点付近で 1 段目小型パラシュートの開傘を行い、低高度まで比較的早いスピードで降下する。続いて、高度 150 m 付近まで降下後に 2 段目メインパラシュートの開傘を行い、1 km の指定された保安区域に減速落下させ、着地を確認後、機体に搭載されたテレメトリによって位置を特定し回収を行う。なお、ロケット発射場所の地盤高は平均海面より 3 m である。

### 2.2. TSRP-H-41

打ち上げには、自作の地上支援設備を使用し、全長 5 m の発射台を用いて打ち上げを行う。到達高度は地上から約 420 m を予定している。ロケットは打ち上げ後、頂点付近でパラシュートの開傘を行い、1 km の指定された保安区域に減速落下させ、着地を確認後、回収を行う。なお、ロケット発射場所の地盤高は平均海面より 3 m である。

### 3. 機体概要

#### 3.1. TSRP-H-40

機体は、市販の CFRP チューブを主構造とし、一部チューブに GFRP を使用する CFRP/GFRP 併用構造である。機体はモジュール形式を採用し、各チューブはコンポーネントごとにアルミニウム合金製プレートによって結合されている。パラシュートの放出には無火薬式の分離機構を用いる。エンジンは、当団体が開発した自作エンジンである THR-F210L 改-LTD(\*1)を使用する。燃料にワックス燃料、酸化剤に亜酸化窒素を使用する。搭載計器には、加速度センサ、ジャイロセンサ、気圧センサ、温度センサを搭載した共通計器とテレメータ、分離に影響しない教育用共通計器を搭載している。また、機体は全機回収であり、地上への投棄物はない。表 1 に機体の仕様を示す。

\*1 THR-F210L 改-LTD : Tokai Hybrid Rocket-Flightmodel-Limited

2012 年度 1 kN 級 L 型エンジン改良型の略称

表 1 TSRP-H-40 仕様

| 名称     | TSRP-H-40  |
|--------|--|
| 全長     | 2.13 m   |
| 直径     | 183 mm   |
| 乾燥質量   | 16.1 kg  |
| エンジン   | THR-F210L 改-LTD  |
| 予想到達高度 | 930 m  |
| 回収方法   | 2 段階パラシュートによる減速落下  |
| 搭載物    | ハイブリッドロケットエンジン<br>無火薬式 2 段分離機構<br>小型パラシュート<br>メインパラシュート<br>共通計器<br>テレメータ<br>教育用共通計器<br>カメラ |

#### 3.2. TSRP-H-41

機体は、市販の GFRP チューブを主構造として使用する。機体はモジュール形式を採用し、各チューブはコンポーネントごとにアルミニウム合金製プレートによって結合されている。パラシュートの放出には無火薬式の分離機構を用いる。エンジンは、当団体が開発した自作エンジンである THR-E/F406K(\*2)を使用する。燃料にワックス燃料、酸化剤に亜

酸化窒素を使用する。搭載計器には、加速度センサ、ジャイロセンサ、気圧センサ、温度センサを搭載した共通計器とサンプリングレート 1 kHz でロギングを行う加速度ロガーを搭載している。また、機体は全機回収であり、地上への投棄物はない。表 2 に機体の仕様を示す。

\*2 THR-E/F406K : Tokai Hybrid Rocket-Engineering/Flightmodel  
2014 年度 600 N 級 K 型エンジンの略称

表 2 TSRP-H-41 仕様

|        |  |
|--------|--|
| 名称     | TSRP-H-41  |
| 全長     | 1.59 m   |
| 直径     | 154 mm   |
| 乾燥質量   | 6.4 kg   |
| エンジン   | THR-E/F406K  |
| 予想到達高度 | 420 m  |
| 回収方法   | パラシュートによる減速落下  |
| 搭載物    | ハイブリッドロケットエンジン<br>無火薬式分離機構<br>パラシュート<br>共通計器<br>1 kHz ロガー<br>カメラ |

#### 4. 日程

実験日程は 2016 年 2 月 28 日(日)～3 月 7 日(月)である。

表 3

|             |                  |
|-------------|------------------|
| 2 月 28 日(日) | 大樹町到着 物品/射点確認    |
| 29 日(月)     | 物品受取 地上設備設営 機体組立 |
| 3 月 1 日(火)  | リハーサル            |
| 2 日(水)      | H-41 打上実験        |
| 3 日(木)      | H-40 打上実験        |
| 4 日(金)      | 予備日              |
| 5 日(土)      | 予備日              |

|       |             |
|-------|-------------|
| 6日(日) | 片付け 物品梱包/輸送 |
| 7日(月) | 大樹町出発 帰宅    |

## 5. 打上実施日時

打上実験は、予備日を含めて3月1日(火)から6日(日)の9:50~12:50を予定している。この時間帯内に打上実験ができなかった場合、同日の8:50~9:00, 14:10~14:20, 14:50~15:10, 15:40~15:50, 16:20~日没 (JST) に実施する。

## 7. 安全対策

- (1) 打上げ点火作業者との距離 150 m
- (2) 指定保安区域 北緯 42° 30' 51.56" 東経 143° 26' 22.34" を中心とした半径 1 km 内(付図 1 を参照)
- (3) 風速制限 地上において 7 m/s 以下、および上空 500 m 地点で 10 m/s 以下
- (4) 発射仰角 76° ~86° 程度  
(風向と風速に応じて、事前の飛翔予測計算を参考に決定)
- (5) 立入制限区域 見学位置は射点西側、距離は射点から 560 m の位置とする。また、打ち上げ 30 分前には最後に射点に残るメンバー以外の人員の退避を開始する。(駐車場での見学は不可とする)
- (6) 打上げ時の連絡 付表 2 に記載する関係各所に、打ち上げ実験実施日前日 17 時まで、実施 15 分前、実施後に電話連絡を入れる。
- (7) その他の気象条件

雷雲等の天候及び気象条件は以下の制限を設ける。この制限は JAXA の打上げ気象制限を参考に設けた。以下の制限を満たしていなければ原則として打上げを延期または中止とする。ただし、PM 判断及び会場側の判断で行うものとする。

- ・ 雷による制限

射点を中心として、気象レーダーで半径 20 km 圏内に雷雲または稲妻がない、気象レーダーで検出された場合、雷雲が半径 20 km をすぎるまで延期または中止とする。(ランチャが避雷針になるため、雷の移動量が 14 km 程度なので安全範囲を設けた)

- ・ 雨による視界遮蔽距離制限

降雨または降雪によって目視による 1 km 以内の観測が不可能であると判断される大樹町の気象観測データの単位時間あたりの降雨降雪量が 11.3 mm/h 以上を観測した場合打ち上げを中止

○視程距離 (V) と光波減衰量 ( $\sigma$ ) の関係式は

$$\sigma = 13/V \text{ dB/km}$$

で示され、10 分間降雨降雪量 (R) と光波減衰量 ( $\sigma$ ) の関係は

$$\sigma = 4.9R^{0.63} \text{ dB/km}$$

で示されるので 1 km の視程を確保するためには

10 分間降雨降雪量が 4.7 mm/10 min である必要があり 1 時間当たりの降雨降雪量に直すと約 28.2 mm/h である。

また、10 分間平均の降雨降雪量は実際の 1 時間あたりの降雨降雪量の 2~2.5 倍となるので 28.2 mm/h の 4 割とすると 1 時間あたり 11.3 mm/h である。よって、11.3 mm/h を上限とする。

それ以降増加するようならその日は延期(その場判断)

・地震による制限

発生時：ランチャ横転の危険性、GSE 周りのボンベがある場合その場から避難

震度 4 以上：ランチャが横転する可能性があり、準備所に避難

→発生後、ロケット及び GSE を含む打ち上げシステムに破損がないか確認する

・竜巻による制限

巻き込まれる危険性があるため、発生確認後は、準備所に避難、規模が大きい場合は避難

・濃霧による制限

観測隊及び点火所、待避所で射点の様子が確認できないときは打上げ延期

・雪による制限

風雪の場合、その日の打上げを中止する

[天候情報取得源]

・気象庁 気象警報・注意報：北海道 雷注意報，警報

・ウェザーニュース

・日本気象協会 (<http://tenki.jp/>)

・国際気象海洋株式会社

・NCEP (<http://www.ncep.noaa.gov/>)

・大樹町公式ホームページ/気象観測データ

(<http://www.town.taiki.hokkaido.jp/mamedasu/index.html>)

## 8. 連絡先

東海大学チャレンジセンター学生ロケットプロジェクト

E mail : tokai.srp(a)gmail.com ※(a)を@に置き換えてください。

付表1 ハイブリッドロケット機体仕様

◇H-40

|        |  |
|--------|--|
| 名称     | TSRP-H-40  |
| 全長     | 2.13 m   |
| 直径     | 183 mm   |
| 乾燥質量   | 16.1 kg  |
| エンジン   | THR-F210L改-LTD   |
| 予想到達高度 | 930 m  |
| 回収方法   | 2段階パラシュートによる減速落下   |
| 搭載物    | ハイブリッドロケットエンジン<br>無火薬式2段分離機構<br>小型パラシュート<br>メインパラシュート<br>共通計器<br>テレメータ<br>教育用共通計器<br>カメラ |

◇H-41

|        |   |
|--------|---|
| 名称     | TSRP-H-41   |
| 全長     | 1.59 m  |
| 直径     | 154 mm  |
| 乾燥質量   | 6.4 kg  |
| エンジン   | THR-E/F406K   |
| 予想到達高度 | 420 m   |
| 回収方法   | パラシュートによる減速落下   |
| 搭載物    | ハイブリッドロケットエンジン<br>無火薬式分離機構<br>パラシュート<br>共通計器<br>1 kHzロガー<br>カメラ |

