

# 模型ロケットを打ち上げよう!!

## — 模型ロケット —

本教材は宇宙とのつながりを軸として科学を身近に感じてもらうために作った科学教材です。本教材の利用による事故等については一切責任を持ちかねますので、本教材の利用は、経験のある指導者の指導の下に行ってください。



●教材提供●  
日本宇宙少年団  
福岡分団 麻生 茂氏

2005年3月31日発行  
2020年10月15日改訂

- ★A型エンジンに限っては、国内では玩具扱いなので、自由に打ち上げることができます。ただし、安全には十分気をつける必要があります。なお、場合によっては周辺地域への説明・連絡や消防署への届出も必要になります。
- ★B型エンジン以上を用いたモデルロケットの製作と打ち上げは、安全面からモデルロケット協会のライセンス取得者が実施しています。

### 目標とねらい

模型ロケットは、本物のロケットと全く同じ原理で飛行します。その意味で、「本物」に触れることができる優れた教材です。ロケットが飛ぶ原理を知り、安定して飛行するための方法を学び、最後に自分で作った模型ロケットが空高く飛翔することで達成感、宇宙への夢を育むことができます。

本模型ロケットは水ロケットを数多く体験した後に実施するのがよい。

中学生を対象にする場合には、モデルロケットの基礎学習としてロケットの初歩的理論や構造を指導すると同時に安全指導を行い、本物のロケットとの共通性を学びとらせます。又モデルロケットに関する火薬類取締法を学び、本物の打ち上げを疑似体験することにより宇宙開発について考える機会とすることができます。

この模型ロケットは子供達に科学のおもしろさを体験させるために作ったものです。製作および飛行にあたっては必ず内容を熟知した人が立ち会ってください。

模型ロケットの製作と打ち上げは本文末尾の参考文献をよく理解して行って下さい。

火薬を使用するので打ち上げ場所はかなり限定され（公の場所ではなかなか許可してもらえない）、さらに場合によっては周辺地域への説明・連絡や消防署への届出も必要になります。

現在市販されているモデルロケットの製作と打ち上げは、安全面からモデルロケット協会のライセンス取得者が実施しています。

対象学年	小学校中学年以上	所要時間	工作: 2～3時間、打ち上げ: 5～10分（1回）
指導者の資質	ロケット打ち上げについては、火薬を扱うので必ず経験者が必要。模型ロケット打ち上げのライセンスを持った人や日本モデルロケット協会認定ライセンス4級所持者などが望ましい。		

# 1 画用紙火薬ロケットの工作

## ●工作に使う材料と道具

### 【ロケット本体の材料】

- 色画用紙 310g / m<sup>2</sup>程度、A3判 (例:カラー方眼ボール紙):ロケット本体 (ボディ)、ノーズコーン、ノーズ結合部、フィン (尾翼)
- ロケット本体 (ボディ):ロケット胴体の紙筒・長さ約300mmは使用済みモーターを用いて現物合わせで製作する。(図-2参照)
- ノーズコーン取り付け用の紙筒 (長さ30mm) を製作する。
- フィンを製作する。
- ゴムひも 幅5mm×長さ30cm×1本
- タコ糸 4m×1本
- リボン (長さ約30cm幅約2cm):パラシュート (落下傘) の代用
- ビニールテープ
- セロハンテープ
- 両面テープ (幅2cm)
- ストロー (直径5mm長さ50mm) ×1本
- 速乾性接着剤
- 油粘土 (幅6mm×長さ6mm×奥行き20mm) ×1個
- 不燃紙 (リカバリーワディング)
- ロケットモーター (火薬エンジン) 一式:(市販品:A8-3エンジン、イグナイター、プラグ)

### 【打ち上げに使うランチャー (発射台)】

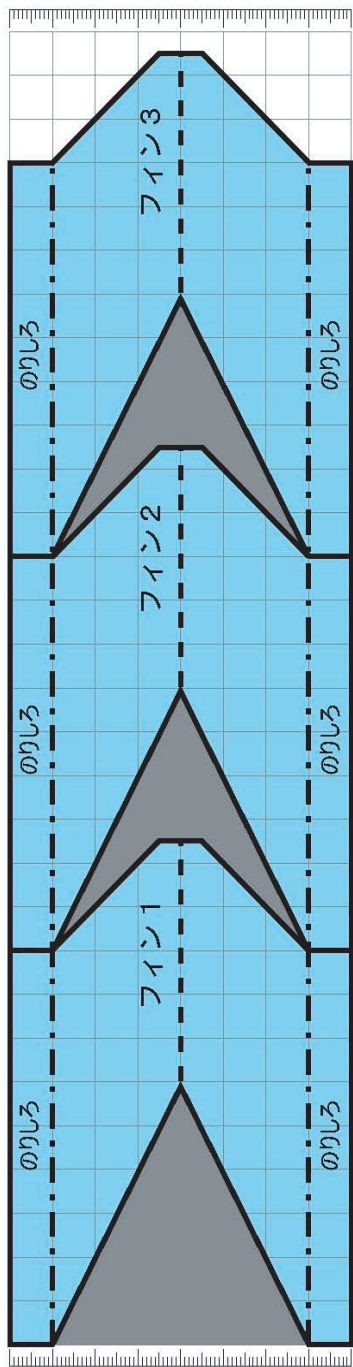
使い易さと安全面から、市販のランチャーを購入する事をお勧めする。  
\*ロケット5-3 ページ「ランチャー、モーターなどの入手問い合わせ先」参照

### 【工具・道具】

(指導者は刃物や工具の安全な使い方を事前に指導すること)

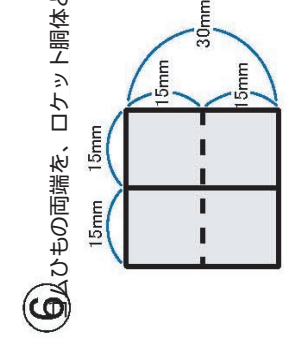
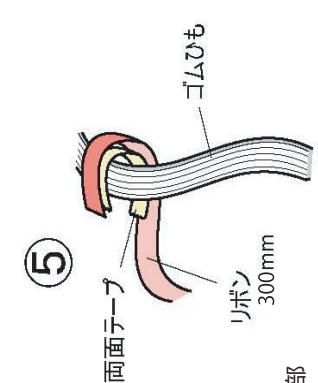
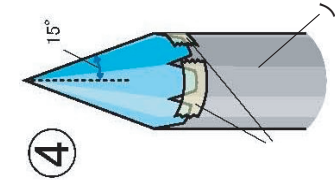
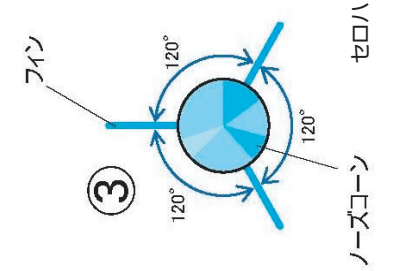
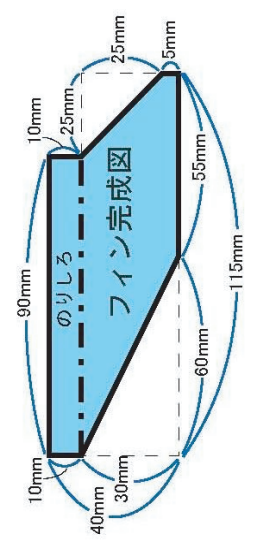
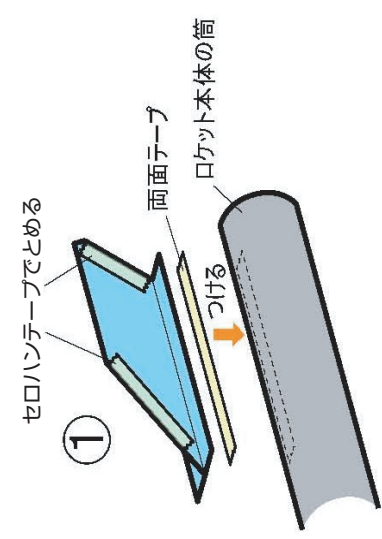
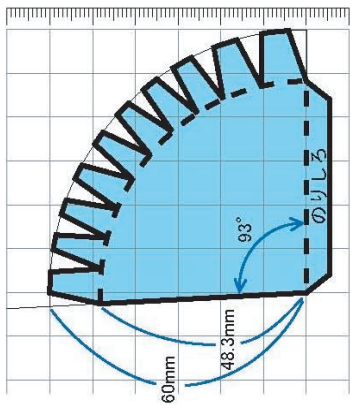
- 定規
- はさみ
- 筆記具
- 机上保護板 (カッターマット、段ボールなど)

画用紙火薬ロケット設計図 (単位 mm)

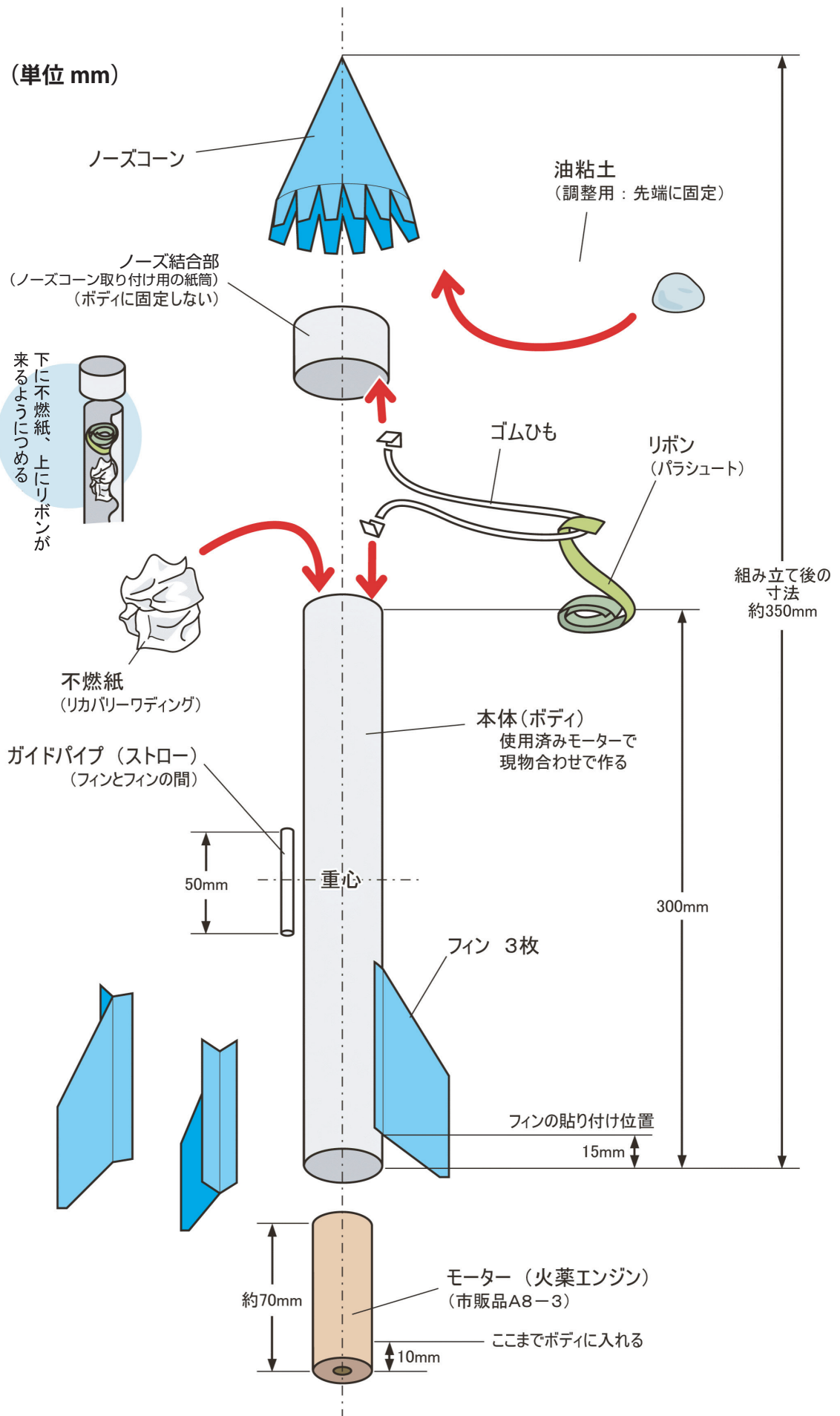


**注意**  
 1) 許可なく複製することを禁じます  
 2) 本図の使用によるいかなる損害賠償にも応じられません

--- 山折り  
 - - - 谷折り

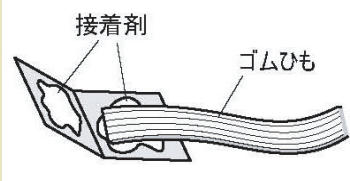
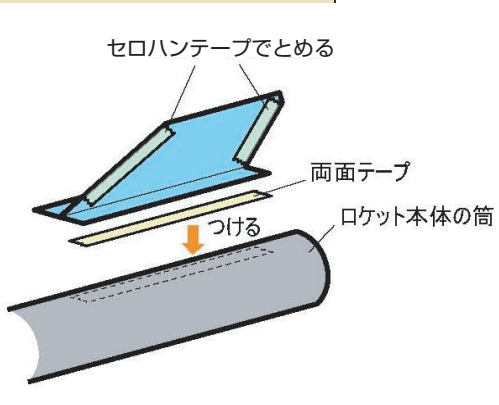
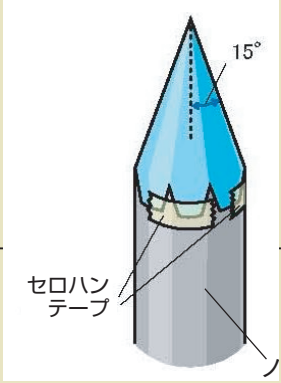


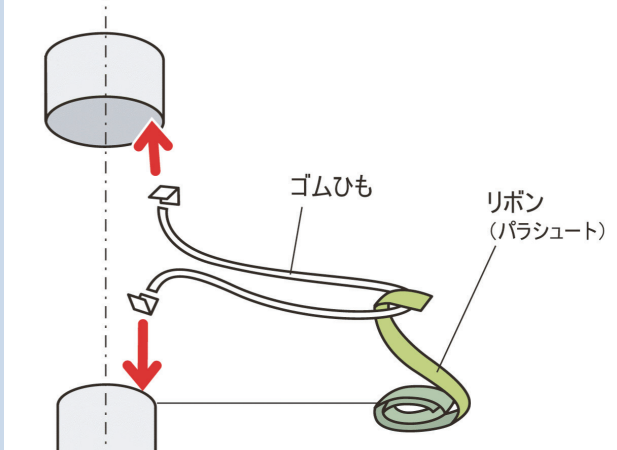
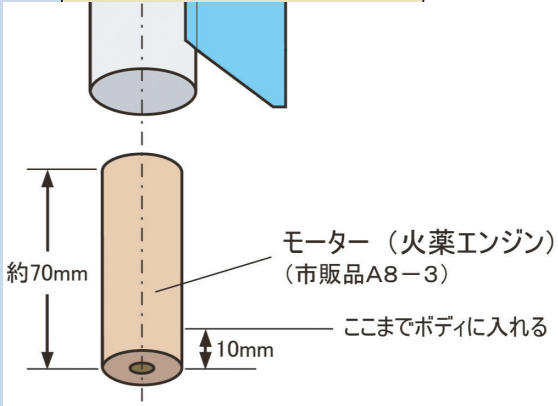

●概略寸法図 (単位 mm)



\*ランチャー、モーターなどの入手問い合わせ先  
 日本モデルロケット協会  
 〒 356-8691 埼玉県ふじみ野市上福岡 1-5-23 青柳ビル 4 F  
 電話 049-266-5188 FAX049-266-5198

● 工作の順序と指導 (2 ~ 3 時間)

子どもの作業内容	指導内容	備考
<p>① ゴムひもの両端に、設計図の⑥の通りに紙を2枚切り取ってそれぞれを二つ折りにし、中に速乾性接着剤を盛り上げるようにぬり、ゴムひもの両端を接着する。</p>		
<p>② フィンを作る ・色画用紙に設計図からフィン（尾翼3枚）の形を写し切り取る。</p>		
<p>③ フィンを3枚組み立てる。 ・色がついたほうが表になるようにする。 ・フィンの先端（風があたるところの斜面）とその反対側をセロハンテープでカバー（補強）する。 ・のりしろの部分に両面テープを貼る。</p>		
<p>④ フィンを装着する ・ロケット本体の下部（お尻のほう）から15mmのところを鉛筆で目印をつける。（概略寸法図「フィンの貼り付け位置」の部分） ・設計図の③の120度ごとに分割した紙をロケットの筒の下に置き、3分割する線をロケット本体に書く。 ・3つのフィンをその線にしたがって120度ごとに両面テープで装着する。 ・フィンののりしろ部分を、上からセロハンテープでおさえる。</p>		
<p>⑤ ノーズコーンを作る ・設計図の通りにノーズコーンを切り取り、コーン状に丸める。 ・色画用紙を円筒状に丸めて、長さ3cmのノーズ結合部（ノーズコーン取り付け用の紙筒）は円筒状に丸める。このとき、ノーズ結合部はロケット本体の筒からスムーズに抜けるように直径を調整する。</p>		
<p>⑥ ノーズコーンを装着する ・ノーズコーンをノーズ結合部にセロハンテープで装着する（設計図④）。 ・ロケット本体の先端とノーズ結合部をゴムひもで結ぶ。ゴムひもの両端につけた紙を、ロケット本体とノーズ結合部に速乾性接着剤で接着する。</p>		

子どもの作業内容	指導内容	備考
<p>⑦リボンをゴムひもの真ん中に、両面テープまたはホチキスで止める。</p> 		
<p>⑧リボンを丸めてたたみ、ロケット本体にしまい込み、ノーズコーンをかぶせる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>このとき、不燃性のティッシュペーパー（リカバリーワディング）を少しだけ先に詰め、それからリボン（パラシュート）をしまおうと燃焼ガスによるリボンの損傷が少ない。</li> </ul>	
<p>⑨モーターを装着する</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ロケット本体後端に、モーター（火薬エンジン）をビニールテープで1周以上しっかり巻いて固定する。</li> <li>※このとき、10mm 出ているエンジンの端をつかんでロケットの筒内に強く押ししても、エンジンが動かないくらいにしっかり固定されていることを確認する。</li> </ul>		
<p>⑩タコ糸で輪を作り、ロケットを輪に通し水平になるところ（重心）を見つけ、重心位置にタコ糸を固定する。このタコ糸の先端を持ってロケットを約2～3mの半径でぐるぐる回してみる（スウィングテスト）。どのような向きから始めてもロケットの先端が前を向いて飛ぶことを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>確認ができなかったら、ロケットの先端が前を向いて飛ぶまでノーズコーンに油粘土を詰める。</li> </ul>	<p>スウィングテスト</p> 	
<p>⑪重心の位置にガイドパイプとしてのストローをセロハンテープで固定する。（概略寸法図参照）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>50mmのストローの上と下の2ヶ所をセロハンテープで固定する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ただし、あまり強く固定しすぎてストローがつぶれないようにする。</li> </ul>	

子どもの作業内容	指導内容	備考
⑫名前やイラストを書く ・完成した模型ロケットに自分の名前を書く。 ・ロケットの名前や号機も書く。	・自分の好きな絵や言葉（夢や希望）を書かせても楽しい。	
⑬最終検査をして完成 ・部品の組み付け忘れはないか？ ・各部品はボディーの中心線と合っているか？ ・左右対称についているか？ ・接合部はしっかり固定されているか？		

## 2 画用紙火薬ロケットの打ち上げ

### ●打ち上げ前に準備するもの

用具・保護具	
	<input type="checkbox"/> ランチャー（発射台、発射コントローラー）一式／（市販品） <input type="checkbox"/> 乾電池 <input type="checkbox"/> 消火用水（バケツに水を入れて近くに置いておく）又は消火器 <input type="checkbox"/> セーフティコーン（射場区域の明示）、トラロープ、立ち入り禁止等の安全表示看板 <input type="checkbox"/> ドライバー、ペンチ等（ランチャーの修理等） <input type="checkbox"/> ヘルメット

この画用紙ロケットの打ち上げについては模型ロケット打ち上げのライセンスを持った人、あるいは経験者（たとえば、日本モデルロケット協会認定ライセンス4級所持者など）の下に行うこと。

打ち上げについては、日本モデルロケット協会のホームページ <http://www.ja-r.net> を参考にしてください。

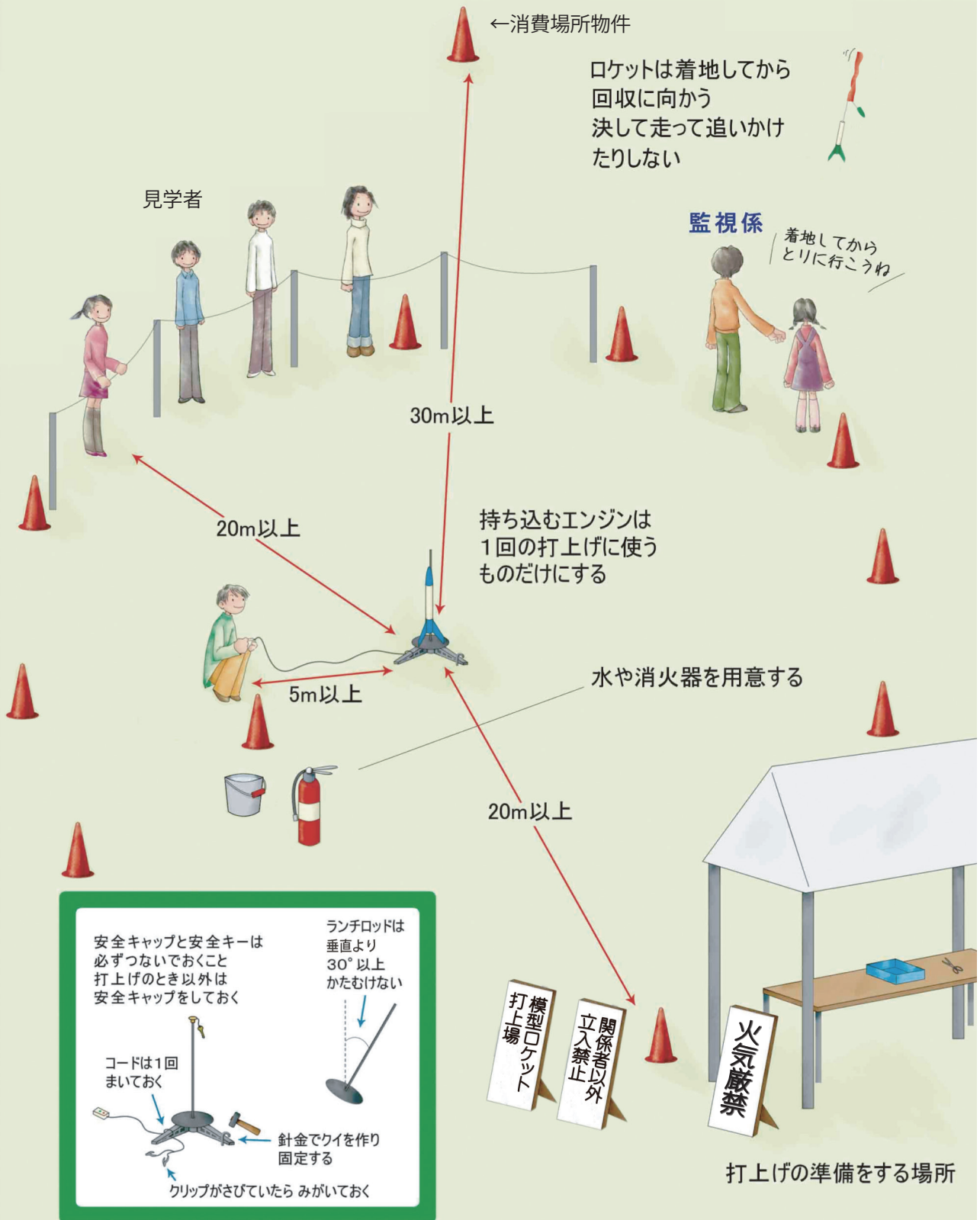
## ●打ち上げに必要な条件

要件	留意点
場 所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・十分な広さを確保する。</li> <li>・発射場として、民家、送電線、樹木等、障害物のない 50m 四方以上の広い場所が必要である。</li> <li>・ランチャーを設置する場所に枯葉や燃えやすいものがないこと。</li> <li>・他者の有無を確認する。 とくに第三者や子どもがいるときは、安全な場所への退避をお願いする。</li> <li>・射場区域（立ち入り禁止区域）をセーフティコーンや「模型ロケット打上場」「関係者以外立入禁止」等と書かれた看板等で明示する。</li> <li>・射場区域は火気厳禁とし、看板等で明示する。</li> </ul>
天 候	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強風（とくに横風）時は打ち上げない（風速 8m / 秒以内）。</li> <li>・降雨時及び雷が発生しているときは打ち上げない。</li> <li>・視界が悪いときは打ち上げない。</li> </ul>
ランチャー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・使い方の熟知と点火不良時対策の確認（ロケットモーターが点火しなかった場合は、発射コントローラーから安全キーを抜いて 1 分間ほど待ってから原因を調べる）</li> <li>・ランチャーの固定と発射角度（垂直から 30 度以上傾けない）を確実にする。</li> </ul>
保護具の着用	<ul style="list-style-type: none"> <li>・落下するロケットから頭部を保護する（落下地点の監視員）：ヘルメット</li> </ul>



# 打ち上げ場所とランチャー・発射台のセット方法

(この図で示している距離は、黒色火薬 20g 以下のエンジンを使用した場合の値です。詳しくは、日本モデルロケット協会のホームページの自主消費基準を参考して下さい。)



●人員（役割分担）→前ページの図参照

人員	留意点
管制官	<ul style="list-style-type: none"> <li>打ち上げ場全体の安全管理責任者。</li> </ul>
ランチャー係	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロケットのランチャーへのセット確認は、必ずランチャー係が行う。</li> <li>全員がセットできたら、管制官の指示によりコントローラーを持ち発射の準備をする。</li> <li>点火不良への対応が適切にできるようにしておく。</li> <li>セット後は決して子どもをロケットに近づけない。</li> <li>ロケットを上からのぞかない</li> <li>発射はロケットの斜め後ろで行い、ランチャーの真後ろに子どもを立たせない。</li> </ul>
監視係	<ul style="list-style-type: none"> <li>立ち入り禁止区域への侵入者確認。立ち入り禁止区域内に人がいるときは、管制官に合図をして、打ち上げを待ってもらい、安全な場所に退避を指示する。</li> <li>区域外への落下も予想されるので、周囲の人にも注意を促す。</li> <li>どこに落ちたかを確認する。</li> <li>木に引っかかったり、池などに落下したときは安全に回収する方策を指示する。</li> <li>ロケットを回収した後は、打ち上げ場の脇を歩いて速やかに戻るように指示する。</li> </ul>

●試し打ち

- ①機体の飛行特性、飛距離、高度、着地点等を把握しておく。
- ②打ち上げ場の広さに応じたランチャーの発射角をつかんでおく。

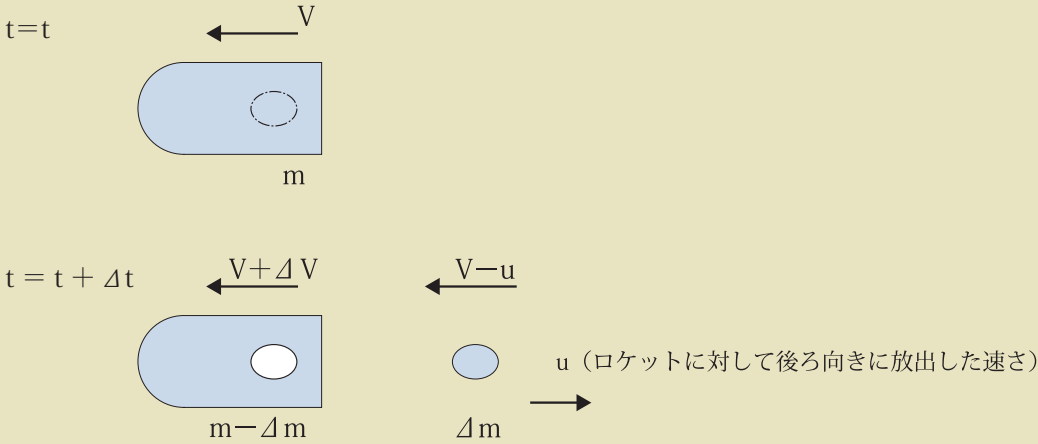
●打ち上げ（1回で5～10分）

子どもの作業内容	指導内容	備考
①ロケットモーター（火薬エンジン）、イグナイター（着火部品）、キャップが確実にセットされているか確認する。		
②ロケットをランチャーにセットする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>セット開始の指示を出し、全員が終了するまで待機する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>打ち上げ場の監視係に周囲の安全を確認し、セットの予告をする。（総員待避確認）</li> <li>ランチャー係が確実にセットされていることを確認する。</li> <li>ランチャーの上下角・方位も、このときに設定する。</li> </ul>

子どもの作業内容	指導内容	備考
<p>③カウントダウンと発射</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>発射コントローラーのセットを行う。</li> <li>カウントダウンに入る。</li> </ul> <p>指差呼称 1. 発射準備完了（中学生は英語でやるとよい）</p> <p>指差呼称 2. 低空飛行物体なし</p> <p>指差呼称 3. 秒読み開始</p> <p>指差呼称 4. 「5、4、3、2、1、点火！」</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>打ち上げ場の監視係に周囲の安全を確認する（最終確認）。</li> </ul>
<p><b>★不点火（発射しなかった）の場合</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ロケットモーターが点火しなかった場合は、発射コントローラーから安全キーを抜いて1分間ほど待つてから原因を調べる。</li> <li>イグナイターの先が燃えているのにロケットモーターが点火しなかったのは、イグナイターの先がロケットモーターの推進薬に触れていなかったのが原因。新しいイグナイターと交換して最初からやりなおす。</li> <li>イグナイターの先が燃えていないときは、マイクロクリップの接触不良か発射コントローラーの電池の容量不足が原因。マイクロクリップは、ときどき表面を紙ヤスリでみがいておく。また電池の容量不足のときは、4本同時に新品のアルカリ電池に交換する。</li> <li>不点火の9割以上が上記の原因による。これ以外にリード線のショート、断線なども考えられる。原因がわからないときは、経験者のアドバイスを受ける。</li> </ul>		
<p>④発射後の作業</p> <p>ランチャー及びコントローラーに安全対策を施し次の準備をする。</p>		
<p>⑤回収する</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>回収したら射場のはしを通り、速やかに安全エリアに逃れる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全員の打ち上げが終わるまで（全機が発射されるまで）、ロケットの回収に行かせない。</li> </ul>	
<p>⑥次のロケットをランチャーにセットする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>回収中でも時間短縮のため、ランチャーのセットは行ってもよい。</li> <li>発射コントローラーのセットは、打ち上げ場に人がいなくなしてから行う。</li> </ul>		
<p>⑦その他</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>風向・風速と落下点の状況を見て、適宜ランチャーの上下角・方位を修正する。</li> </ul>		

補足資料 ロケット方程式の導出と意味

時刻  $t = t$  において速さ  $V$  で飛行しているロケット（質量  $m$ ）が、時刻  $t = t + \Delta t$  において推進剤を  $\Delta m$  だけロケットに対して後ろ向きに速さ  $u$  で放出することにより、ロケットの速さが  $V + \Delta V$  になったとする。ここで、ロケットには重力、空気抵抗は働かないと仮定する。



この間、運動量（運動量＝物体の質量 × 速度）は保存されるから

$$\begin{aligned} mV &= (m - \Delta m)(V + \Delta V) + \Delta m(V - u) \\ &= mV + m\Delta V - V\Delta m - \Delta m \cdot \Delta V + \Delta m \cdot V - \Delta m \cdot u \end{aligned}$$

$\Delta m \cdot \Delta V$  を 2 次の微量として無視すると

$$m\Delta V = u \cdot \Delta m \quad (1)$$

これを微分形で書くと

$$\Delta V = \frac{dV}{dt} \Delta t, \quad \Delta m = -\frac{dm}{dt} \Delta t \quad \left( \frac{dm}{dt} < 0 \text{ より左のように表記することで } \Delta m \text{ は正となる} \right) \text{ より}$$

$$m = \frac{dV}{dt} \Delta t = u \cdot \left( -\frac{dm}{dt} \right) \Delta t$$

$$\therefore m \frac{dV}{dt} = -u \frac{dm}{dt} \quad (2)$$

さらに、次式を得る。

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{u}{m} \frac{dm}{dt}$$

ロケットのエンジンが  $t = 0$  から  $t = t_f$  まで燃焼して推進剤を全て使用したとすると

$$\int_0^{t_f} \frac{dV}{dt} dt = - \int_0^{t_f} \frac{u}{m} \frac{dm}{dt} dt$$

$$\therefore \int_{V(0)}^{V(t_f)} dV = - \int_{m(0)}^{m(t_f)} \frac{u}{m} dm$$

$$\therefore V(t_f) - V(0) = - \int_{m(0)}^{m(t_f)} \frac{u}{m} dm \quad (3)$$

ここで  $V(t_f) - V(0)$  はロケットのエンジンの燃焼開始から燃焼終了までの速度の増分であり、これを  $\Delta Q (= V(t_f) - V(0))$  で表す。

$u = \text{const.}$  とすると

$$\Delta Q = -u \int_{m(0)}^{m(t_f)} \frac{dm}{m} = -u \left[ \ln m \right]_{m(0)}^{m(t_f)}$$

$$\Delta Q = -u (\ln m(t_f) - \ln m(0)) = u (\ln m(0) - \ln m(t_f))$$

$$\Delta Q = u \ln \frac{m(0)}{m(t_f)} \quad (4)$$

※ここで  $\ln$  は、ネイピア数  $e$  を底とする自然対数であり、 $\ln m = \log_e m$  のこと。

この式を**ロケット方程式**という。(ロシアの科学者ツィオルコフスキーが導いたので**ツィオルコフスキー方程式**ともいう) この式の意味は、ロケットのエンジンが燃焼を始めてから燃焼が終わるまでに得たロケットの速さの変化(増速という)  $\Delta Q$  は、ロケットから出ていく質量(燃焼ガス)の速さ  $u$  とロケットのエンジンが燃焼を始める前のロケットの質量  $m(0)$  とロケットのエンジンが燃焼を終了したときの質量  $m(t_f)$  で求められることを示している。

質量比  $\mu = \frac{m(t_f)}{m(0)}$  と定義すると以下のように表される。

$$\Delta Q = u \ln \frac{1}{\mu} \quad (5)$$

ここで  $u$  は、ロケットから出ていく質量(燃焼ガス)のロケットに対する相対速度であるので、ノズル出口での外気圧との圧力差から機体に働く推進力も含んだ有効排気速度  $c$  で表すほうが一般的である。

$$\Delta Q = c \ln \frac{1}{\mu} \quad (6)$$

有効排気速度  $c$  はロケットの性能を表す比推力  $I_{sp}$  と重力加速度  $g$  を用いて  $c = g I_{sp}$  と表されるので、次式を得る。

$$\Delta Q = g I_{sp} \ln \frac{1}{\mu} = g I_{sp} \ln \frac{m(0)}{m(t_f)} \quad (7)$$

つまり、 $\Delta Q$  は  $I_{sp}$  と質量比  $\mu = \frac{m(t_f)}{m(0)}$  に関係することがわかる。

それでは1段式のロケットが打ち上げてから得られる速さを求めてみよう。ケロシンを燃料とし、液体酸素を酸化剤とするロケットのエンジンについて  $I_{sp} = 350$  s と仮定し、ロケットの質量比  $\mu$  を 0.2 と仮定する。

まず、ロケットの有効排気速度  $c$  は、

$$c = g \times I_{sp} = 9.8 \text{ m/s}^2 \times 350 \text{ sec} = 3430 \text{ m/s}$$

ロケットが静止状態から発射した時にロケットが最終的に得る速さ  $\Delta Q$  は

$$\Delta Q = 3430 \text{ m/s} \times \ln \left( \frac{1}{0.2} \right) = 3430 \text{ m/s} \times 1.6094 = 5520 \text{ m/s}$$

実施には重力の影響、空気の抵抗などで1段目の最終速度はここまで上がらないが、いずれにしても人工衛星が地球に落下しないで地球を回ることができる第1宇宙速度は  $7.9 \text{ km/s} = 7900 \text{ m/s}$  (人工衛星が地表すれすれに飛んだ時に人工衛星になるために必要な速度) と比べると、このロケットは人工衛星を打ち上げることができない。故に、ツィオルコフスキーは1段のロケットでは人工衛星は打ち上げられないと判断した。でも、ツィオルコフスキーはがっかりせずに、どうしたら第1宇宙速度まで加速できるかを考えた。

その答えは、多段式ロケットだった。1段目の推進剤を使い終わったら1段目のロケットを切り離して2段目のロケットのエンジンに点火するとさらに速度を増すことができる。こうやってロケットの段数を増やすと第1宇宙速度以上の速度を達成することができる考えたのである。例えば、2段式のロケットの場合、1段目のロケットも2段式のロケットも、ケロシンを燃料とし、液体酸素を酸化剤とするエンジンであり、これらの比推力  $I_{sp}$  はいずれも350sと仮定し、1段目を大きくしてロケットの質量比  $\mu$  は0.2が維持されるものと仮定する。このとき、それぞれ一段ごとにロケットの速さは5520m/sだけ速くなっていくから2段目では  $5520 \text{ m/s} + 5520 \text{ m/s} = 11040 \text{ m/s} = 11.04 \text{ km/s}$  となり、第一宇宙速度よりも速くなる。実際には重力の影響、空気の抵抗などでロケットは減速されるのでやっと宇宙に行けたか、あるいは3段目が必要になるだろう。

なお、正確には、

$$\Delta Q = c_1 \ln \frac{\text{打ち上げ前の全ての質量}}{\text{打ち上げ前の全ての質量から1段目の推進剤のみを引いた質量}} + c_2 \ln \frac{\text{1段目を切り離れた直後に残ったロケットの全ての質量}}{\text{1段目を切り離れた直後に残ったロケットの全ての質量から2段目の推進剤のみを引いた質量}} + \dots$$

となることに注意する。ここで、 $c_1$ と $c_2$ はそれぞれ1段目、2段目のロケットのエンジンの有効排気速度である。

日本のH-IIA、H-IIBロケットは推進剤として液体水素と液体酸素を使っていて  $I_{sp} = 450$ 秒と高いため、その分ペイロード（宇宙にもっていく質量）を大きくすることができる。

ここで

$$\text{第1宇宙速度 } V_1 = \sqrt{\frac{GM}{a}} = 7.9 \text{ km/s}$$

$$\text{第2宇宙速度 } V_2 = \sqrt{\frac{2GM}{a}} = 11.2 \text{ km/s}$$

$G$ =重力定数、 $M$ =地球質量、 $GM = 3.986 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$ 、 $a = 6378 \text{ km}$

である。

## 参考文献

### 1) 日本モデルロケット協会関連資料

日本モデルロケット協会 〒356-8691 埼玉県ふじみ野市上福岡1-5-23 青柳ビル 4F  
TEL.049-266-5188 FAX.049-266-5198

2) 「飛ばせ！手作りロケット」日本モデルロケット協会編、誠文堂新光社

3) 「水ロケットを飛ばそう」片岡鉄雄・竹前俊昭・福田研一・吉田譲共著、日刊工業新聞社

4) 「宇宙をめざすきみへⅠ・Ⅱ」（宇宙開発事業団発行、財団法人日本宇宙少年団制作）

5) 「モデルロケット入門」（ラジコン技術 1998年1月号臨時増刊）電波実験社

6) 刃物及び工具類の使い方（日本宇宙少年団教材検討グループ編）

7) 危険予知訓練（下記文献等を参考に各団体で訓練を実施して下さい）

i. 社団法人全国子ども会連合会 発行

「こうしてすすめよう！子ども会 KYT」（執筆・シート絵：伊藤昭彦）

「こうしてすすめよう！子ども会 KYT-2 みつけたキケンくん」（イラスト：伊藤昭彦／菊谷礼子）

\*社団法人全国子ども会連合会

本の杜「FAXサービス」FAX.03-3220-1829

または社団法人全国子ども会連合会事業開発部（東京都文京区大塚 6-1-14）へ。

ii. 中央労働災害防止協会 発行

「KYT4 ラウンド法 イラスト・シート集②」

「短時間 KYT イラスト・シート集②」

iii. 労働基準調査会 編著

「安全作業シート集」

iv. ボーイスカウト愛媛県連盟・健康安全委員会 発行

「スカウトの安全 危険予知トレーニングシート」他

\*財団法人ボーイスカウト連盟〈スカウト用品販売店一覧〉

<http://www.scout.or.jp/scoutshop/shoplist.html>

科学する心を  
育てよう

- ①ロケットの進む原理を説明するにあたって、こんな問いかけをしてみる。「ふくらませた風船の口を放すと、風船はどこへ飛んで行くだろうか?」「風船を膨らませたときに入れた空気はどこにいったのか?」ロケット推進は、基本的には後ろにものを出したらその反動で前に進むものだとわかればよい。
- ②初めてロケットを飛ばしたとき、よく飛ぶのでびっくりする。その飛翔は、衝撃的でもある。この「最初の打ち上げ」を大切にしたい。どのくらい飛ぶか? うまくリボンが開いて軟着陸できるか? など、ドキドキ感を高めてから打ち上げに臨みたい。
- ③なぜよく飛ぶのか(ロケットの原理)、もっと飛ばすにはどうしたらよいか(工夫)など、水ロケットとの違いを問いかけ、好奇心を高めていく。

安全対策

- ① A型エンジンはがん具扱いなので特にライセンスの必要はないが、モデルロケットの安全をよく知ってもらうために、日本モデルロケット協会4級ライセンスを取ることを推奨します。なお、モデルロケットの安全については、日本モデルロケット協会自主消費基準 (<http://www.ja-r.net/> から入り、メニュー→モデルロケット?→安全と進むと出てきます) をご覧ください。
- ②工作の基本的な注意事項や打ち上げ時の注意事項は、その活動を始める前の落ち着いた状態で参加者及び指導者全員で確認し合う。必要な場合は保護者にも協力を呼びかける。
- ③打ち上げ手順を必ず守る。
- ④指導者は“限界”や“異常事態”を知っておく。
  - ア. モーター(火薬エンジン)の危険性(点火、燃焼、点火不良、燃焼不良ほか)
  - イ. 破裂や落下機体に当たったときの衝撃を防ぐ→ヘルメット
  - ウ. 飛行不安定機体及び部品の飛散から守る→打ち上げ場の広さを確保
- ⑤そもそも危険が伴っていることをよく認識しておく
  - ア. 火薬を扱っている。
  - イ. 高速で飛ぶ。
  - ウ. 高いところから落下してくる。
  - エ. 当事者以外は誰も安全を保証してくれない。
  - オ. 事故が発生しても誰も損害を補償してくれない。
  - カ. 自主自律、自己責任の活動であることをしっかり認識することが必要である。
- ⑥火薬の恐ろしさを認識しておく。
  - ア. 突然の発火が起こりうる。
  - イ. 火傷の危険性がある。
  - ウ. 暴発の危険性がある。
- ⑦打ち上げ時には必ず管制官を配置する
 

子どもたちの安全確保のためには、安全管理責任者を決めてバラバラではなく一元化された状態で運営することが大切。そのため、安全確保のために訓練された管制官が必要である。
- ⑧火薬を使うロケットならではの安全対策
  - ア. 発射台をクイで固定し、垂直から30度以上傾けない。
  - イ. 発射台の近くには消火器か水バケツを用意する。
  - ウ. モーター、イグナイターは金属製のもの以外の箱に別々に保管する。
  - エ. モーターに傷やヒビがないか調べて、不良品は使用しない。
  - オ. モーターの近くで火気を使わない。
  - カ. モーターの置き場所は発射台から20m離すこと。
  - キ. 発射台には、一回の打ち上げに使うロケットモーター以外は持ち込まない。
  - ク. モーターの置き場所は、打ち上げ関係者以外は立ち入り禁止にする。
  - ケ. モーターを盗まれないようにする。
  - コ. 強風(8m/秒以上)や雨、雷の時には打ち上げない。

学習指導要領  
との関連

小学校	3年	理科(粒子)	物と重さ
小学校	6年	理科(粒子)	燃焼の仕組み
中学校	1年	理科(エネルギー)	力と圧力
中学校	2年	理科(粒子)	化学変化
中学校	3年	理科(エネルギー)	運動の規則性
中学校	3年	理科(エネルギー)	力学的エネルギー
中学校	3年	理科(エネルギー・粒子)	科学技術の発展
小学校	4年	算数(量と測定)	角の大きさの単位
小学校	5年	算数(図形)	角柱、円柱

キーワード

加速度、加速度計、宇宙への出発時、反対向きの力、ロケット

教材提供 : 日本宇宙少年団福岡分団 麻生茂氏  
発行 : 宇宙航空研究開発機構 宇宙教育センター

協力 : 財団法人日本宇宙少年団 YAC 株式会社学習研究社  
財団法人日本宇宙フォーラム

©JAXA2013 無断転載を禁じます