

目的

クラブ活動などのテーマとして「ロケットの研究」は生徒の興味をひきつける要素をもつ反面、危険を伴うこと、更に花火などと同様一種の遊びに終わってしまう危惧もあり、学校では、従来あまり積極的に取り上げられてこなかった。しかし生徒が強い関心をもち自発的に研究したいという要素はクラブ活動において重要なものであり、そのようなテーマで適切な指導をすることにより、大きな教育効果が期待できると考えられる。それで本研究者が指導する本校物理化学クラブのテーマとして、昭和52年一生徒が強く希望したロケットの研究を採用することとなった。

「ロケットの研究」は物理や化学その他広範囲にわたる学問の内容を含み、また、研究を通してそれらの学問の利用法を学ぶことになる。

そして研究結果もロケットの飛しょうなど明瞭な形で表われるなどの利点を踏まえ、次のような研究目標を定め活動を行うことにした。

- (1) 最終的に再現性よく製作でき、安全に打ち上げ実験等ができるロケットの完成
- (2) 安全で性能のよいロケットが完成したなら生徒の能力や技術水準、学校の環境に応じたロケット実験を実施して生徒の創造性、科学的態度の育成をはかる。
- (3) ロケットの研究活動を通して安全教育の徹底をはかる。

概要

本校における4年間の生徒たちのロケット研究活動および指導経過の概略を研究項目別に述べると以下ようになる。

- (1) ロケットの推進剤について

ロケットの方式は構造や取り扱いが簡単な固体

推進剤ロケットと決め、これに必要な酸化剤および燃料の研究に着手、古典的な黒色火薬を始めパラフィン、プラスチックの粉、硝酸カリ、塩素酸カリなど10数種を組み合わせてテストを行って1年近く経過する頃、酸化剤として塩素酸カリ、燃料物質としてポンドG17の組み合わせが発生ガス量、燃焼特性等良好であることをつかむ。推進剤をロケットに装着する方法は、モーターの回転による遠心力を利用してつくった円形の穴のあるパイプ状推進剤をとりつけることにより行った。

- (2) ロケット本体について

ロケット本体およびノズル(噴射口)についても色々試作テストをくり返した。安全性という点から本体には大学ノート紙を用い、また、ノズルも金属ノズル等多数試作、実験を行ったが結局紙ノズルが予想外に熱損傷もなく、軽量かつ安定した性能が得られたのでこれを正式なノズルとした。

- (3) 標準型ロケットおよび各種ロケット実験

推進剤、機体の製作、地上燃焼テスト等終了後打ち上げ実験を実施、初めて飛しょうが成功したのは研究開始1年4ヵ月目の昭和53年7月であった。その後東ね式ロケット、安全回収装置付ロケット、大型ロケットなど色々なロケットの試作と発射実験を行った。

- (4) 昭和54年度の研究

前年度までのロケット研究に携わってきた2人のクラブ員が卒業したことで、昭和54年度はクラブ内の他研究班から2名、新1年生2名の計4人でロケット研究をスタート。新メンバーに最初これまでの2年間のロケットの研究の成果を継承させるため、教育訓練を実施し標準型ロケットの製作方法をマスターさせると共に、新しい目標を考えさせた。そして具体的な目標として①ロケットの製作方法の改良、②ロケットの性能測定方法の開発、という目標を設定して研究を行い次のような

成果を得た。①はグレイン製造装置（前年まで古くなった換気扇のモーターなど、そのまま用いたのでややつくりにくかった。）をつくることにより誰でもが均一なグレインを製造できるようにした。②は「速度」「最高到達高速」「推力」などロケットの性能を測定するための装置や方法を色々工夫開発した。水平発射台による速度測定、透明プラスチック板を利用した高度測定、台秤りを用いた推力測定などが主なものである。

(5) 昭和55年度の研究

技術的に完成した標準型ロケットを利用した実験を色々と企画実施した。即ち針金滑走方式による速度測定、ドップラー効果測定実験、つり糸を牽引させ到達高度や飛行距離測定、水中からのロケット発射実験等実施した。

更に標準型ロケットを一段目とする二段式ロケットも色々試作テストを行った。

標準型ロケットの製作と実験方法

1. ロケット本体

(1) 図1に示すように大学ノート紙を140×250mm

の大きさに切った紙を直径19mmの金属パイプに巻き、木工用ボンドで4枚を巻き固める。巻き終えたら乾燥するまで数日放置、乾燥後パイプの両端をハサミ等で切ってきれいにすると共に長さを135mmにする。

(2) ノズルは図1のように白ボール紙を用いて内径が12mmになるまで木工用ボンドを使ってはり合わせる。

(3) 安定板も図1のように白ボール紙で作る。

(4) (3)まで完成した機体にグレイン（2項参照）を入れ、ふたとして白ボール紙等を入れ、頭部に紙又は発泡スチロールをボンドで付ける。

2. 推進剤

推進剤は酸化剤として過塩素酸カリ（塩素酸カリより安全性が高い）、燃料としてボンドG17（大阪コニシ社製）を用いる。両者の標準的な配合比は過塩素酸カリ20g（60%）ボンドG17を13.3g（40%）でロケット1機分の推進剤をつくる。つくり方は(1)過塩素酸カリはきれいな乳鉢で均一な粒にしてピーカーに入れ、秤り上で上記の混合比となるようボンドG17を加える。そして両者を

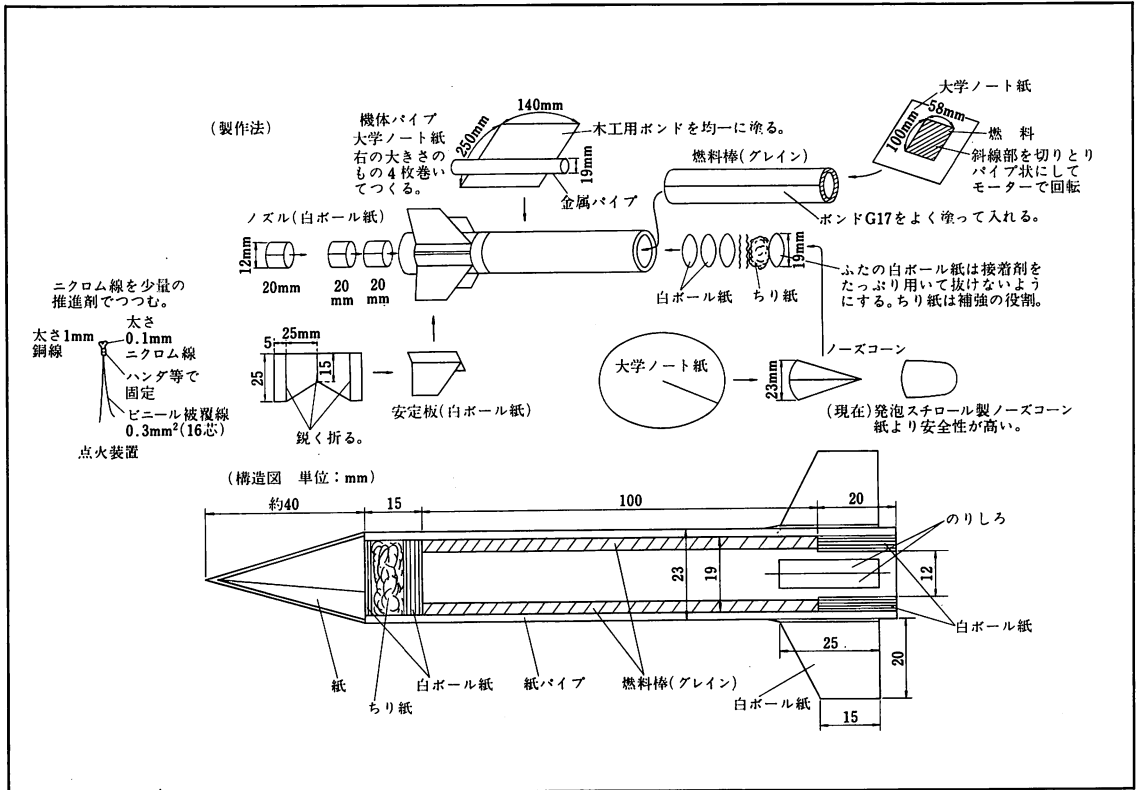


図1 標準型ロケットの製作方法及び構造図

よく混ぜ大学ノート紙上に均一な厚さに塗布する。
塗布の大きさは 100 mm×58mmである。

(2) 塗布 20分位経過後、推進剤の周囲の紙をはき
みで切る。(パイプ状にしたとき、これをグレイン
という、両端部分の紙は少し残す。)そしてグレイン
を機体と同じ大きさの紙パイプに入れグレイン
製造装置(写真1)で回転させ、中のグレインの
厚さを均一にする。約1時間程回転、回転を終え
たグレインは乾燥のため1日置き外側にボンドG
17を塗り機体パイプに取り付ける。



写真1 グレイン製造機(小型交流モーターとローラーベアリングで製作)

3. 発射実験

(1) 発射実験を行う前にロケットの地上燃焼テス
トを行う。これは完成したロケットを地上に固定
して(校庭の片すみ利用)実際の発射実験に用い
る。0.1mmニクロム線を使った点火装置(図1)を
ロケットに入れ、これを延長コードで接続し、約
30m前後離れた所から電気(電源は3V電池2個
又は小型6V蓄電池使用)点火して行う。

(2) 地上燃焼テストの結果異常がなければ、同じ
条件でつくったロケットを発射台(写真2)に点
火装置と共にセットする。点火は(1)と同様30~50
m離れた所から電気点火する。

なお、本ロケットは紙製で安全性は高いが、発射
実験時は発射台から半径100m前後の区域に人や
民家等のない所を選んで(校庭の中央など)行う
ようにする。(落下時事故防止)

4. その他の実験方法

本校でのいくつかの研究事例を次に記す。本校
は周囲が畑でロケット実験に適しているが、条件
が十分でない学校でも次の試みのいくつかは十分
実験可能と考えられ、条件の良い所なら更に発展
研究も可能と考えられる。



写真2 ロケット点火装置と発射台(木製)
ロケットは点火装置をかぶせるよ
うに垂直におく。

(1) 推進剤の研究

現行の推進剤は性能的にも安定しているが、こ
れよりも更に性能や製造法が優れた推進剤の研
究を行っている。具体的には液状ポリブタジエンを
用いるものである。ポリブタジエンの硬化反応や
物性、その他推進剤についての研究は化学クラブ
の独立したテーマとしても十分扱える。

(2) ロケットの推力の測定

推進剤の成分の混合比と推力、ロケットのノズ
ルの直径と推力の関係など台秤りを用いて色々測
定実験を行った。(写真3・図2、3)測定装置は写
真7のように自動化したり、更に生徒の発展段階
に応じてより精密で高度なものを製作していく
ことも可能である。

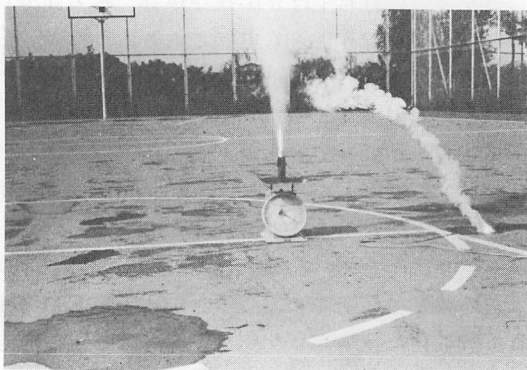


写真3 台秤りを用いた推力測定実験
台秤りの読みとりは8mmカメラ、モーター
ドライブカメラ、V.T.R.など用いて行う。

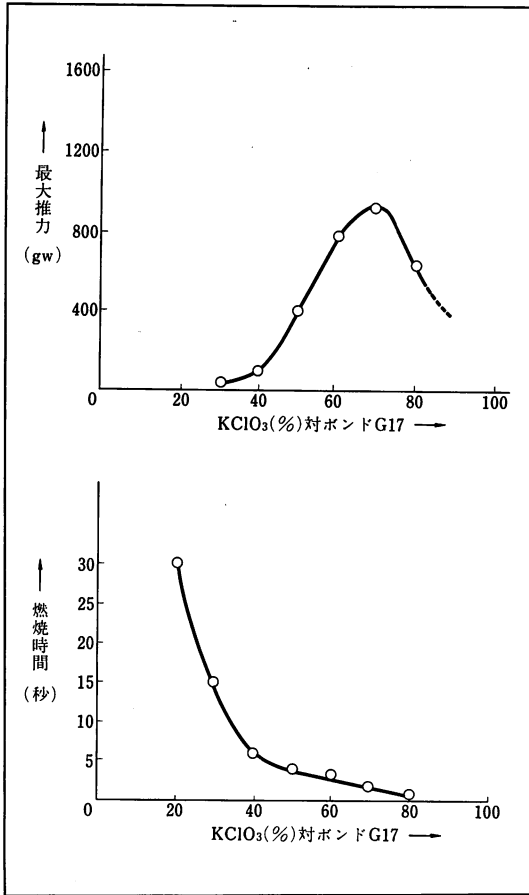


図2 推進薬の混合比と最大推力(上)と燃焼時間(下)
ノズル直径は共に16mm

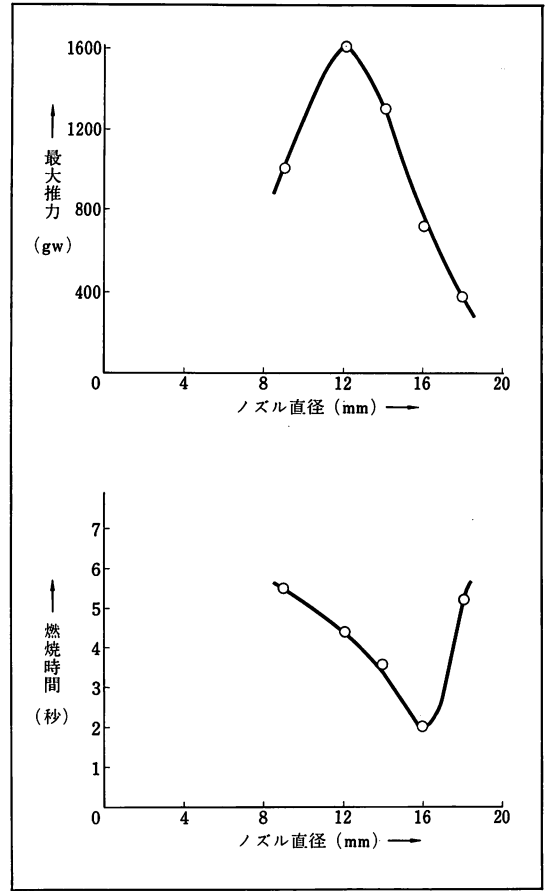


図3 ノズル直径と最大推力(上)と燃焼時間(下)
推進薬の混合比は共に塩素酸カリウム：ボンDC17=7：3

(3) 有線方式によるロケットの実験

これは写真11~14のように校庭又は屋上などに針金を張り、ロケットを滑走させ速度測定、ドップラー効果の測定その他の実験を行った。

ロケットの打ち上げが困難な場合、本方式でロケット実験を行うことも可能である。

〔注〕 写真4~17は89、90頁に掲載

(4) その他の実験

ロケットが紙製であることから色々なタイプのロケットの試作が容易で目的に応じたロケットを色々試作実験した。写真6、10現在も二段式ロケットを色々試作している。また、ロケットにX線フィルムを搭載して高空での放射線測定や小型FM発振器を積載した実験等ロケットを用いた応用研究も色々と実施して科学研究の手段としてのロケットの活用方法も研究している。(写真10)

効果

本校の4年間にわたるロケットの研究活動で生徒たちが得たものとして次の事柄がある。

1. 研究方法、実験方法共に白紙の状態から出発し、トライアンドエラーの研究の過程で独創性が十分養われた。
2. 目標に到達するまで何度でもくり返しくり返し実験をすることによる忍耐力、集中力が身につき、更に目標を一つずつ達成していくことで自信が育っていった。
3. 研究の指導方針として特殊化せず普遍性あるものを目指してきたことから、実験の成果が先輩から後輩へ確実に受け継がれてきた。
4. ロケットの研究は物理、化学をはじめ極めて多方面の学問を学ぶことになり、また木工、金工、エレクトロニクスなど多くの技術を駆使す

ることにより生きた総合科学技術教育の実践活動となった。

5. 生徒は興味のあるロケットの研究のため関連する教科(物理、化学、数学)について、必要に迫られ学習し学力が向上してきた。
6. 実験活動を通して整理整頓、規律正しさといった自らの安全のためのマナーの確立のみならず、他人及び周辺地域を含めた全体の安全を考える社会性も育ってきた。

その他補遺事項

1. クラブ活動指導について

ロケット実験を4年間無事故で実施してきたのは、単に幸運であったということだけでなく、教師と生徒の信頼関係、更には生徒同士の信頼関係の確立が大きな因子であったと考えられる。このような信頼関係は教師と生徒が目標に向かって心をつにして活動を行っていくとき、自然に形成されるものと考えられ、クラブ活動に教師ができる限りの時間をさいて生徒と行動を共にすることが生徒の学校生活における“やる気”、更には教科学習に対する意欲といったものを生み出す一つの力になっていくのではないかと思う。

2. ロケット研究実施上の留意事項

- (1) 実験実施に際して教師は火薬類取締法など関係法規の事前確認、実験施設や周辺環境調査を十分行って安全実験条件を整える。
- (2) 推進剤の製造、燃焼、ロケットの発射等火薬類の使用にかかわる実験は教師が必ず直接指導して行う。(安全管理の徹底)
- (3) 実験実施に際しては万一の事故の場合にも極力人的被害のないよう保安のための空間を十分確

保して行う。防護面など着用させる。

(4) 火薬類の使用を伴わない実験あるいはロケットの研究計画作成等ではできる限り生徒の自由な発想を尊重し、創造性や思考力を高めるように教師は大きな方向づけのみ行う。

(5) 必要に応じて専門家のアドバイスを受ける。ロケットに関連する学問分野は極めて広範囲であり、一人の教師がその全体を完全に指導することは不可能であることはいうまでもない。研究内容を専門家に提示して、その安全性や学問的価値、研究の方向の是非などアドバイスを受けることは研究を安全にかつ発展的に進めていく上で有意義である。本研究も55年度、東京大学宇宙航空研究所助教授長友信人先生に貴重なアドバイスを賜ったことに謝意を表します。最後に本ロケット研究活動に色々と支援頂いた本校教職員、生徒、OBの皆様は心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 佐貫亦男：ロケット工学、コロナ社(1970)
- 2) 千藤三千造：火薬、共立出版(1969)
- 3) 木藤章雄：ロケットニュース、No.181(1980)
- 4) 都立忠生高校紀要、Vol 7 (1979)
- 5) 都立忠生高校物理化学クラブ研究論文集
Vol 1(1979)、Vol 2(1980)

研究者の所属機関所在地

〒194 東京都町田市木曾町18-2276

東京都立忠生高等学校

T E L (0427) 91-1631

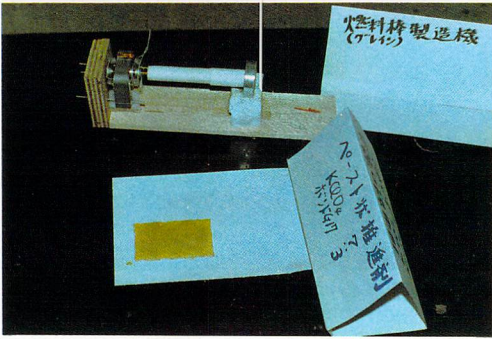


写真4 ペースト状推進剤

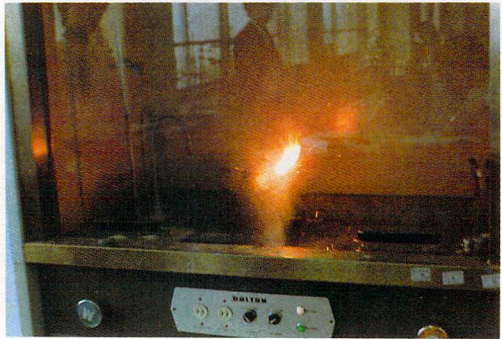


写真5 ドラフト内での燃焼実験



写真6 昭和53年度実験各種ロケット

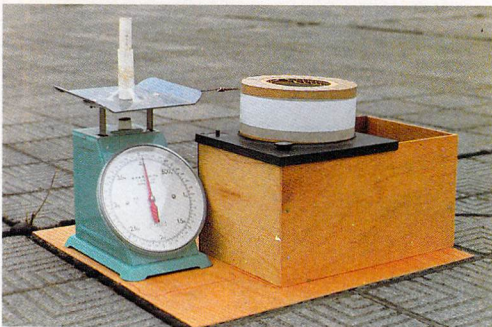


写真7 推力自動測定装置(レコードプレーヤー利用)

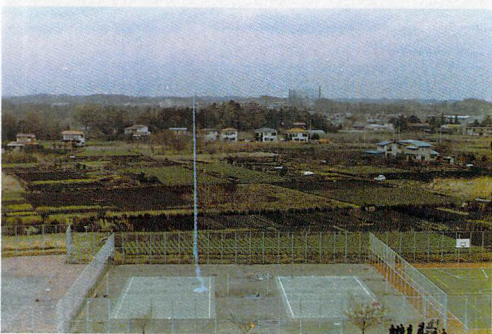


写真9 標準型ロケットの通常飛しょう実験



写真8 発射直後の標準型ロケット

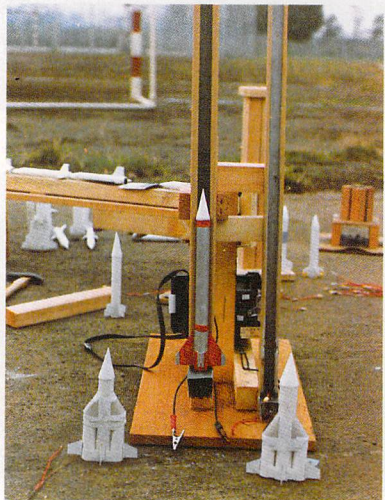


写真10 各種科学実験ロケット
(X線フィルム、小型FM発振器搭載)

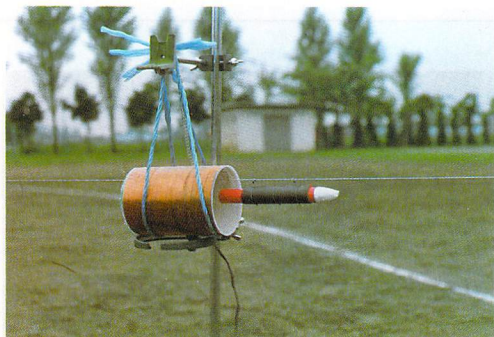


写真11 安全のため針金を滑走させるロケットと
ロケットの通過検出コイル

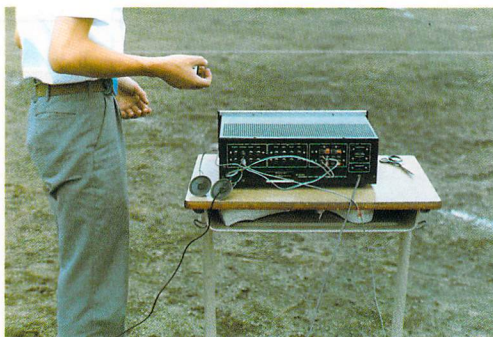


写真12 コイル通過の瞬間を確認する小型スピーカーとアンプ



写真13 ゴム磁石を巻いたロケットがコイルを
通過した瞬間



写真14 屋上にセットした針金滑走ロケット記録タイマーを
用いて加速度測定

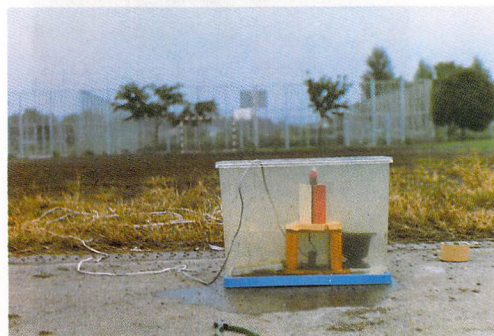


写真15 水中発射実験
水を入れた水槽中にセットされたロケット



写真16 つり糸牽引ロケット、向こう側のつりざおのつり糸を
ロケットが牽引

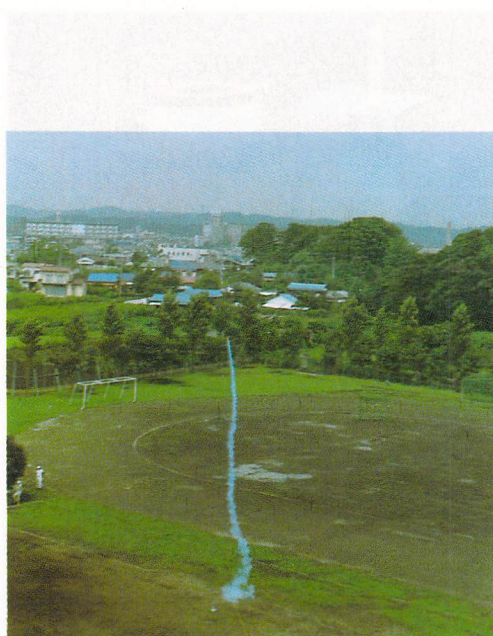


写真17 つり糸牽引ロケットの発射実験