

# なる

## NAL

No.510

SEPTEMBER 2001



- ロケット実験機打ち上げ用ランチャ豪州へ向け出港
- 25m飛行船構造試験 その1
- 低温風洞で感圧塗料を使用するために
- スターリングエンジン
- 高空環境下における伸展ノズル性能に関する研究
- 展示室紹介⑤

National Aerospace Laboratory of JAPAN

# 9

航空宇宙技術研究所

# ロケット実験機打ち上げ用ランチャ 豪州へ向け出港



写真1 内之浦町を通過するランチャビーム



写真2 内之浦漁港での船積み



写真3 神戸港での水切り（荷卸し）

豪州で行う飛行実験用ロケット実験機の打上げは、NAL735ロケットに実験機を結合し、宇宙科学研究所（ISAS）のラムダランチャ（ISASのロケット打ち上げ場である鹿児島宇宙空間観測所：KSCに設置）を改修・借用して行います。

ランチャの改修については、オンランチャ試験（なるNo.507参照）で改修後の機能確認を行っています。輸送経路は、KSCより内之浦漁港、神戸港（国内納入場所）、豪州アデレード港、ウーメラ実験場となっています。このため、まずランチャを一般道路で運べるような大きさ、重さに分解する必要があり、レールのある長さ約20mのビーム、ランチャを旋回させる旋回台（約40ton）、カウンターウエイトを備えた運転台、台座に大きく分割します。計画当初は製造からの年数がたっていることと海辺での保管のため、腐食等による分解作業の困難さが心配されましたが、良好な保管状態にあり、スムーズに作業を終えることができました。

KSCから内之浦漁港への輸送は、漁港の使用されない17月29日（日曜日）の一般交通の妨げにならない夜明け前から行いました。空中架線に気をつけながら山道を下り、写真1の様に内之浦町を通って行きました。船積み（写真2）は、排水量199tonの国内航行用の船へ行き、丸

一日掛けた7月31日に神戸港（六甲アイランド）に到着し、水切り（荷卸し）を行いました（写真3）。ここで、通関手続きと燻蒸（豪州では、独自の生態系を守るために昆虫などの生物を持ち込んではいけません）のためにレールの保護に使っている枕木や他の部品の入っている木箱の殺虫を臭化メチルのガスで行います）のための保管を行いました。豪州への輸送は、8月15日にデンマーク船籍の船に積み込み（写真4）、9月3日に赤道を通過して9月28日にアデレードに入港する予定です。

最後になりましたが、宇宙科学研究所、内之浦漁協を始めとする内之浦町等々関係する皆様に感謝いたします。



次世代超音速機プロジェクトセンター  
進藤 重美  
shindo@nal.go.jp



写真4 神戸港での船積み

# 25m飛行船構造試験 その1

National Aerospace Laboratory of JAPAN

成層圏滞空飛行船の開発課題として、軽量・高強度膜材開発と機体製造技術開発、飛行および挙動解析と地上取扱技術開発があります。

今回、上記の検証と基礎データ収集のため、北海道広尾郡にある大樹町多目的航空公園で飛行船構造試験を行いました。

試験に使用した25m飛行船は、1m<sup>2</sup>あたり120gの膜材で製造されていますが、この膜材は従来品と比較して、重さは約5分の1で、強度は3倍、厚さは3分の1になっています。このような薄くて強い膜で正確に立体曲面を作り、なおかつヘリウム漏れが極力少ないように接着する技術は難しく、これまでに、3m飛行船、10m飛行船と大きくしながら製造法を開発してきました。

今回の試験は、地上性能試験および離陸模擬試験からなり、地上性能試験では、空気圧をかけて局所的な接着しわがでないことや、膜ゆがみの測定、バルブ類のガス放出特性等を測定し、基礎データを収集しました。詳しい技術データは現在解析中



飛行船尾翼部

ですが、製造技術については合格が出せると思います。しかし、尾翼の剛性不足や測定系統の一部に不具合が見られましたので、改修作業を行いました。

さらに、8月終わりから9月上旬にかけて、に重点を置いた離陸模擬試験を行い、余剰浮力と上昇速度の関係を測定したり、風速を考慮した地上での機体の取り扱い方を検討しました。この試験については、次号でご紹介します。



試験に使用した25m飛行船



成層圏プラットフォームプロジェクトセンター

佐野 政明

sano@nal.go.jp

# 低温風洞で感圧塗料を使用するために

## 取材協力

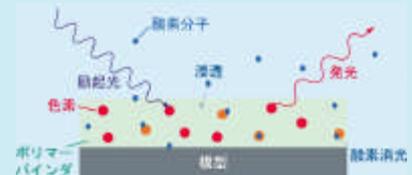
流体科学研究センター  
江上 泰広  
yegami@nal.go.jp

### 感圧塗料とは

感圧塗料は、紫外線などの光を当てることにより発光する色素と、その色素を模型の表面に固着させるためのポリマーからなります。通常、圧力の高いところでは酸素濃度も高く、圧力の低いところでは酸素濃度も低くなります。酸素濃度が高くなるほど酸素消光と呼ばれる現象により色素の発光が弱くなるので、色素の発光強度と酸素濃度の関係を利用して圧力を求めることができます。

### 低温風洞とは

低温風洞は、気流の温度を90K ( - 183 ) まで下げることができる特殊風洞です。風洞試験を行う場合、実機周りの気流状態を正確に模擬することは重要です。縮尺模型を使用して実機と同様の気流状態を得るためには、気流状態を表す係数であるレイノルズ数を実機と同じ値にする必要があります。縮尺模型を使うことでレイノルズ数は小さくなってしまいますが、風洞内の気流温度を低くすることによりレイノルズ数を大きくすることができるため、低温風洞を使えば縮尺模型でも実機と同様の気流状態を得ることができます。



感圧塗料の構造と発光原理

### 通常のポリマーでは不可能

低温風洞は、液体窒素を気化させることにより気流を低温化しています。その結果、大部分の気流が窒素となり、感圧塗料での計測に必要な酸素は全気流に対して0.1%以下（通常の空気中の1/200以下）しか存在しません。また気流温度が非常に低いため、通常のポリマーでは酸素の透過率が極端に低下してしまい、低温風洞に使用できる酸素感度の高い感圧塗料を作ることができませんでした。

当研究所では、酸素透過係数のチャンピオンデータを持つpoly(TMSP)というポリマーを用いることで、高い酸素感度を持つ感圧塗料を作ることになりました。しかし、実験ごとに酸素感度が異なるなど特性が安定しなかったため、様々な調合法を試みて原因を探ってきました。

### 溶媒量が特性に影響していた

感圧塗料は、繊維状のポリマーをトルエンという溶媒に溶かし、そこに粉末状の色素を混ぜて作ります。トルエンは揮発性物質であるため、模型に塗布した後は全て蒸発し、模型表面にはポリマーと色素が残ります。そのため、既存のポリマーを

用いた場合は、溶媒の量が感圧塗料の特性に影響することはありませんでした。しかしPoly(TMSP)を用いた感圧塗料では、この溶媒の量が酸素感度に大きく影響していました。溶媒に対する最適なポリマー濃度を

知るための試験  
一定量の溶媒に、3~12mg/mlの濃度でポリマーを溶かした感圧塗料を作り、試験を行いました。酸素濃度を0.1%に保った容器の中に、感圧塗料を塗布した板を入れます。容器内の圧力を変化させ発光の様子を観測することにより、各濃度の酸素感度を得ることができます（図1）。結果、溶媒に対しポリマー濃度が8~10mg/mlの時に最も良好な酸素感度が得られることが解りました（図2）。

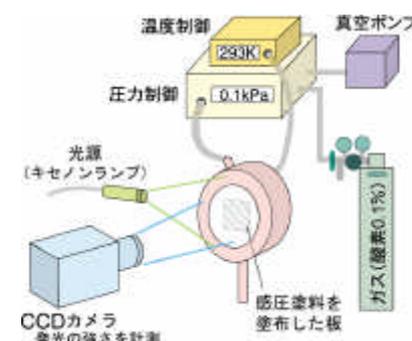


図1 最適濃度の計測方法

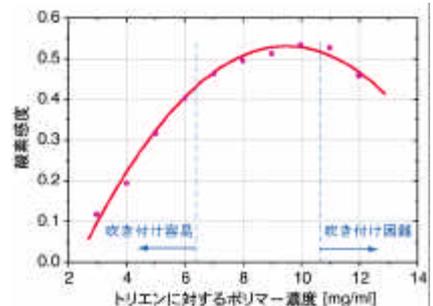


図2 最適濃度を表すグラフ

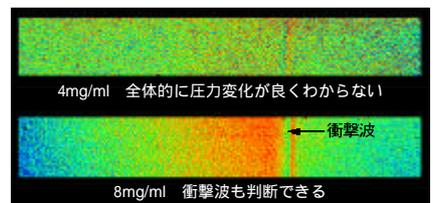


写真 4mg/mlおよび8mg/mlの圧力分布の様子

そこで、低温風洞においてマッハ数0.82（衝撃波が立つ速度）でポリマー濃度4mg/mlおよび8mg/mlの比較試験を行いました。写真はそのときの圧力分布の様子です。最適化された8mg/mlのものは、圧力分布を良くとらえていることがわかります。

### 実用的な感圧塗料の開発を目指して

今後は大型の低温風洞への適用を目指し、より長期間安定な特性の感圧塗料の開発を行っていく予定です。

# = 未来のエンジン？ = スターリングエンジン！

**取材協力**  
宇宙システム研究センター  
星野 健  
hoshino@nal.go.jp

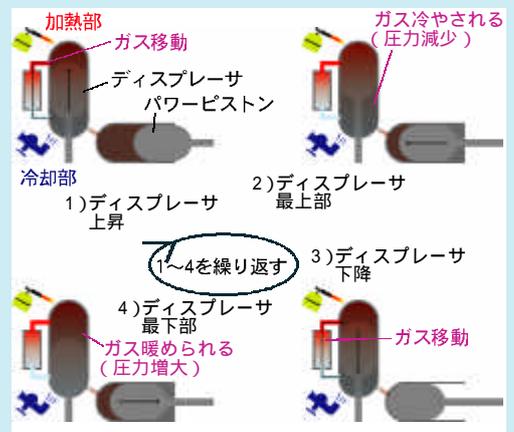
## 宇宙環境で生活するために最低限必要なシステム

人類が宇宙環境で生活するためには、酸素や水などの必要な物質を供給し、排泄物などの不要な物質を分解してくれるシステムが必要です。当研究所では図のようなシステムを考え、これを実用化するための研究を行っています。

宇宙環境での長期利用が可能なエネルギー源といえば太陽です。太陽と聞くとまず太陽電池を思い浮かべますが、このシステムは熱を利用する部分が多いため、発電した電気を使って加熱を行う必要がある太陽電池だと、その過程で8割以上のエネルギーが逃げてしまい非効率적입니다。そこでこのシステムでは、鏡で太陽熱を集め、直接その熱を利用します。また電力供給源として、その太陽熱から直接電気エネルギーを取り出すことのできるスターリングエンジン(\*)に着目し、研究を行っています。

## \*スターリングエンジン

シリンダ内に封入したガスに温度変化を与え、内部に圧力の変化を発生させることによりピストンを駆動し、動力を得ます(図)。爆発燃焼を伴わないため、低騒音・低振動です。そのうえ効率も高く、太陽熱や地熱などのクリーンな熱源を使用すれば、有害な物質を発生することはありません。環境に優しい未来型エンジンです。



ディスプレーサの振動によりピストン内のガスが暖められたり冷やされたりするため、圧力が変化しピストンが振動運動を行う。ピストンの運動は、動力として取り出される。

## NALSEM-500とNALSEM-700

NALSEM(NAL Stirling Engine Model)-500は、基礎的な熱発電の技術基盤を得るために当研究所が作製したスターリングエンジンです。このエンジンの性能を確認する試験を行ったところ、エンジン自体の効率は目標としていた30%を超える高い値を得ましたが、発電システム全

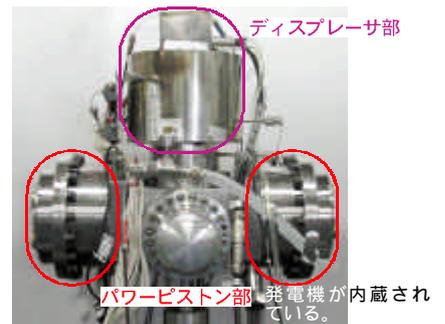


写真 NALSEM-700

体の効率は目標としていた25%には達していません。そこで発電システム全体の効率の向上および、より振動の発生が少ない構造の2点に重点を置き、NALSEM-700というスターリングエンジン(写真)を新たに試作し、性能試験を開始しました。

## 今後の展開

今後はこのエンジンを使って基礎的な熱発電技術の確立を目指し、実際の宇宙環境での使用に耐えうるよう研究していく予定です。また、図のシステムに組込むため、水分解に必要な電力を供給可能な小型フリーピストンスターリングエンジンを現在設計中です。

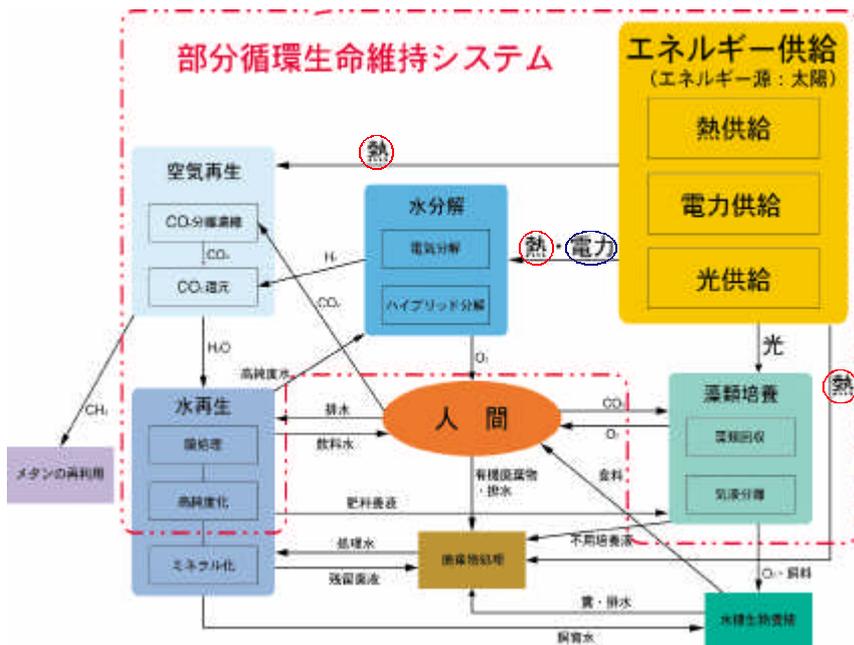


図 自立型完全循環生命維持システム

# 高空環境下における 伸展ノズル性能に関する研究



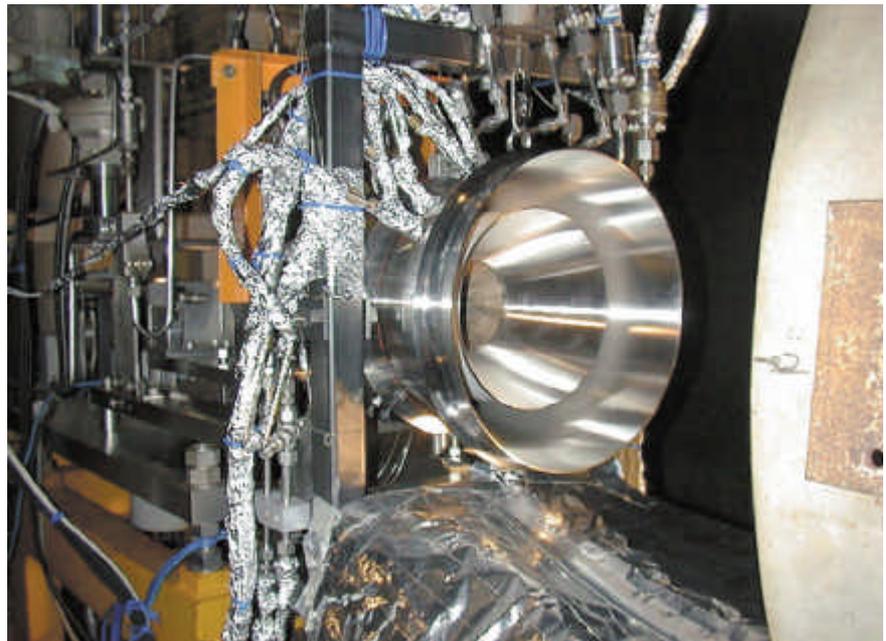
角田宇宙推進技術研究所  
ロケット推進研究センター  
熊川 彰長  
kuma@nal.go.jp



角田宇宙推進技術研究所  
ロケット推進研究センター  
日下 和夫  
kusaka@nal.go.jp

将来型宇宙輸送系として、何度も使えて、打ち上げのコストを安くすることができる再使用型宇宙輸送機の開発が期待されています。そのために必要な高性能エンジンとして、低い飛行高度ではノズルを収納しておき、飛行高度が高くなり外部の気圧が低下した時点で、ノズルを伸展させる伸展ノズルエンジンが有望視されています（なるNo.482参照）。しかしながら、エンジン作動中にノズルを伸展させるためには、ノズル伸展部の隙間からの燃焼ガス逆流による機体損傷やノズル内部での局所的な加熱によるノズルの焼損防止、さらには、ノズル駆動機構による構造体の振動の有無を確認する必要があります。また、伸展ノズル技術の実証のためには、飛行時のエンジン周りの外部気圧の変化を模擬した環境を地上において作り出す必要があります。そこで、当研究所のロケット高空性能試験設備を改修し、エンジン燃焼中に外部から空気を連続的に導入してエンジン周りの気圧を制御する方式を新たに導入しました。この結果、外部気圧を30torr（注）から1torrまで変化させることができるようにしました。

今回試作した伸展ノズル機構付きエンジンの燃焼試験では、固定ノズ



伸展ノズル試験装置

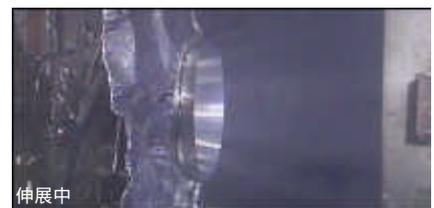
ルと伸展ノズル間の隙間からの燃焼ガスの逆流現象はなく、また、ノズル伸展時におけるノズルの異常な局所的加熱や振動の発生がないこと等、伸展ノズルの設計指針となる貴重な知見が得られました。また、ノズル伸展時におけるノズル内流れ、熱負荷特性の評価を進め、ノズル伸展時に固定ノズル端から剥離した内部流れが伸展ノズル面に再付着する際に生じる圧力や熱流束の変化を実験およびCFD解析から明らかにしました。

今後は、軽量耐熱ノズル材料の検討やノズル伸展機構の高精度な設計データの取得を進める予定です。

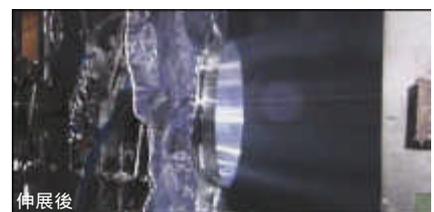
注) 1気圧 = 760torr



伸展前



伸展中



伸展後

伸展ノズルの作動試験

## 開催報告1

# SCIENCE CAMP 2001



8月7日（火）～8月9日（木）の3日間、全国各地の応募者の中から選ばれた高校生、高等専門学校生20名が参加したサイエンスキャンプ2001が開催されました。

基礎から最先端技術までの様々なセミナー、三次元可視化システムやフライトシミュレータなどの体験を通じて、航空宇宙技術に対するより一層の理解と関心を得られたものと思います。

初めは緊張の面持ちだった参加者たちも、徐々に緊張がほぐれた様子で、2日目の懇親会、3日目の研究室訪問では参加者と研究者との間で積極的な交流が交わされました。



## 開催報告2

# KOBE2001ひと・まち・みらい

## 21世紀 未来体験博～ユメみたいなユメみたい。～

21世紀最初の夏に、7月20日～9月2日まで、神戸21世紀・復興記念事業のメインイベントとして「21世紀 未来体験博」が開催されました。会場には連日多数の来場者が訪れ、それぞれが「未来の夢」を体験できたようです。

当研究所は、スペース・ミッション・シミュレータとプロジェクト研究を中心としたパネルや模型の展示をとおして研究活動を紹介しました。



# 定点滞空飛行試験の実施に関する協定締結

成層圏プラットフォームの実現に必要な飛行船の技術開発の一環として、「成層圏滞空飛行試験」および「定点滞空飛行試験」が計画されています。

このうち、定点滞空飛行試験が北海道広尾郡大樹町の多目的航空公園で実施されることとなり、これに関する協定を、平成13年9月11日（火）北海道、大樹町、通信・放送機構と

当研究所の4者間で締結しました。協定には、実験場使用にあたっての権利・義務、設備の使用に関するなどが定められています。

大樹町生涯学習センターで行なわれた調印式では、多数の来賓が見守るなか、堀達也北海道知事、伏見悦夫大樹町長、通信・放送機構白井太理事長代理森幹彦リーダー、当研究所戸田勤理事長が協定書に署名しました。

定点滞空飛行試験とは、プロペラ推進の全長60～70mの飛行船型の試験機を、高度4kmに上げ、推進力により風に抗して定点に滞空させ、通信・放送、地球観測等のミッション試験を行うもので、2004年の実施を予定しています。



協定書に署名する戸田理事長（右から2番目）

## 展示室紹介⑤

### 宇宙輸送システム

当研究所では、従来の使い切りロケットに代わり、航空機のような運用性、安全性、経済性を実現するスペースプレーンや、その前段階として考えられるいくつかの再使用型宇宙輸送機のシステム、空力、材料・構造、誘導制御、推進系などの研究開発を推進しています。

その研究開発の一環としてこれまでに、軌道再突入実験（OREX）、極超音速飛行実験（HYFLEX）、小型自動着陸実験（ALFLEX）の3つの実験が行われました。

展示室では、OREX、HYFLEX、宇宙往還技術試験機HOPE-Xおよびスペースプレーンの模型と、実際に実験に使用したALFLEXの機体を展

示しています。また今後予定している高速飛行実証実験の概要をご覧になれます。

#### 航空宇宙技術研究所 展示室

開館時間

平日10:00～17:00

（土日祝祭日は除く）



宇宙往還技術試験機HOPE-X



小型自動着陸実験機ALFLEX（実機）



スペースプレーン



発行日 平成13年9月20日（毎月1回発行） No.510

発行所 独立行政法人 航空宇宙技術研究所  
東京都調布市深大寺東町7丁目44番地1 〒182-8522

©禁無断複写転載「なる」からの複写、転載を希望される場合は、広報室にご連絡ください。  
ご意見ご感想などは電話、FAXまたはEメールでお寄せください。

電話：0422(40)3958 FAX：0422(40)3281

NALホームページ：<http://www.nal.go.jp/> Eメール：WWWadmin@nal.go.jp

古紙配合率100%再生紙を使用しています