

宇宙航空研究開発機構研究開発資料

JAXA Research and Development Memorandum

気球利用型実験機(BOV3号機)の地上作業

小島 孝之, 田口 秀之, 澤井 秀次郎, 藤田 和央,
小林 弘明, 本郷 素行, 原田 賢哉, 丸 祐介,
坂井 真一郎, 坂東 信尚

2012年12月

宇宙航空研究開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

目 次

1. はじめに.....	2
2. 飛行実験計画概要	2
3. 実験機システム.....	2
3.1 実験機概要.....	2
3.2 エンジンおよびエンジン固定部	3
3.3 ガス供給系.....	5
3.3.1 ガス供給系概要.....	5
3.3.2 気密試験.....	8
3.4 機体アクセス方法.....	8
4. 地上設備.....	12
4.1 地上設備要求.....	12
4.2 使用機器および機器配置.....	12
4.3 機体設置方法.....	13
5. 放球前手順.....	15
6. まとめ.....	18
【付録 A】 配管リークレート計測結果.....	19
【付録 B】 高所作業台車上工具リスト.....	20
【付録 C】 放球作業手順書.....	21

気球利用型実験機（BOV3号機）の地上作業*

小島 孝之^{*1}, 田口 秀之^{*1}, 澤井 秀次郎^{*2}, 藤田 和央^{*3}, 小林 弘明^{*1}, 本郷 素行^{*1},
原田 賢哉^{*4}, 丸 祐介^{*2}, 坂井 真一郎^{*4}, 坂東 信尚^{*5}

Ground Operation of the Balloon based operation vehicle (BOV) #3*

Takayuki KOJIMA, Hideyuki TAGUCHI, Shujiro SAWAI, Kazuhisa FUJITA, Hiroaki KOBAYASHI,
Motoyuki HONGO, Kenya HARADA, Yusuke MARU, Shinichiro SAKAI and Nobutaka BANDO

Abstract

Flight test of Balloon Based Operation Vehicle (BOV) was conducted to demonstrate key technologies for future hypersonic transport and space planes. Main objective of the flight test was to demonstrate hypersonic turbojet engine under Mach 2 flight condition. The vehicle runs on gaseous hydrogen and liquid nitrogen. This paper describes system vehicle system including such flammable gas and high pressure gas and operating system of them.

概要

将来の極超音速機やスペースプレーンの実現に向けて、その主要技術の飛行実証を目的とした気球利用型実験機（Balloon-based Operation Vehicle, BOV3号機）の飛行実験を行った。今回の飛行実験の主目的は、極超音速ターボジェットのマッハ2飛行性能取得である。飛行実験では、エンジンに供給する燃料として水素ガスを、空気冷却用の冷媒として液体窒素を使用した。このため、実験機は可燃性ガスおよび極低温冷媒の取り扱いに対応したシステムとして構成し、運用方法を策定した。本報告書では、BOV3号機の機体システム構成を概略し、飛行実験時における放球前オペレーション方法についてまとめる。

* 平成24年8月20日受付 (Received 20 August 2012)

*1 研究開発本部 ジェットエンジン技術研究センター
(Jet Engine Technology Research Center, Aerospace Research and Development Directorate)

*2 宇宙科学研究所 宇宙飛行工学研究系
(Department of Space Flight Systems, Institute of Space and Astronautical Science (ISAS))

*3 研究開発本部 未踏技術研究センター
(Innovative Technology Research Center, Aerospace Research and Development Directorate)

*4 航空プログラムグループ 無人航空機利用技術チーム
(UAS Applications Technology Team, Aviation Program Group)

*5 宇宙科学研究所 宇宙機応用工学研究系
(Department of Spacecraft Engineering, Institute of Space and Astronautical Science (ISAS))

1. はじめに

宇宙航空研究開発機構(JAXA)宇宙科学研究所、航空プログラムグループ、研究開発本部は、将来のスペースプレーンおよび極超音速機の実現に向けて、主要技術を効率的に実証する手段の構築を目的とした飛行実験機システム (Balloon-based Operation Vehicle, BOV) の開発を行った。これは宇宙科学研究所大気球実験室で運用している大型科学観測気球を利用した飛行実験機であり、高高度からの自由落下により最高到達速度マッハ 2 程度の実験が可能となる。本実験機システムの開発は、2006 年に開始され、2010 年 8 月に大樹航空宇宙実験場において飛行実験 (BOV3 号機実験) を実施した。本論文では、実験における地上作業 (放球前作業) をまとめる。

2. 飛行実験計画概要

本飛行実験のシーケンスを図 1 に示す。実験機は大型気球により高度 40km 程度まで上昇した後、気球から分離し落下する。落下直後にはガスジェットにより姿勢制御 (引き起こし方向制御) を行いつつ最高飛行速度マッハ 2 程度まで加速、同時に操舵翼により引き起こし動作を行う。この飛行中に、実験機に搭載された極超音速ターボジェットエンジンおよび HAN (低毒性推進剤) ロケットを運転する。運転終了後、3 段構成のパラシュートが開傘し減速し、太平洋に着水する。着水した実験機および気球関連機器は、ヘリコプターおよび回収船により回収される。

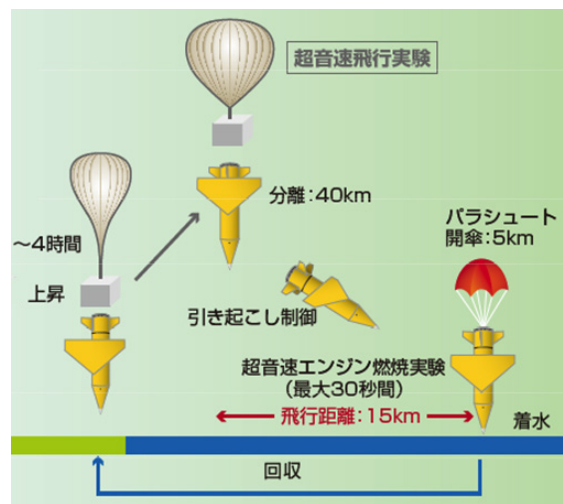


図 1 飛行実験概要

3. 実験機システム

3.1 実験機概要

実験機本体の概要を図 2 に示す。実験機は、全長 4.6m、全幅 2m、総重量 (搭載燃料を含む) 650kg である。胴体は外径 556mm の円筒形状をしており、中央部に主翼および極超

音速ターボジェットエンジン（空気吸込式エンジン）、後部に固定式垂直尾翼、可動式水平尾翼、HAN ロケット 2 基が取り付けられる。水平尾翼は独立の電動アクチュエーターにより駆動され、飛行中の姿勢制御および引き起こし制御を行う。先端部には分離前の方位角制御（引き起こし方向制御）および分離直後のロールおよびヨー制御に用いられるガスジェットスラストが取り付けられている。ガスジェットスラストの作動ガスは高圧窒素ガスを用いる。図 3 に機体主要寸法を示す。機体はモノコック構造をしており、前方からノーズコーン（先端部）、前胴部（与圧部）、中胴部、後胴部により構成される。円錐形のノーズコーンは内部にガスジェットおよび通信用アンテナが内装されている。前胴部には電子機器が搭載され、民生用機器を利用するため、気密構造としている。前胴部の右舷側にはエンジン関連の機器、左舷側には機体側の機器が搭載され、それぞれ外部からアクセスハッチを介して LAN ケーブルを接続し操作を行う。中胴部にはエンジンへ供給するガス類が搭載されており、着水後の浮力を確保するため、水密構造としている。後胴部にはパラシュートおよび水平尾翼可動装置が搭載され、外部には 3 枚の尾翼および HAN ロケットが取り付けられている。機体の組立順序は、各要素を組み立てた後、（1）中胴部－後胴部の結合、（2）エンジンの取り付け、（3）前胴部の取り付け、（4）ノーズコーンの取り付けとなる。

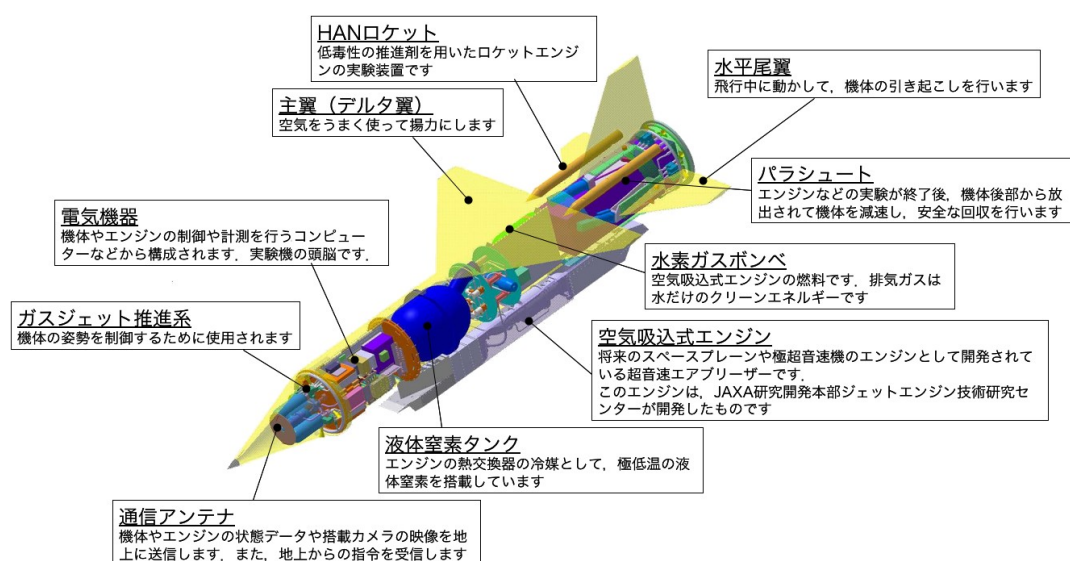
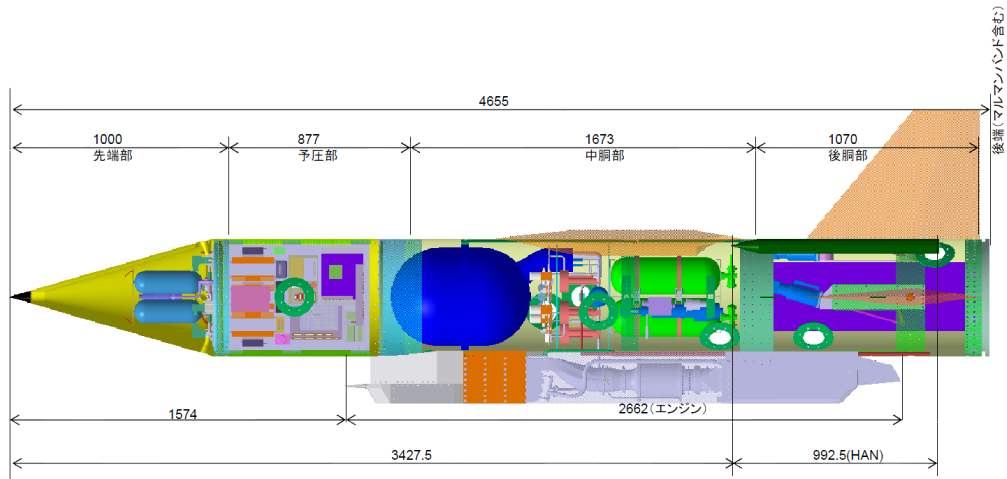


図 2 実験機システム概要

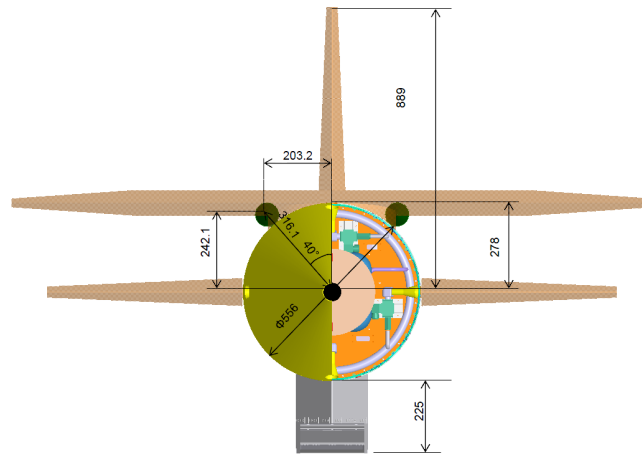
3.2 エンジンおよびエンジン固定部

図 4 に極超音速ターボジェットエンジンの概要を示す。本エンジンは液体水素を燃料としており、極低温の燃料によりエンジン流入空気を冷却することで離陸からマッハ 5 まで連続して推力を発生できることが特長である。液体水素を用いたエンジン地上実験を 2008 年に実施し、これにより地上静止条件でのエンジン作動実証を完了している。飛行実験で

は、マッハ 2 条件におけるエンジン作動実証を主目的としており、安全性を考慮して液体水素は使用せず、予冷器冷媒に液体窒素、燃料に水素ガスを使用する。これにより、液体水素は利用せず安全性を確保した上で、極低温で可燃性という液体水素の特長に対応した実験機技術を獲得する計画である。実験機には、燃料用に 9L の水素ガスボンベ 2 本、防爆パーズやバルブ駆動用に 9L のヘリウムボンベ 1 本が搭載される。予冷器の液体窒素貯蔵用に、48 リットルの真空断熱タンクが機体中胴部に搭載される。



(a) 側方視



(b) 前方視

図 3 機体主要寸法

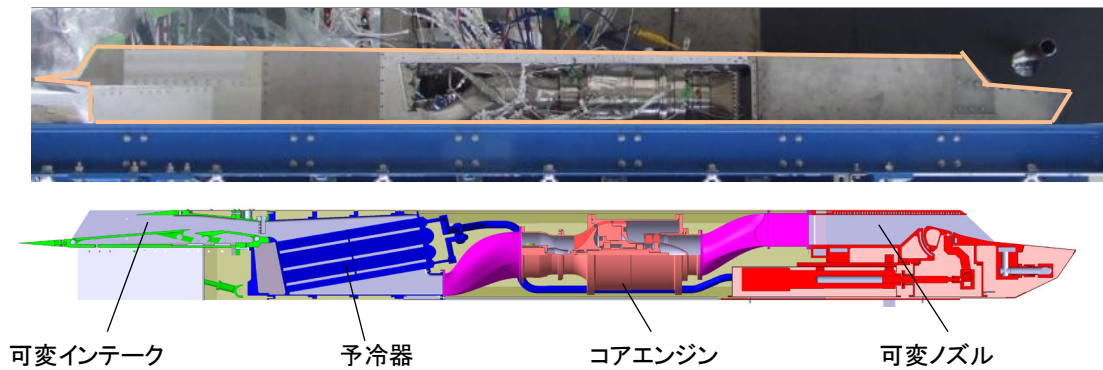


図 4 極超音速ターボジェット

エンジンは前後 2 箇所では機体に固定される。前方の固定部はエンジンの予冷器ケーシング前方に板バネを介して機体中胴部に固定される。また板バネと並行して機体推力を支持する機構を設け、ロードセルによる推力計測を行う。エンジン後方の支持はエンジンノズル部と機体後胴部を結合している。この際、エンジン運転中の熱膨張を考慮し、エンジンに軸方向の膨張を吸収するリニアスライダを設けている。このため、エンジン後方の機体固定部はエンジン推力を受けず、推力・抗力方向（機軸方向）以外の力を機体へ伝える。それぞれの結合部については、構造解析を実施し、機体引き起こし時の荷重（3G: 3 軸方向）およびパラシュート開傘時の荷重（10G: 機軸方向）に対し、安全率 2 以上を確保している。

3.3 ガス供給系

3.3.1 ガス供給系概要

エンジンへの高圧ガス供給システムを、地上設備も含め図 5 に示す。機体中胴部に搭載されたガス供給系の外観を図 6 に示す。エンジンへの燃料供給ラインは 2 系統あり、本稿ではそれぞれコア系、アフターバーナー系と呼称する。コア系は、コアエンジンの燃焼器に最大 11g/sec の水素ガスを供給し、約 1200K で燃焼させてタービン駆動用の燃焼ガスを生成する系統である。アフターバーナー系は液体水素（液体窒素）タンクより 3MPa の液体水素を予冷器へ供給する系統である。液体水素は予冷器においてエンジンへの流入空気と熱交換し、昇温・ガス化した水素がアフターバーナーへ供給される。アフターバーナーでは 2000K の過濃燃焼ガスを生成する。本飛行実験においては、アフターバーナー系は液体窒素を用いているため、アフターバーナーでは燃焼は行わない。

本実験機に搭載するガス容器は以下のようなになる。

(1) 液体水素（窒素）容器

気球上昇中の蒸発量を抑えるため、真空断熱方式を採用している。容器の安全性を確保するため二重の放圧装置（手動弁 HV132 および遠隔操作弁 BRV132）と安全弁 SV132 を備えている。本容器は、高圧ガス認定容器ではないため、事前に関係官庁に対して特別充てん許可申請を行い、実験期間内における充てん許可を得た上で使用している。飛行実験において、

地上待機、上昇中の蒸発量、飛行実験中液面揺動による払い出し不能量を考慮し、地上準備において搭載容器に充てんする液体窒素は 25kg (27.5L) とした。これに対し、容器の容量は 48L と十分な量を確保している。液体窒素充てんは充てん配管の取り付け等大がかりな作業であるため、飛行準備作業の初期に行った。液体窒素充てん後は外部充てん配管を取り外し、ベントライン BRV132 を開いて大気開放状態とした上で、他作業を行っている。

(2)水素ガス容器

コアエンジンの燃焼器に供給される水素ガスは機体内部に搭載された高圧ガス認定容器である水素ボンベ (9L x 2 本、24MPa) から供給される。水素ガスは本飛行実験で取り扱う唯一の可燃性ガスであるため、保安上の措置として、水素ボンベ元弁 (HV101、HV102) を (気球へのヘリウムガス充てん後の) 放球直前に開く運用手順とした。これにより、機体輸送・実験事前準備作業・放球当日作業のほぼ全ての時間帯において、水素ガスは高圧ガス認定容器内に封じ込まれた状態となり、作業安全を確保している。また、静電気防止用に作業者のアースバンド着用し、常時水素ガス検知器による放球台周辺へのガス漏洩監視を行っている。放球直前の作業は極力省力化し、水素ボンベ元弁を開き、減圧弁 (PRV1) を設定圧 (3MPa) に調整する作業のみを行う。気球上昇中において、水素ガスは水素メイン弁 (RV1) および流量調節弁 (QIC1) およびベント弁 (RV103) により閉鎖された状態となっている。これら自動弁類は安全装置である気圧スイッチを介して作動するため、地上作業時は誤動作されても開くことはない。さらに、一度上空 (高度 5km 以上) に到達 (減圧) した後、再度降下 (高度 1km 以下) すると自動放圧される保安回路を設けることにより、飛行実験後の着水時には水素ガスボンベが放圧された状態を確保している。これら水素ガスの封止、自動放圧回路はエンジン制御コンピュータと並列に組み立てられており、冗長となっている。

(3) ヘリウムガス容器

水素ガス以外の高圧ガスとして、ヘリウムガス (9L、29.7MPa) が搭載される。ヘリウムガスは、液体窒素タンクの液面加圧、エンジンの支持機構冷却、潤滑油供給、空動弁駆動、実験終了後の液体窒素残液排出に用いる。表 1 にヘリウムガス消費計画を示す。液体窒素タンクは、気球から機体を切り離す 30 秒前に自動シーケンスにより 3MPa に加圧される。ヘリウムガス搭載量 0.361kg のうち、約 2/3 にあたる 0.241kg を加圧ガスとして消費する。エンジンへ供給するヘリウムガスは、後部支持機構およびアフターバーナー部の冷却、およびコアエンジンベアリング潤滑油供給の目的で使用される。燃焼実験終了時には、ボンベ内には約 2MPa のヘリウムガスが残るが、これは水素ガス供給ラインのパーージ (2 秒) および液体窒素タンクの残液排出と昇温 (5 秒) を目的として、液体窒素タンクを介して自動放圧される。これにより、機体着水時には、液体窒素供給系、空動弁操作圧も無くなるため、液体窒素供給系の空動弁は全て開 (大気開放) 状態となる。搭載ヘリウムガスの消費を抑えるため、地上作業時には外部からヘリウムガスを供給して作業を行った。

BOV 3号機 飛行実験 供給系統 2010/05/25

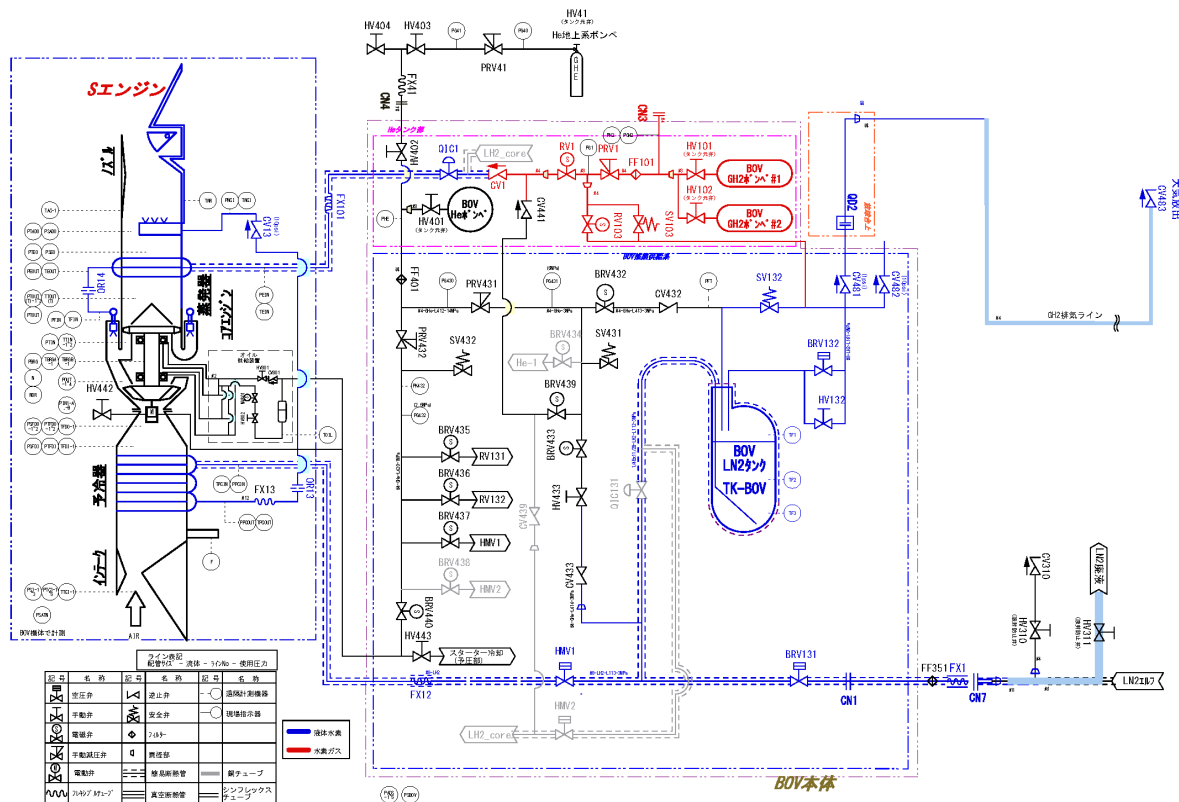


図5 高圧ガス供給系統図

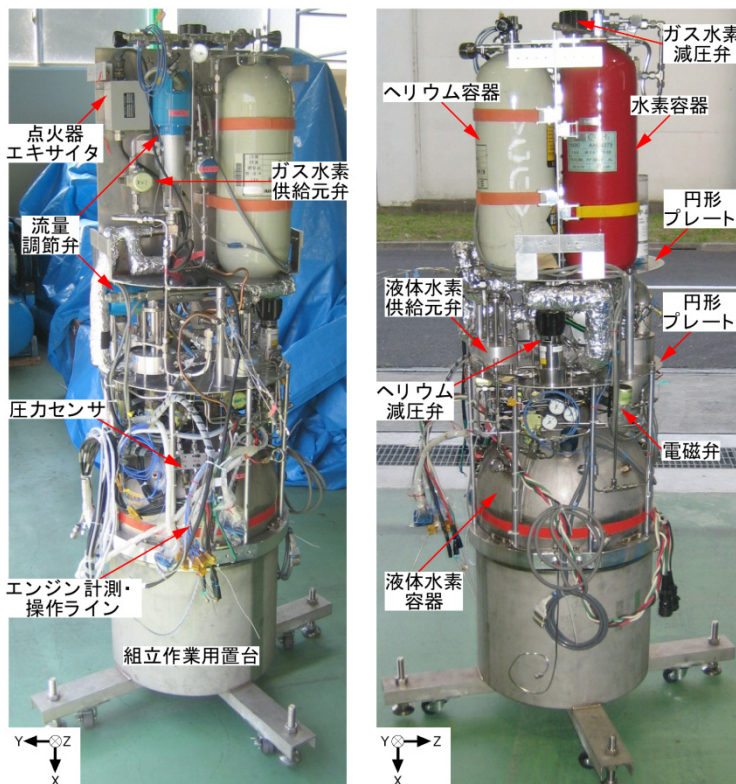


図6 機体中胴部高圧ガス供給系

表 1 ヘリウムガス消費計画

項目	単位	値	備考
LN2タンク加圧(→3MPa)+LN2押し出し			
体積	m ³	0.048	
圧力	kPa	3000	
①消費量	kg	0.241	
ノズル冷却			
			現状のオリフィス設定(OR482=0.6mm, OR481=1.2mm)
流量	g/s	3.121	
作動時間	sec	60	
②消費量	kg	0.000	
オイル供給			
流量	g/s	0.65	ガス供給系1回転(CV0.25)・オイル系30°回転(CV0.1) 2.5MPa/1min
作動時間	sec	60	
③消費量	kg	0.039	
空動弁操作			
バルブ排気量(1個あたり)	m ³	0.0000136	
バルブ駆動回数		4	
作動圧力	kPa	700	
④消費量	kg	0.000064	
試験終了後タンクバージ			
流量	g/s	11.9	MV100(CV=0.259)
作動時間	sec	0	
⑤消費量	kg	0.000	
⑥消費量合計 (①+②+③+④+⑤)	kg	0.280	
ヘリウムボンベ充填量			
体積	m ³	0.009	=9L
⑦初期圧力	kPa	24000	=24MPa
⑧初期充填量	kg	0.361	
⑨試験終了時残圧 (⑧-⑥)×7	kPa	1949	

3.3.2 気密試験

気密試験は発泡液により漏洩が見られないことを確認することとともに、リークレート計測により漏洩量を確認する手法で実施している。リークレートの合格基準は、リーク量を飛行実験状態の圧力で換算し搭載量の 0.1%/hour 以下となることを条件とした。付録 A・表 1 に水素ガス (コア系) のリークレート検査結果を示す。水素ガス系のリークレート計測は水素ガスの外部供給口 CN3 (搭載水素ボンベ元弁 HV101, HV102 下流) に 2 次系の最高使用圧 3.0MPa を加圧、搭載系の減圧弁 PRV1 を全開とした上で、外部供給口を閉止し計測した。計測時間は 10 分とし、CN3 部の圧力低下量から求めた。同様に付録 A・表 2 にヘリウム系のリークレート検査結果を示す。ヘリウム系は外部ヘリウム供給口を 3.3MPa に加圧し、飛行実験時の設定圧として、PRV421 を 3.0MPa、PRV432 を 0.7MPa に設定し、CN4 部の圧力低下量を計測した。

3.4 機体アクセス方法

実験機は外板で荷重をもたせるモノコック構造をしているため、機体内部との貫通部を極力減らす設計としている。このため、機体各部には各所に内部部品を操作するアクセスハッチが開けられている。表 2 に各アクセスハッチから操作する項目を示す。アクセスハ

ッチはアクセスパネルと呼ぶ板を M3 皿ネジで固定するため、機体荷重の一部は支える構造となっている。また、A1, A2 のアクセスハッチは内部電子機器を予圧するため気密構造に、B1-B5 は着水後の浮力を確保するため水密構造とするため、いずれも O リングを用いて封止している。同様に B6 も水密構造とするため、エンジン取り付け後シール剤（信越シリコーン社 KE-45）にて封止作業を行っている。図 7-10 に機体各所に開けられたアクセスハッチの座標を示す。

表 2 アクセスハッチ操作項目

位置	記号	名称	用途	位置			アクセス方法
				軸方向 機体先端から	位相 機首から見る 主翼から反時計回り	形状	
前胴部	A1	BOV機器パネル	機器パネル用	1350mm	270°	Φ100穴 Oリングあり	地上
	A2	BOVエンジンパネル	外部電源 エンジン用コンピューター	1550mm	90°	Φ100穴 Oリングあり	地上
中胴部	B1	ニューマチック	ニューマチック圧設定	2547mm	105°	Φ100穴 Oリングあり	右舷高所作業台車
	B2	タンク加圧	液体水素タンク加圧設定	2717mm	90°	Φ100穴 Oリングあり	右舷高所作業台車
	B3	液体水素供給	液体水素供給口	2797mm	255°	Φ100穴 Oリングあり	左舷高所作業台車
	B4	右舷ポンペ	水素ポンペ元弁操作 ガス水素供給圧設定	3374mm	135°	Φ100穴 Oリングあり	右舷高所作業台車
	B5	左舷ポンペ	水素ポンペ元弁操作 ガス水素供給圧設定	3374mm	225°	Φ100穴 Oリングあり	左舷高所作業台車
	B6	Sエンジン配管穴	BOVタンク-Sエンジン配管 Sエンジン電気ケーブル	2557~2857mm	180°	300mm x 180mm 320 x 200mm位置にM3穴 x 34個を開ける	N/A
後胴部	C1	右舷後部アクセスパネル	気圧スイッチ、保安装置	3820mm	135°	Φ100穴 Oリングあり	右舷高所作業台車
	C2	左舷後部アクセスパネル		3820mm	225°	Φ100穴 Oリングあり	左舷高所作業台車
	C3	右舷HAN	HAN電気ケーブル	4396mm	40°	Φ100穴 Oリングあり	右舷高所作業台車
	C4	左舷HAN	HAN電気ケーブル	4396mm	320°	Φ100穴 Oリングあり	左舷高所作業台車

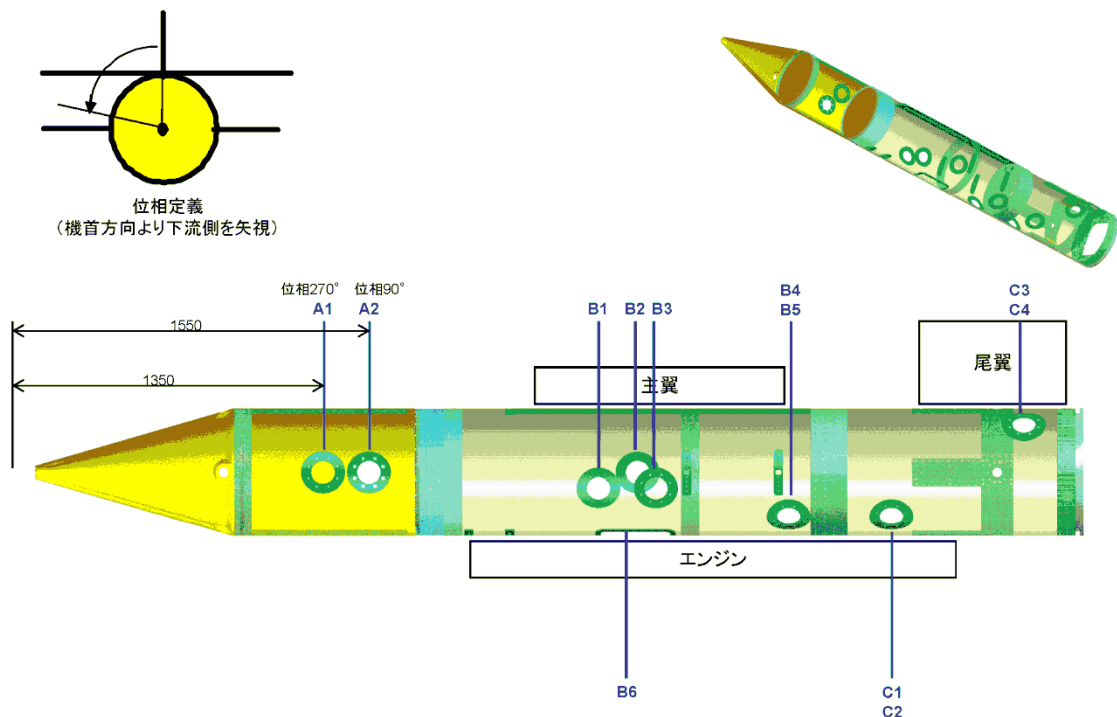


図 7 アクセスハッチ座標（全体）

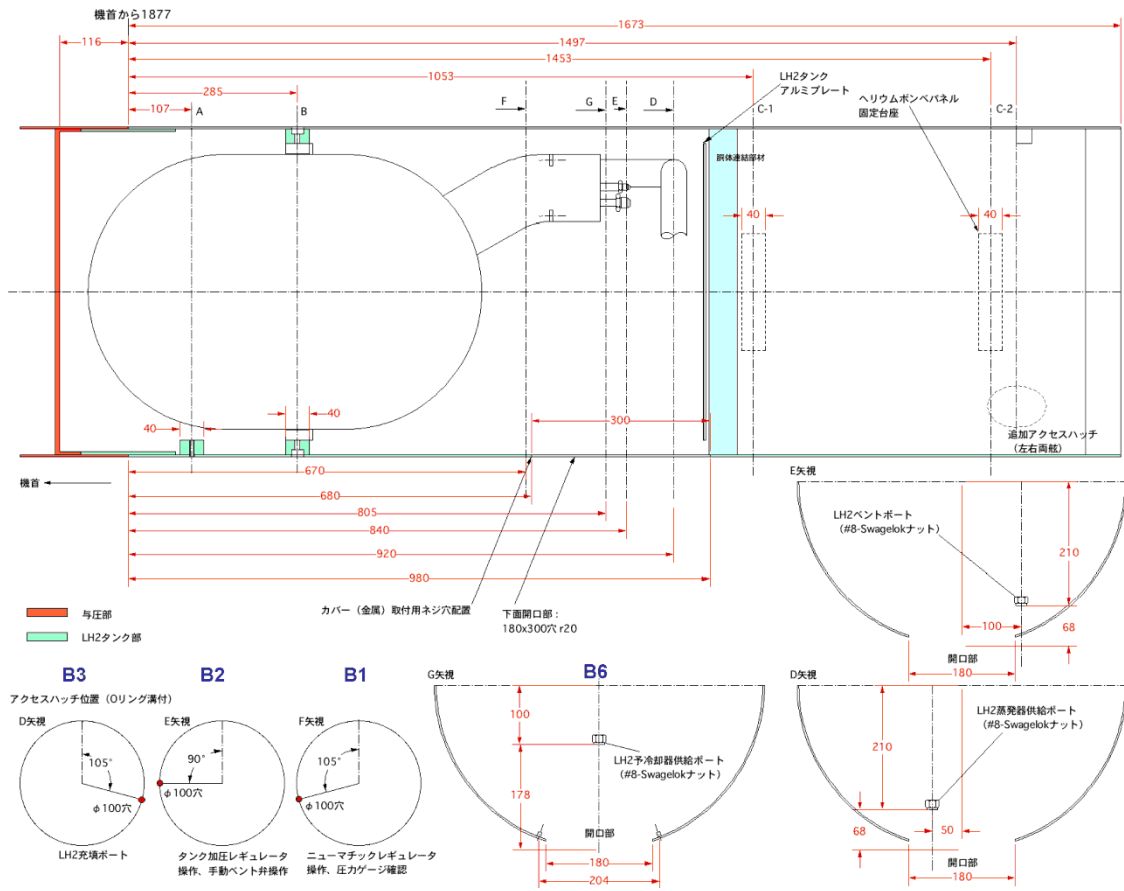


図 8 アクセスハッチ座標 (中胴部)

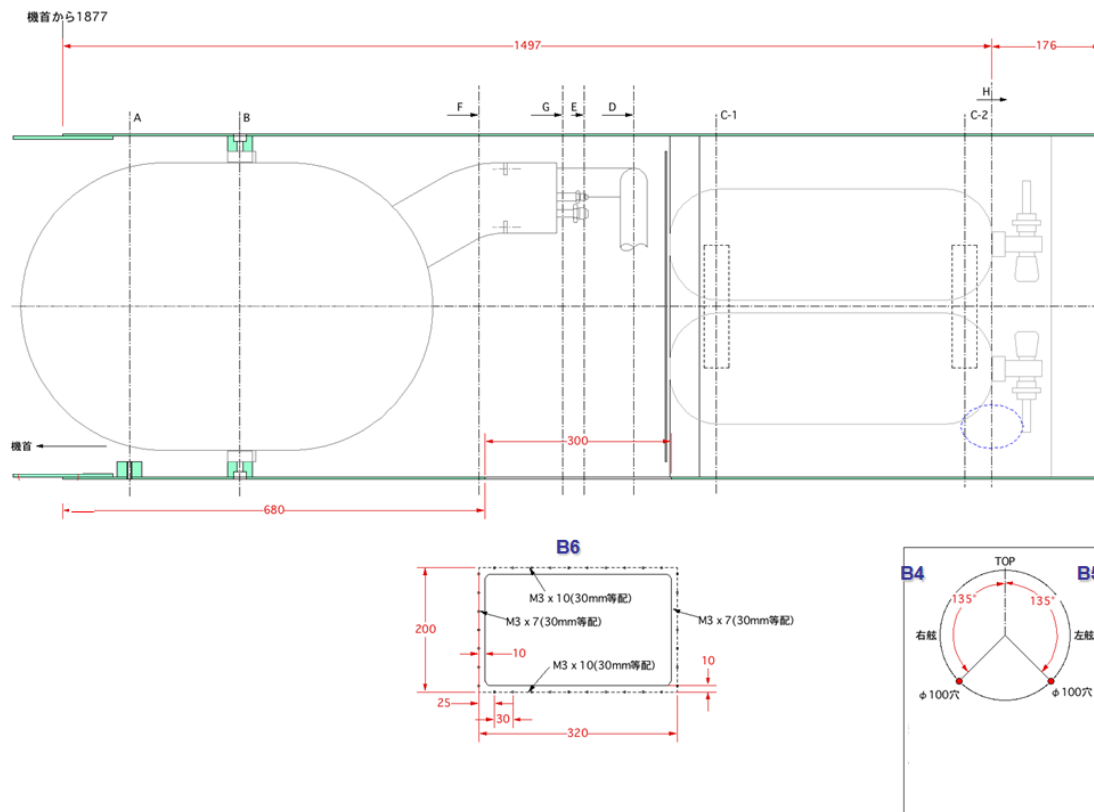


図9 アクセスハッチ座標（中胴部エンジン IF）

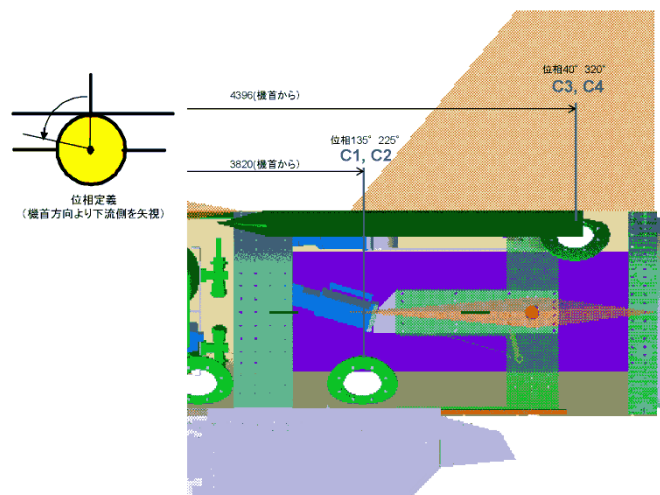


図10 アクセスハッチ座標（後胴部）

4. 地上設備

4.1 地上設備要求

供試体の放球作業に必要な地上設備としては以下の機能を有する必要がある。

- ・機器の健全性を確認するために用いる電力、ガス類を機体へ供給する機能
- ・エンジンの予冷器冷媒である液体窒素を搭載容器に充てんする機能
- ・放球中止時に逆行機能として、搭載容器から予冷器冷媒排出する機能
- ・同様に逆行機能として、搭載水素容器外の配管にある水素ガスを排出する機能

また、気球を利用した実験の特長から以下の制約を受ける。

- ・飛行前準備が終了した後、短時間で機材を撤去可能なこと

4.2 使用機器および機器配置

放球準備作業を行う際の機器配置を図 11 に示す。機体は放球台のアームより気球ゴンドラを介して吊られている。ゴンドラには気球側の計測操作機器および保安装置が搭載されている。実験機およびゴンドラを吊り下げているロープはゴンドラを介して気球本体に接続される。外部操作機器および外部電源は機体系、エンジン系それぞれ独立して設置し、電源ケーブルおよび LAN ケーブルを接続することにより操作を行う。中胴部および後胴部の機体およびアクセスハッチを操作する際には高所作業車を使用し、労働安全衛生法が定める高所作業車技能講習を受講した者 2 名が搭乗し作業を行う。また、ゴンドラ先端および高所作業車の操作部分には水素ガス検知器が設けられている。図 12 に高所作業車を示す。高所作業車はアイチ社 RM07B クローラー式 7M ステージリフトを使用した。放球作業に必要で高所作業に設置した工具リストを付録 B にまとめる。液体窒素の充てん時に配管を固定する台として、高所梯子（NAKAO 社おりたたみ作業台 A-121）を使用した。機体下部には液体窒素充てん量を計測することを目的として、重量計（テラオカ社 DI-80）を設置した。

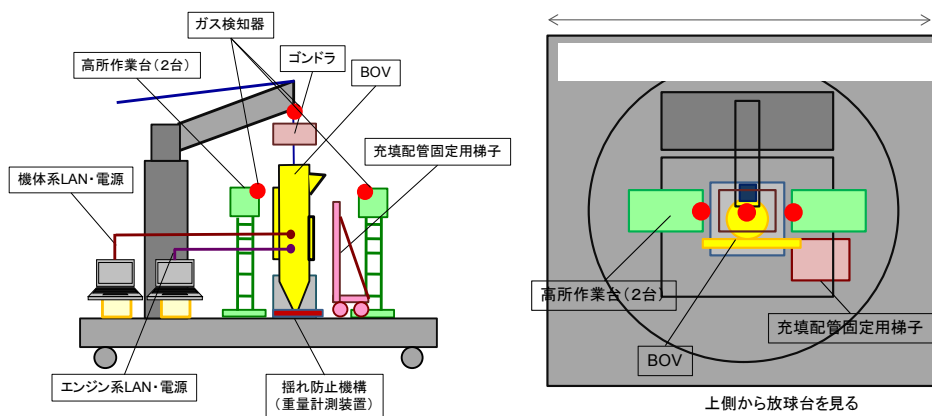


図 11 放球台上の機器配置

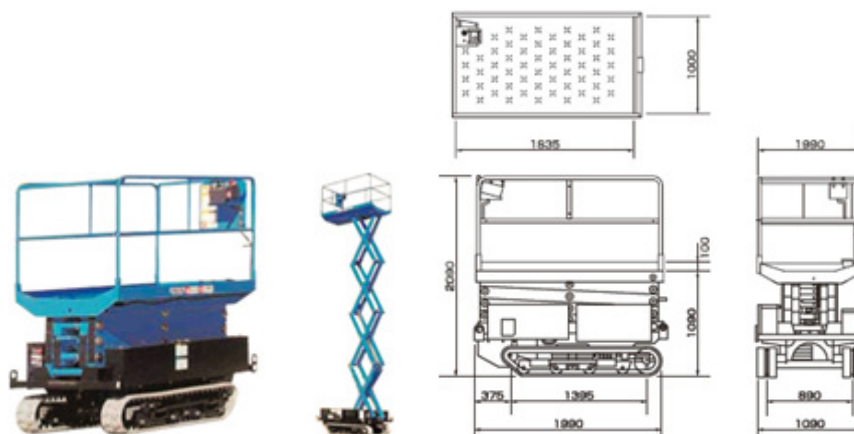


図 12 RX07B 7M クローラーリフト

4.3 機体設置方法

図 13 に機体組立、輸送時の形態を示す。機体は金属製の架台に搭載されており、ノーズコーン部を覆うキャッチコーンと機体側方の梁に取り付けられた車輪により支持される。このため、架台へ搭載している時はロール方向への回転が可能である。キャッチコーンはノーズコーン円錐部の直径が最大となる部分でベアリングを介して固定され、ピッチ方向に回転可能な構造となっている。図 14 に機体倒立時の作業を示す。機体は架台に搭載された状態で、フォークリフトで気球放球台へ設置される。設置後、放球アーム直下に移動し、倒立作業を行う。機体は後端部のパラシュートフタに取り付けられた機体懸垂用アイボルトをトラック搭載型移動式クレーン（11 トンユニック）によって吊り上げ、キャッチコーンのベアリングを中心に旋回させることにより、倒立させる。倒立後、キャッチコーン付け根にあるベアリングの回転を拘束し転倒防止措置を施し、クレーンを外すことにより機体を架台上に自立させる。クレーンを撤去した後に、上部から放球アームおよび気球ゴンドラが下降することにより機体への接続を行う。

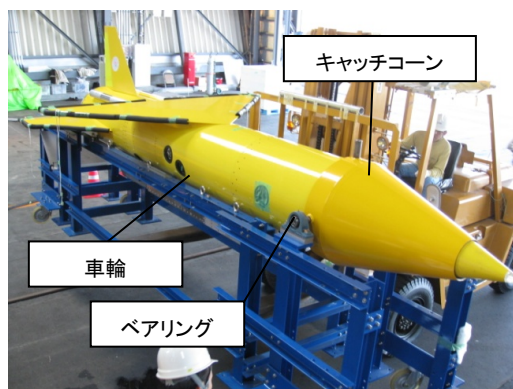


図 13 組立、輸送時形態

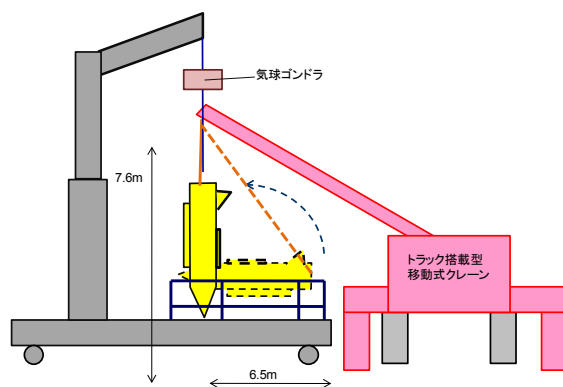


図 14 機体倒立作業

5. 放球前手順

以下に放球当日の作業を記述する。また、作業手順書を付録 C にまとめる。逆行を含め放球作業は、夜間練習 2 回を含む合計 4 回の事前練習により作業の習熟および時間予測を行った。

【】内の数字は添付作業手順書の大項目番号に相当する。なお、ヘリウム、窒素配管内に残る空気中の水分が飛行中に結露することを防ぐため、前日までに配管内に残る空気はヘリウムに置換してある。なお、以降の図中写真は日中行った事前練習時のものがあることを付け加えておく。

(1) エンジン系健全性確認【1, 2】(図 15)

放球前作業は JAXA 格納庫内において開始する。エンジン系の搭載計算機の地上電源および操作用 LAN ケーブルを接続し、計算機を起動させる。計算機によって初期健全性を確認した後、ヘリウム地上系を接続し、ヘリウムガスの機体への供給が可能な状態とする。機体の空動弁操作圧を立ち上げ、搭載全バルブを操作可能な状態とし、搭載機器類（バルブ、モーター、点火プラグ、回転センサー、圧力センサー、温度センサー）の健全性を確認する。

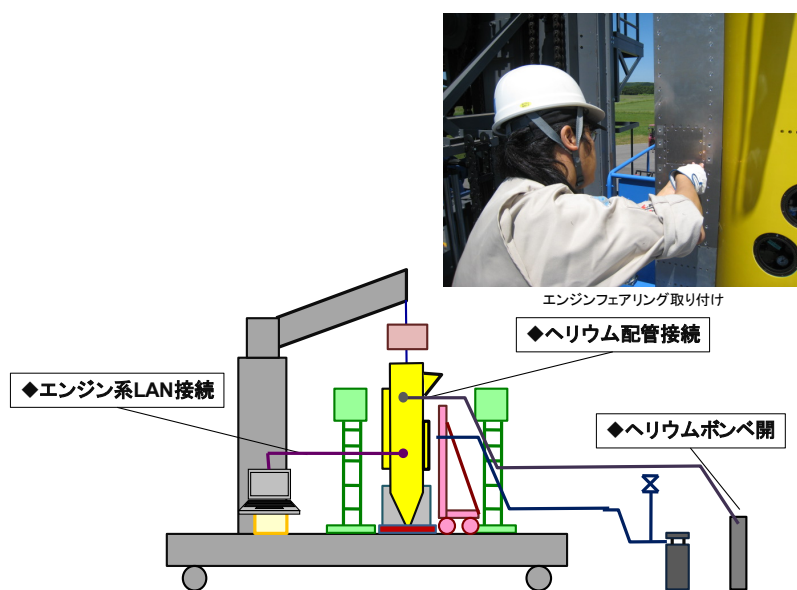


図 15 エンジン健全性確認

(2) 液体窒素充てんおよび放球台移動【3,4】(図 16)

搭載タンクに液体窒素を充てんする。液体窒素は小型容器（通称エルフ）より充てんする。タンク予冷および充てん時に発生する窒素ガスは機体ベントライン BRV132 および HV132 より機体後方（上方）に排気されるが、酸素欠乏による窒息を防ぐため、気球格納庫のシャッターを開いた状態で作業を行う。これにより、格納庫内に外気が流入するが、

外気による機体の結露を防ぐため、液体窒素充てん（＝シャッター開作業）は極力後回しとして、放球台を格納庫から移動させる直前に実施している。液体窒素を充てんした後、供給配管およびヘリウム配管を取り外した上で、放球台を格納庫から気球本体へヘリウムガスを充てんさせる作業の所定位置に移動させる。同時に機体搭載のヘリウムボンベ元弁HV431を開く。この時点でエンジン系の放球準備作業は水素ガス系統以外完了するため、エンジン系の地上操作用 LAN および外部電源も撤去する。

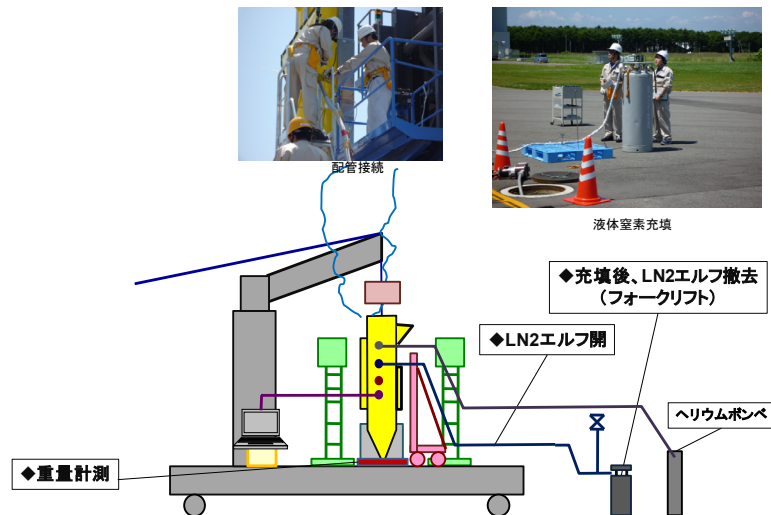


図 16 液体窒素充てん

(3) 機体系準備【5】(図 17, 18)

機体姿勢制御用ガスジェット系統はノーズコーン内に納められており、2次圧を調整する減圧弁は機体先端から専用工具を使用して開く。このため、放球台の上下移動を必要とするガスジェット系統の作業は、電気噛み合わせを開始する前に行う。機体系準備作業は、気球ゴンドラとの電気噛み合わせ、保安用タイマー回路の絶縁導通チェック、管制室とのコマンドチェック、HAN ロケット系統の準備を行う。

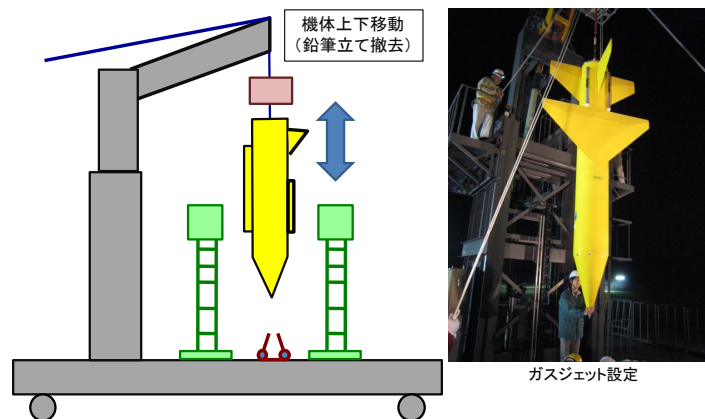


図 17 ガスジェット設定

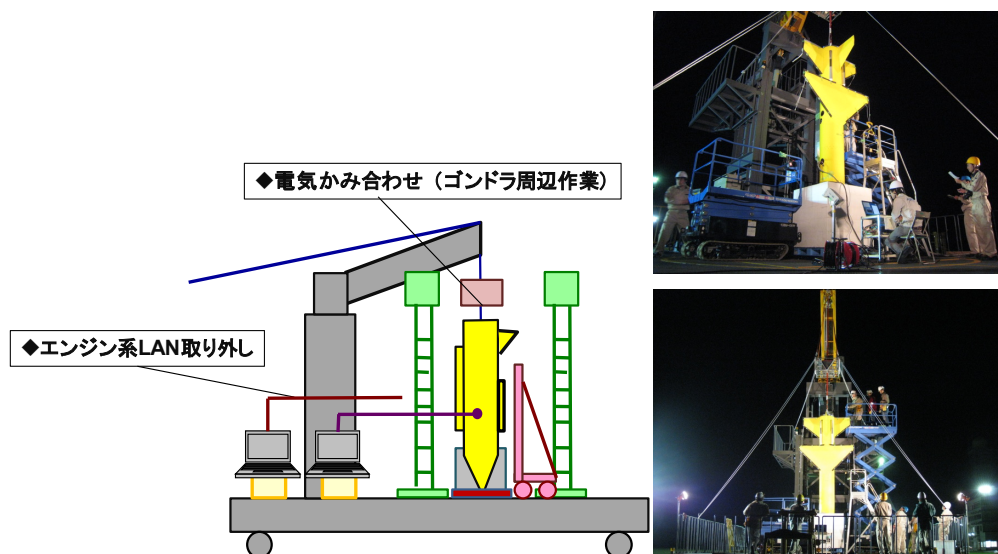


図 18 噛み合わせ

(4) 梯子撤去、気球ガス充てん

水素ガス系統を除くエンジン系および機体系の準備作業が終了し、関連するアクセスハッチを閉める。これにより、水素ガス系統準備以外の作業は終了し、高所作業台車以外の機器を撤去する。この後、実験機の作業者は一時退避し、気球へのガス充てんを行う。気球へのガス充てん中に放球台車は 50m 程海側へ移動する。

(5) 水素元弁開、放球（図 19, 20）

気球へのヘリウムガス充てんを終了した時点で、作業員 4 名が放球台に戻り、水素ガス系統の作業を行う。水素ガス元弁 HV101 および HV102 を開き、減圧弁 PRV1 の設定を行う。機体作業が終了した後、高所作業台車を撤去する。高所作業台車は、放球直後の想定される機体運動方向に対して、干渉する恐れのない山側（機体を吊り下げているアームに対して反対側）へ移動させる。水素ガス系統の開作業を終えた作業員が退避したことを確認し、放球する。

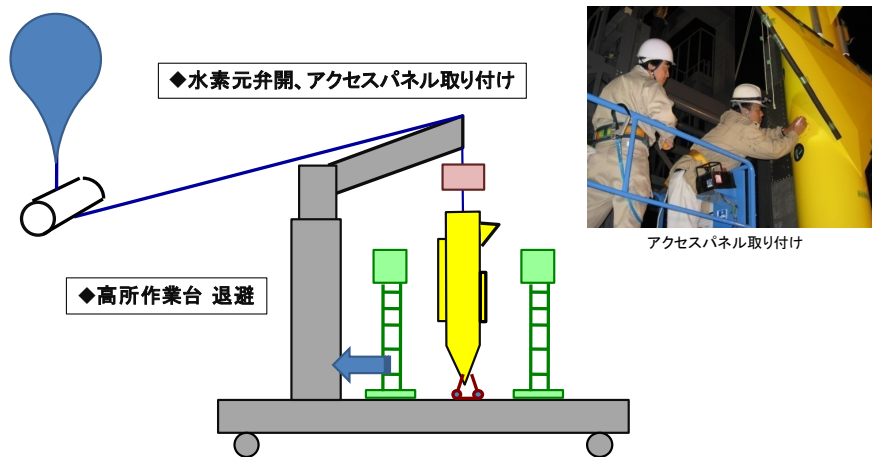


図 19 水素元弁開

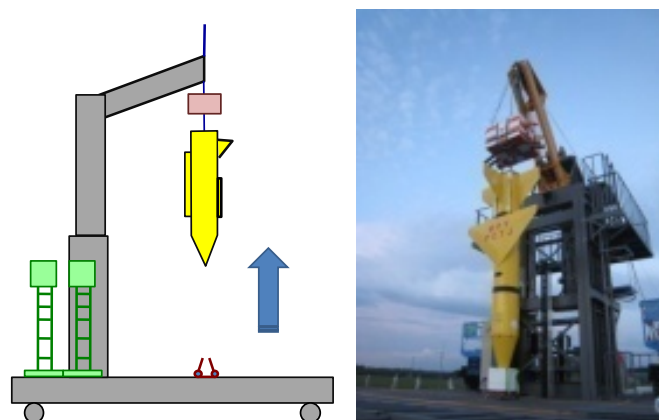


図 20 放球

6. まとめ

JAXAにて開発を行った気球利用型飛行実験機システムの放球作業により、水素ガスおよび液体窒素を利用した飛行実験機の機体構成および運用方法を確立した。この実験機システムは元来液体水素を想定し構成されているため、本実験によって確立された実験機設計、運用手法は将来の極超音速エンジン飛行実験の運用にも利用可能である。

【付録 A】 配管リークレート計測結果

表 1 水素系リークレート計測結果

容器の種類	高圧ガス配管	
容器の名称	BOV 水素系配管	
容器の記号		
内容積 (Liter)	0.221	
最高使用圧力 MPa	3.0	
設計温度	常温	
気密試験	試験方法	加圧後一定時間保持してリークレートを計測する
	試験日時	平成22年4月6日
	気密試験圧力 MPa	3.0
	試験流体	ヘリウムガス
	試験時間 min	10
	試験流体温度	20°C
	圧力計	基準圧力計
搭載ボンベ仕様	充填圧 MPa	24
	容積 Liter	18.0
換算リークレート %/hour (搭載ボンベ充填量に対する比率)		0.000123
試験実施者		
判定基準		換算リークレート0.1%以下
判定		合格

表 2 ヘリウム系リークレート計測結果

容器の種類	高圧ガス配管	
容器の名称	BOV 水素系配管	
容器の記号	-	
内容積 (Liter)	0.221	
最高使用圧力 MPa	3.0	
設計温度	常温	
気密試験	試験方法	加圧後一定時間保持してリークレートを計測する
	試験日時	平成22年4月6日
	気密試験圧力 MPa	3.0
	試験流体	ヘリウムガス
	試験時間 min	10
	試験流体温度	20°C
	圧力計	基準圧力計
搭載ボンベ仕様	充填圧 MPa	24
	容積 Liter	18.0
換算リークレート %/hour (搭載ボンベ充填量に対する比率)		0.000123
試験実施者		
判定基準		換算リークレート0.1%以下
判定		合格

【付録 B】 高所作業台車上工具リスト

右舷用工具箱	左舷用工具箱
<input type="checkbox"/> アクセスパネルA2 <input type="checkbox"/> アクセスパネルB1 <input type="checkbox"/> アクセスパネルB2 <input type="checkbox"/> アクセスパネルB4 <input type="checkbox"/> アクセスパネルC1 <input type="checkbox"/> Oリング×5 <input type="checkbox"/> Oリング用グリース <input type="checkbox"/> ネジBOX+2.5mm六角レンチ <input type="checkbox"/> プラスドライバー(フェアリング用) <input type="checkbox"/> フェアリング用ネジBOX <input type="checkbox"/> オイル補充セット <input type="checkbox"/> ユニオン固定スパナ(1/4"チューブ用) <input type="checkbox"/> 9/16"スパナ×2 <input type="checkbox"/> 1/2"スパナ <input type="checkbox"/> ストップウォッチ	<input type="checkbox"/> アクセスパネルA1 <input type="checkbox"/> アクセスパネルB3 <input type="checkbox"/> アクセスパネルB5 <input type="checkbox"/> アクセスパネルC2 <input type="checkbox"/> Oリング×4 <input type="checkbox"/> Oリング用グリース <input type="checkbox"/> ネジBOX+2.5mm六角レンチ <input type="checkbox"/> プラスドライバー(フェアリング用) <input type="checkbox"/> フェアリング用ネジBOX <input type="checkbox"/> ガムテープ、養生テープ <input type="checkbox"/> CN1専用工具 <input type="checkbox"/> 1"スパナ <input type="checkbox"/> 7/8"スパナ×2 <input type="checkbox"/> 1/2" AN継手プラグ <input type="checkbox"/> 1/2" フレアキャップ
<input type="checkbox"/> ガムテープ <input type="checkbox"/> 養生テープ <input type="checkbox"/> 洗浄液 <input type="checkbox"/> エアダスター <input type="checkbox"/> スヌープ <input type="checkbox"/> ウェス <input type="checkbox"/> JKワイパー <input type="checkbox"/> 携帯ガス検知器 <input type="checkbox"/> アースバンド <input type="checkbox"/> 懐中電灯 <input type="checkbox"/> 単3乾電池	<input type="checkbox"/> ヘリウム配管 <input type="checkbox"/> CN4専用工具 <input type="checkbox"/> 9/16"スパナ <input type="checkbox"/> 1/2"スパナ <input type="checkbox"/> 1/4"スウェジキャップ <input type="checkbox"/> 1/4"スウェジプラグ <input type="checkbox"/> 長尺マイナスドライバー(ガスジェット用) <input type="checkbox"/> 洗浄液 <input type="checkbox"/> エアダスター <input type="checkbox"/> スヌープ <input type="checkbox"/> ウェス <input type="checkbox"/> JKワイパー <input type="checkbox"/> 携帯ガス検知器 <input type="checkbox"/> アースバンド <input type="checkbox"/> 懐中電灯

【付録 C】 放球作業手順書

日時()		試験名称()		作業者		作業項目(機械系)		作業項目(電気系)		往由機材準備機材必要人員		並行作業記号 or 運行移行番号		作業時間		経過時間 [min]	
実施項目	作業番号	項目	確認	開始時刻	終了時刻	作業者	作業場所	作業項目(機械系)	作業項目(電気系)	往由機材	準備機材	必要人員	並行作業記号 or 運行移行番号	作業時間	経過時間 [min]		

0. 前日までの作業

						小林		インテーク、ノズルロード計測									
						小林		マルマンバネ、湯冷め防止管等 とりつけ									
						小林		RCN F10H1 (14E) の一部取外し									
						小林		アクセスパネル 取外し									
						小林		HAN 作業									
						小林		配管単位点検チェック									
						小林		水素ガス検 単位チェック(閉まて漏れを認める)									
						小林-原田		作業用身(工具)の準備(電所作業台、仮、下)									
						本組		セーターケーブル接続(L1)									
						小林		閉末チューブ(RV1, RV10)接続									
						山口		右舷フェアリング外し									
						小林		外観点検									
						小林		地上ケーブル供給ラインの接続確認									
						山口		ケーブル接続の点検(ケーブル内作業も半押ししない)									
						小林		点検器具の準備(台車下、地面)									
						小林		消火器準備									
						小林		エルフ取付 (0.4MPa)									
						小林		LN2配管設置(梯子に接続)									
						小林		水素ガスケーブルの設置(梯子に接続)									
						小林		出口に止り止装置を									
						小林		高圧作業台/ヒヤリアシ									
						山口		緩手掛-工具棚 準備									
						小林		小林さん用 小笠原立、梯子準備									
						山口		点検確認									
						山口		地上ケーブル供給ラインの接続確認(ポンベはポンベ台車上に設置)									
						本組		液状窒素配管設置(梯子に接続) 電源接続 配管接続									
						小林		エンジン系/外部電源接続 (LN2) 液状窒素配管									
						小林		液状窒素配管接続 気密確認 (0-1回)									
						小林		BOVタンク内置換 (0-2回)									
						小林		中継機/ターミネーション抵抗取り付け									
						小林		ガスケット元弁開									
						小林		配管の点検									
						小林		点検器具の準備									
						小林		バルブの点検									
						小林		防水テープ貼り付け									
						本組		高圧作業台 受領									

【前日作業】

0-1 バルブ動作チェック、ニューマチック立ち上げ

項目	作業番号	項目	確認	開始時刻	終了時刻	作業者	作業場所	作業項目(機械系)	作業項目(電気系)	往由機材	準備機材	必要人員	並行作業記号 or 運行移行番号	作業時間	経過時間 [min]	
1						小林		エンジン系/外部電源ON		外部電源の 外部電源ケーブル等						
ヘリウム管検																
2						原田	下	HV41(地上ヘリウム(インベ)元弁) → 開 (段階的)								
3						原田	下	PG40 圧力記録 (MPa)								
4						原田	下	HV403 → 開								
5						原田	下	HV404 → 開								
6						原田	下	PRV41 圧力設定 5MPa								
7						原田	下	PG4 圧力記録 (MPa)								
8						原田	ト	ヘリウム配管 気密確認								
9						小林			PH1 圧力記録							
10						小林	左	HV402 → 開								
11						原田	下	HV403 → 開 HV404 → 開 HV403 → 開								
12						原田	下	HV403 → 開 HV404 → 開 HV403 → 開								
13						原田	下	HV403 → 開 HV404 → 開 HV403 → 開								
14						原田	下	PG40 圧力記録 (MPa)								
15						原田	下	PG4 圧力記録 (MPa)								
16						小林			PH1 圧力記録 (MPa)							
17						小林	右	PG40 圧力記録 (MPa)								
電線動作チェック																
18						小林-小林		RV1 開 → 閉 (2回)								
19						小林-小林		RV102 開 → 閉 (2回)								
20						小林-小林		RV432 開 → 閉 (2回)								
21						小林-小林		HV434 開 → 閉 (2回)								
22						小林-小林		HV439 開 → 閉 (2回)								
23						小林-小林		RV439 開 → 閉 (2回)								
24						小林-小林		GN1 動作確認 (N) 確認 カギ動作 確認								
ニューマチック点検																
25						小林	右	PRV49(設定 →) 5MPa (搭載ポンベに必要した圧力 圧が上昇するため、やや低めに設定)								
26						小林			PH432 圧力記録 (MPa)							
空動ライン動作チェック、ヘリウム管検																
27						小林-小林		RV131 開 → 閉 (2回)								
28						小林-小林		RV132 開 → 閉 (2回)								
29						小林-小林		HVM1 開 → 閉 (2回)								

0-2 液体窒素配管接続

項目	作業番号	項目	確認	開始時刻	終了時刻	作業者	作業場所	作業項目(機械系)	作業項目(電気系)	往由機材	準備機材	必要人員	並行作業記号 or 運行移行番号	作業時間	経過時間 [min]	
液体窒素配管接続																
30						原田-小林	下	液体窒素配管設置								
31						原田	下	液体窒素配管 エルフ配管 接続								
32						小林		HV131開								
33						小林	左	液体窒素配管 確認(確認) (CN1) エルフガス取り口から確認								
34						原田-小林	左	GN1 気密チェック (エルフ ガス取り口より)								
35						原田	下	気密チェック終了後 エルフガス開 HV131 → 開(確認) → 閉								

0-3 BOVタンク内置換・気密確認

36						小林	右	PRV43(設定 →) 3MPa								
37						小林		RV131 → 開								
38						小林		RV132 → 開								

39			小林		HMV1 → 閉	HMV1 → 閉		
40			小林-小島			PFTモニタ 開始		
41			小林-小島		RV432 → 閉 (加圧) → 閉	RV432 → 閉 (加圧) → 閉		
42			小林-小島		RV132 → 閉 (放圧) → 閉	RV132 → 閉 (放圧) → 閉		
43			小林-小島		RV432 → 閉 (加圧) → 閉 (2回目)	RV432 → 閉 (加圧) → 閉		
44			小林-小島		RV132 → 閉 (放圧) → 閉	RV132 → 閉 (放圧) → 閉		
45			小林-小島		RV432 → 閉 (加圧) → 閉 (3回目)	RV432 → 閉 (加圧) → 閉		
46			小林-小島		RV132 → 閉 (放圧) → 閉	RV132 → 閉 (放圧) → 閉		
47			小林-小島		RV432 → 閉 (加圧) → 閉 (4回目)	RV432 → 閉 (加圧) → 閉		
48			小林-小島		RV132 → 閉 (放圧) → 閉	RV132 → 閉 (放圧) → 閉		
49			小林-小島		HMV1 → 閉	HMV1 → 閉		
50			小林-小島		RV132 → 閉	RV132 → 閉		
51			小島	右	PRV431 → 戻し			
52			小林-小島		RV432 → 閉 → 閉	RV432 → 閉 → 閉		
53			小島	右	PG431 0 確認			
54			小林			PFTモニタ 終了		
ヘリウム放圧								
55			小島	右	PRV432 戻し			
56			小林		RV440 → 閉 → 閉	RV440 → 閉 → 閉		
57			小島	右	PG432 圧力確認			
58			原田	下	HMV1 (地上ヘリウムポンプ元弁) → 閉			
59			原田	下	PRV41 戻し			
60			小島	左	HV402 → 閉 (搭載配管内にSMPa残す)			
61			原田	下	HV404 → 閉 (放圧作業回数回限り返す)			
62			小林		搭載電源OFF			

【当日作業】

1. 格納庫内作業前チェック

1. 格納庫内作業前チェック									作業開始時刻
操作前チェック									20:55
1			精身		放球台上 水素ガス検知器 ON 異音動作チェック		B	1	1.0
2			小島	右	バルブ閉 確認 BOV搭載水素 HV101 閉 BOV搭載ヘリウム 閉 PRV432 戻し確認 PRV431 戻し確認 HV132 閉		B	4	5.0
3			本郷	左	バルブ閉 確認 BOV搭載水素 HV102 閉 HV402 閉		B	4	-
4			原田	下	バルブ閉 確認 ヘリウムポンプ 閉 液体窒素エルフ 閉		B	4	-
5			原田	下	液体窒素エルフ 圧力記録		B	0	-

2. エンジン健全性確認

2-1 エンジン系LAN接続

2-1 エンジン系LAN接続									21:00	
エンジン系LAN接続										
6			田口		保温装置(ぬくみちゃん)布団乾燥機 ON			3	8.0	
7			小林			エンジン系外部電源ON	外部電源x2		-	

2-2 ヘリウム配管接続・バルブ動作チェック

2-2 ヘリウム配管接続・バルブ動作チェック									21:03
ヘリウム復帰									
8			原田	下	HMV1 (地上ヘリウムポンプ元弁) → 閉 (解除済)			0	8.0
9			原田	下	PG40 圧力記録 [MPaG]			0	8.0
10			原田	下	HV404 → 閉			0	8.0
11			原田	下	PRV41 圧力設定 SMPa			1	9.0
12			原田	下	PG41 圧力記録 [MPaG]			0	9.0
13			原田	下	ヘリウム配管 気密確認	スノーブウェス・洗浄済		2	11.0
14			小林			PHE 圧力記録 [MPaA]		0.5	11.5
15			小島	左	HV402 → 閉			0.5	11.5
16			小林			PHE 圧力記録 [MPaA]		0.5	12.0
17			原田	下	HV403 → 閉 HV404 → 閉 → 閉 HV403 → 閉			0.4	12.4
18			原田	下	HV403 → 閉 HV404 → 閉 → 閉 HV403 → 閉			0.4	12.8
19			原田	下	HV403 → 閉 HV404 → 閉 → 閉 HV403 → 閉			0.4	13.2
20			原田	下	PG40 圧力記録 [MPaG]			0	13.2
21			原田	下	PG41 圧力記録 [MPaG]			0.4	13.6
22			小林			PHE 圧力記録 [MPaA]		0.4	14.0
23			小島	右	PG430圧力記録 [MPaG]			0.4	14.4

電磁弁動作チェック

電磁弁動作チェック									
24					ぬくみちゃん布団乾燥機 OFF			0.4	14.8
25			小林-小島		RV1 閉 → 閉 (2回)	RV1 閉 → 閉 (2回)		0.2	15.0
26			小林-小島		RV103 閉 → 閉 (2回)	RV103 閉 → 閉 (2回)		0.2	15.2
27			小林-小島		RV432 閉 → 閉 (2回)	RV432 閉 → 閉 (2回)		0.2	15.4
28			小林-小島		RV433 閉 → 閉 (2回)	RV433 閉 → 閉 (2回)		0.2	15.6
29			小林-小島		RV439 閉 → 閉 (2回)	RV439 閉 → 閉 (2回)		0.2	16.0
30			小林-小島		RV439 閉 → 閉 (2回)	RV439 閉 → 閉 (2回)		0.2	16.0
31			小林-小島		QIC1 操作電源ON 確認 弁駆動音 確認	QIC1 0% → 100% → 0%		0.5	16.5

ニューマチック圧設定

ニューマチック圧設定									
32			小島	右	PRV432設定 → 0.5MPa (搭載ポンプに変更したとき設定 圧が上昇するため、やや低めに設定)			0.5	17.0
33			小林			PK432 圧力記録 [MPaG]		0.5	17.5

空動弁ライン動作チェック・ヘリウム復帰

空動弁ライン動作チェック・ヘリウム復帰									
34			小林-小島		RV131 閉 → 閉 (2回)	RV131 閉 → 閉 (2回)		0.25	17.8
35			小林-小島		RV132 閉 → 閉 (2回)	RV132 閉 → 閉 (2回)		0.25	18.0
36			小林-小島		HMV1 閉 → 閉 (2回)	HMV1 閉 → 閉 (2回)		0.25	18.3

点火プラグ

点火プラグ									
37			小林-小島		点火プラグ電源ON	点火プラグ電源ON		0.5	18.8
38			小林-小島		点火プラグ作動チェック	点火プラグ作動チェック		0.5	19.3

2-3 コアエンジン回転チェック

2-3 コアエンジン回転チェック									21:14	
オイル供給確認										
39			小林			圧ターケル挿挿		5	24.3	
40			小林			エンジン系内部電源起動	ショートコネクタx2	3	27.3	
41			小林			バッテリー電圧記録 大電力量 [V]		6	27.3	
42			小林			バッテリー電圧記録 小電力量 [V]		6	-	
43			田口-本郷	右	オイル供給確認 不足の場合 補充		1/4ユニオン用スバパ 9/16スバパ オイルさし	E	1	28.3
44			田口-本郷	右	オイル照明電源交換			5	33.3	
45			田口-本郷	右	オイルカメラ照明ON			0	33.3	
46			田口-本郷	右	オイルカメラ電源固定			7	40.3	
47			小林			RV440 → 閉		1	41.3	

43		小林		RV 01 → 閉	RV 01L → 開		1	42.3
44		田口 本根	右	オイル流動確認 (ダブルチェック)			2	44.3
49		小林		RV44C → 閉	RV44D → 閉		0.5	44.8
51		小林		RV 01 → 閉	RV 01L → 閉		0.5	45.3
回転チェック								
52		小林			大電力系電源ON確認		0.2	45.5
53		菅原		保温装置(布回乾燥機) 電源OFF			0.2	45.7
54		本郷 田口 小島	左/右	保温装置(布回乾燥機) カバー外し			1.5	47.2
55				これよりエンジン機の指揮			N/A	
56		小林			H, NDR モニタ		0.2	47.4
57		小林			マンリレー ON		0.2	47.6
58		小林			RV44D → 閉 (ガス供給)		0.2	47.8
59		小林			RV 01L → 閉 (オイル供給)		0.2	47.9
60		本郷	右	オイル流動確認			0.2	48.0
61		小林		スターター作動 回転チェック	H, NDR 出力確認		0.2	48.0
62		小林 田口	右		ユーストダウン設備	ストップウォッチ	1	49.0
63		小林			RV 01L → 停 (オイル供給)		0.2	48.2
64		小林			RV44D → 閉 (オイル供給)		0.2	49.7
65		小林			マンリレー OFF		0.2	46.4
66		小林		エンジン機指揮終了			N/A	
67		小林			バッテリー電圧確認 大電力系 [V]		0.5	48.9
68		小林			バッテリー電圧確認 小電力系 [V]		0	48.9
69		小林			エンジン接続計算機停止 内部電源取り外し		A	3
70		小林 田口 本郷	右	E タ ケ フル取り外し	E タ ケ フル取り外し		A	2
71		本郷 田口 小島	左/右	保温装置(布回乾燥機) 取り付け			A	2
72		菅原		保温装置(布回乾燥機) 電源ON			A	2
73		小林			エンジン系外部電源起動	外部電源2 外部電源ケーブル接続	F	5
2-4 オイル補充(液位確認)								
オイル液位確認								
74		本郷 田口	右	オイル液位確認 不足の場合 補充		オイルなし 1/47ニオン用スパナ 9/16スパナ	F	2
2-5 エンジンフェアリング取り付け								
フェアリング取り付け								
75		本郷 田口	右	エンジンフェアリング 取り付け 【トルク設定150Nm】		フェアリング 5本ねじ プラスチックライバー	F	9
作業マージン								
								0
3. 液体窒素充填 放球台移動								
3-1 格納庫シャッター開								
液体窒素配管接続確認								
76		原任	下	エルフ元弁 閉 HV310 → 閉 → 閉 (配管が冷却中に接続)				0
77		小島	右	HV311 閉 確認				0
78		原任		格納庫シャッター 開 (5ヶ程度)			A	5
3-2 液体窒素充填								
79		田口		流量計 確認 (ON)				0
80		知藤		放球台 下降 テンション抜き				1
81		田口		流量計 確認 (ON)				0.5
82		田口		気体窒素目視重量高出 (kg)		気体窒素目視重量 確認		0
83		小林				TE-1'S PFT モニタ開始		0.5
液体窒素送液								
84		原任	ト	トルフ圧力調整 (MPa) 0.3MPaに設定している場合は調整			340	0.2
85		小島	右	HV312 → 閉				0.2
86		小林		RV132 → 閉 確認	RV132 → 閉 確認			0.2
87		小林		RV131 → 閉 確認	RV131 → 閉 確認			0.2
88		原任		HMV1 → 閉	HMV1 → 閉			0
89		原任・小林・ 田口 小島 本郷	下 左/右	エルフ元弁 → 開 液体窒素送液 機体重量 読み上げ		TF-1'S PFT 読み上げ		30
液体窒素送液停止								
90		田口		目視重量 (液分) TEON 測定装置 液体窒素供給停止				0
91		原任	上	エルフ元弁 → 閉				0
92		小林		HV311 → 閉 確認防止	RV131 → 閉			0
93		小島	右	HV132 → 閉				0
94		原任	下	HV311-開(放球台)閉				0
95		田口		機体重量記録 (kg)				1
96		知藤		放球台上昇 (テンションかけ)				1
3-3 液体窒素配管撤去								
液体窒素配管撤去								
97		原任	上	エルフ元弁取り口から側加圧			251	0
98		本郷 田口	左	液体窒素配管取り外し (CNI) 補修部 プラグ 取り付け 配管側 キャンプ取り付け		7/8スパナ 1/2インチスパナ CNI 専用工具 1/2 AH継ぎサブ		5
99		小林		RV131 → 閉	RV131 → 閉			0
100		小林		HMV1 → 閉	HMV1 → 閉			0
101		原任		エルフ元弁操作				0.5
102		本郷 田口	右	液体窒素供給部 ノズルスパナ (中報部 US 取り付け) 【トルク設定 100Nm】 (本番は150Nm)		25mmビット アタシスパナ Cリング用グリス クリップ エアスター 3/4ワイバー	H	8
103		原任 田口	上	液体窒素配管 エルフ側取り外し トルフ側フルを接続部 養生		モンキーレンチ プラグ ビニール袋 ビニールテープ	H	6
104		小島・田口・ 原任 本郷 学生	下	液体窒素配管撤去 (様子から外す) → P1確認置き場へ		最大丸人	H	6
105		小島		ベントライン バルブバンドを締め止 養生 取り外し		7/8スパナ ×2個	I	3
作業マージン								
								0

3-4 ヘリウム配管撤去

作業ID	作業内容	担当者	作業時間	作業場所	作業内容	作業時間	作業場所
108	地上ヘリウム配管 取り外し	小島	左	HV402 → 閉		0.3	102.5
107		原田	下	PR401圧力記録 [MPaG]		0	102.5
106		原田	下	PR41圧力記録 [MPaG]		0	102.5
105		小島			2/F 圧力記録 [MPaA]	0	102.5
110		小島	右	PR432 (ニューマチック圧) 圧力記録 [MPaG]		0	102.5
111		小島			PR432 (ニューマチック圧) 圧力記録 [MPaG]	0	102.5
112		原田	下	HV41(地上ヘリウムポンプ元弁) → 閉		0.3	102.6
113		原田	下	PPV41 戻し		1.5	103.1
114		原田	下	HV403 → 閉 HV404 → 閉(放圧) → 閉 HV403 → 閉 本作業を繰り返すし、配管内のヘリウムを飛ばす		1.5	103.8
115		原田	下	ヘリウム配管取り外し ヘリウムバルブ閉	ヘリウム配管 1/2 スパナ 3/16 スパナ 13/16 スパナ ゴムテープ	4	107.6
116		原田	下	地上ヘリウムバルブ 搬出	ポンプ用台車	K 2	-
117		小島・本郷	左	地上ヘリウム配管 (CN4) 取り外し 検漏用 プラグ取り付け 配管側 キャップ取り付け	CN4 専用工具 3/16 スパナ 1/2 スパナ 1/4 スエジキャップ 1/4 スエジプラグ	K 2	109.6
118		小島	右	プラグ取り付け部 気密チェック	スヌープ ワエス	A 2	-
119		本郷		地上ヘリウム配管 搬出 (積手に巻き付ける) (水素ベントラインは残す)		A 4	113.8

3-5 小型船着立設置

作業ID	作業内容	担当者	作業時間	作業場所	作業内容	作業時間	作業場所
120		本郷・田口		深温装置(ぬくみちゃん)布巾乾燥機 OFF		1	114.6
121		小島・原田		深温装置(ぬくみちゃん)布巾乾燥機 電源取り外し		3	117.8
122		本郷・田口		配管を導流から切り離す		7	124.6
123		小島		配管を台車へ移動	船舶電源OFF 積本チューブ外し	1	125.8
124	小型船着立設置	加藤		放球台上昇		2	127.8
125		本郷・田口		船着立で体着計/バルブ閉鎖	フォークリフト	4	131.6
126		小島・本郷		小型船着立設置 アース接続		2	134.8
127		加藤		放球台下降		1	134.8

3-6 放球台移動

作業ID	作業内容	担当者	作業時間	作業場所	作業内容	作業時間	作業場所
128	放球台移動	澤井		放球台上 水素ガス検知器 外部電源停止、内部電源起動		5	-
129		学生		地上給気器・工具箱・自転車・工具箱 移動 燈光器電源ON		5	-
130		小島・本郷・加藤		放球台車移動 台車に異物除去、バルブ緩み確認 機体庫へ止め		5	139.8
131		小島			エンジン系外部電源配線取り外し・内部電源ON	7	146.8

4. 搭載ヘリウム閉

作業ID	作業内容	担当者	作業時間	作業場所	作業内容	作業時間	作業場所
132	搭載ヘリウムポンプ 閉	小島			2/F 圧力記録 [MPaA]	0	146.6
133		小島	右	PR432 (ニューマチック圧) 圧力記録 [MPaG]		0	146.6
134		小島			PR432 (ニューマチック圧) 圧力記録 [MPaG]	0.4	147.2
135		小島	右	PR430圧力記録 [MPaG]		0.4	147.2
136		本郷	左	HV402 閉 確認		1	148.2
137		小島	右	HV401(搭載ヘリウム元弁) → 閉		1	149.2
138		小島			2/F 圧力記録 [MPaA] (テレメータ)	0	149.2
139		小島	右	PR432 (ニューマチック圧) 記録 [MPaG]		0	149.2
140		小島	右	PR432 0.7MPa 確認 (バルブバルブ・バルブが閉じないため、設定値を上回らないよう、慎重に確認)		1	150.2
141		小島	右	PR432 (ニューマチック圧) 記録 [MPaG]		0	150.2
142		小島			PR432 (ニューマチック圧) 圧力記録 [MPaA]	0	150.2
143		小島	右	PR431 圧力記録 [MPaG] (0MPa 確認)		0	150.2
				作業マージン		15	165.2

5. 機体系 電気噛み合わせ

作業ID	作業内容	担当者	作業時間	作業場所	作業内容	作業時間	作業場所
144	ガスシャットバルブ調整	坂井			機体搭載電源接続 機体搭載電源ON	L 10	175.2
145		坂井				1	176.2
146		加藤		放球台上昇		1	182.2
147		小島・坂井		ガスシャット 減圧弁調整	プラスドライバー マイナス長ネジ	11	187.7
148		加藤		放球台下降		1	188.2
149				全員打ち合わせ (23:55)		10	193.2
150						1	193.2
151		小島・原田		深温装置(ぬくみちゃん)布巾乾燥機 配管接続		A 1	201.2
152		本郷・田口		深温装置(ぬくみちゃん)布巾乾燥機 電源接続		A 3	201.2
153		本郷・田口		深温装置(ぬくみちゃん)布巾乾燥機 ON		A 1	203.2
154		本郷・小島	左右	パラシュート(国内)バルブ外し (左側)		2	203.2
154		本郷・小島	左右	パラシュート(国内)バルブ外し (右側)		5	203.2
155		藤原・本郷・小島			LAN ケーブル接続取り付け	7	215.2
156		福原・小島 坂東・本郷	左右	工学バンドラチェック	工学バンドラチェック	A 45	260.2
157		藤原		水素ガス検知器 バッテリ 交換		A	
158		田口		管制室	遠隔コマンド試験	4	264.2
159					シリアルコマンド試験	7	271.2
190					点火試験	13	284.2
151		坂東			積本タイマー 電源電圧、抵抗チェック	1	285.2
152		澤井・小島		シリアルコマンド 確認		1	286.2
153		福原・小島 坂東・本郷	右	深温装置電源ON	深温装置電源ON	1.5	286.7
154		坂東・本郷			火工品接続	5	291.7
16E		坂井			機体系ITL Jポート(初期状態に戻す)	1	292.7

156			小林		エンジン系特種検査(TTLガード外し)		1	203.7
157			小林		エンジン組立/AN撤りかし		1	204.7
158			坂井		機体系 LA/Tケーブル外し		5	209.7
159			佐藤	機体最終確認	機体最終確認		1	303.7
170			坂井	MAN 最終確認			-	N/A
171			坂井・伊藤		機体系リボン除去		-	N/A
172			小林		エンジン系 リボン撤去 小林さん 管制室へ連絡		-	N/A

放球練習時は組み合わせ後に機体搭載電池をOFFにする

6. 梯子撤去・気球ガス充填・放球台移動

6-1 アクセスポネル 取り付け

禁止手配設定

173			小島	右	PRV431 → 3MPaG (セル/イベント口が無いので、設置軸を上回らないよう角度に行うこと)		234	2	302.7
アクセスポネル取り付時の最終確認									
174			小島・本郷		機体設置 (気球系/セル/MPaG 撤去)				
175			田口・佐藤		気球系/セル/本郷 圧力検出を放球台車庫に移動				
176			小島	右	P0430 圧力 確認 (MPaG)			1	303.7
177			小島	右	P0432 (ニューマチック圧) 確認			0.2	304.1
177			小島	右	P0431 確認 (MPaG)			0.2	304.3
178			原田	右	P0430 圧力 確認 (MPaG) (ダブルチェック)			0.2	304.5
179			原田	右	P0432 (ニューマチック圧) 確認 (ダブルチェック)			0.2	304.7
190			原田	右	P0431 確認 (MPaG) (ダブルチェック)			0.2	304.9
181			小林	管制室		0-E 圧力確認 (MPaG)		0.2	305.1
182			小林	管制室		0-432 圧力確認 (MPaG)		0.2	305.3
183			小島・原田	右	HV132 閉 確認 (ダブルチェック)			0.4	305.7

中間部アクセスポネル取り付け

184			小島・原田	右	後胴部右 アクセスポネル 取り付け 【トルク設定 100・Nm】 (本番は 50・Nm)	25 mm 六角レンチ アクセスポネル リング用グリス リング エアダスター JKワイパー	234	6	311.7
185			小林		エンジン系主脚アクセスポネル (前胴部A2 エンジン系) 取り付け 【トルク設定 100・Nm】 (本番は 50・Nm)	25 mm 六角レンチ アクセスポネル リング用グリス リング エアダスター JKワイパー	234	6	317.7
186			澤井・小林		アクセスポネル (前胴部A1 電気系) 閉め	25 mm 六角レンチ アクセスポネル リング用グリス リング エアダスター JKワイパー		-	
187			小島・原田	右	PRV431, HV132用アクセスポネル (中間部 E2) 取り付け 【トルク設定 100・Nm】 (本番は 50・Nm)	25 mm 六角レンチ アクセスポネル リング用グリス リング エアダスター JKワイパー		6	323.7
188			小島・原田	右	PRV432用アクセスポネル (中間部 31) 取り付け 【トルク設定 100・Nm】 (本番は 50・Nm)	25 mm 六角レンチ アクセスポネル リング用グリス リング エアダスター JKワイパー		6	329.7
189			小島・原田	右	同本チューブ (RV, PV100) 接続			1	330.7

6-2 梯子撤去

190			田口・本郷 原田・小島	左右	エンジン系 最終確認 アクセスポネルが取り付けられているか フェアリングが閉まっているか		228	4	334.7
191			小島・原田・ 田口・本郷		NON FLIGHT ITEM 取り外し MAN2等			3	337.7
192			学生・佐藤		梯子撤去 → 収納庫 (手袋/ベントライン, 可能/ヘルメット/ラインはつけたまま)	3人程度		3	340.7
193			学生		台車上脱気器 撤去		0	10	-
作業マージン									
								12	352.7

6-3 気球ガス充填・放球台移動

194					気球充填			35	437.7
195					放球台移動 (気球充填位置 → 放球点)				N/A
196				加藤	放球台移動 (電源OFF (静))				N/A
197				福家・加藤 原田・小島	コンドラ固定用ボルトを外す				N/A

6-4 水素ポンペ開、減圧弁設定

これより関係者以外退室									
警報機 電源ON									
198			本郷・田口	左	後胴部搭載警報機 電源ON			1	439.7
199			本郷・田口	方	後胴部 左側 アクセスポネル取り付け	25 mm 六角レンチ アクセスポネル リング用グリス リング エアダスター JKワイパー	A	8	447.7
200			本郷・田口	左	ノズルカバー外し	25 mm 六角レンチ	A	0	447.7
201			小島・原田		エンジン系温度計 (右/左/後機) 電源OFF 撤去		A		
202			小島・原田		エンジン系最終確認 インテーク側よりエンジン音をきかす		A		
203			小島・原田	右	コンドラ搭載警報機 電源ON			1	438.7

水素元弁 閉

Table with columns for time (204-218), personnel (e.g., 小島・原田, 田口・本郷), and tasks (e.g., 水素ポンペ作業者 アースレンダ接続, 水素ポンペ元弁 HV101 開).

Table with columns for equipment (e.g., アースレンダ, 携帯ガス検知器), status (0, 1, 3), and time (447.7, 448.7, 450.7, etc.).

6-5 高所作業台撤去

Table with columns for time (219-221), personnel (e.g., 原田・田口, 小島・本郷), and tasks (e.g., ガス検知器・ADS撤去, 高所作業台撤去).

Table with columns for status (0, 1, 5) and time (439, 457.7, 470.7).

7. 放球台上昇・放球

Table with columns for time (220-222), personnel (空), and tasks (e.g., 放球台上昇・回転, 放球).

Table with columns for status (0, 1, 1) and time (222, 445, 470).

逆行1. (水素元弁閉、水素ガス排気)

逆行1-1 放球台下降

Table with columns for time (223-225), personnel (e.g., 本郷・小島, 加藤), and tasks (e.g., 携帯ガス検知器点検, 放球台下降).

Table with columns for equipment (ガス検知器), status (1, 2, 2), and time (3.0, 2.0, 4.0).

逆行1-2 高所作業台設置

Table with columns for time (226-229), personnel (e.g., 小島・原田, 田口・本郷), and tasks (e.g., 梯子移動, 高所作業台設置).

Table with columns for equipment (携帯ガス検知器), status (3, 4, 3, 2), and time (7.0, 21.0, 24.0, 26.0).

逆行1-3 アクセスマネル 取り出し

Table with columns for time (230-233), personnel (e.g., 本郷・小島, 小島・原田), and tasks (e.g., 両側水漏量検知確認, 水素ポンペ作業者 アースレンダ接続).

Table with columns for equipment (ガス検知器, アースレンダ, 2.5mm 六角レンチ), status (1, 0, 4, 4), and time (77.0, 27.0, 31.0, 4.0).

逆行1-4 水素元弁 閉

Table with columns for time (234-248), personnel (e.g., 小島・本郷, 小林・小島), and tasks (e.g., 水素元弁 (HV101, HV102) 閉, ベント配管設置).

Table with columns for equipment (ベント配管, ショートピン, V132パイプ, V16パイプ), status (1, A, 3, 0, 0, 0, 0, 0), and time (32.0, 33.0, 38.0, 40.0, 41.0, 44.0, 47.0, 47.0, 55.0, 55.0, 65.0, 65.0, 67.0, 67.0).

逆行1-5 配管内ヘリウムパージ

Table with columns for time (249-251), personnel (e.g., 小島・原田, 小島・本郷), and tasks (e.g., アクセスマネル取り出し, PV431 HV132用アクセスパージ).

Table with columns for equipment (2.5mm 六角レンチ, 2.5mm 六角レンチ, 2.5mm 六角レンチ), status (4, 4, 4), and time (71.0, 75.0, 7.0).

地上ヘリウム供給系接続

252			原田・田口	T	地上ヘリウムポンベ設置 (ポンベ置換→気球ヘリウム充填作業)				ヘリウムポンベ ポンベ台車	2	770	
253			八島・本郷	左	ヘリウム貯管 接続				ヘリウム貯管 1/2スバル 9/16スバル 13/16スバル ガムテープ GN4 専用工具	5	820	
ヘリウム置換												
254			小島	右	HV41 (3巻ヘリウムポンベ元弁) 閉					5	870	
255			原田	T	HV41 (地上ヘリウムポンベ元弁) → 閉 (段階的)					0	770	
256			原田	T	PG40 圧力記録 (MPa)					0	770	
257			原田	T	HV44 閉 (HV43 閉 (加圧方向切り替え))					0	770	
258			原田	T	PRV41 圧力設定 5MPa (追加)					1	780	
259			原田	T	PG41 圧力記録 (MPa)					0	780	
260			原田	T	ヘリウム貯管 気密確認				スタープ・ウェス・洗浄液	2	900	
261			原田	T	HV43 → 閉 HV44 → 閉 → 閉 HV43 → 閉					1	910	
262			原田	T	HV43 → 閉 HV44 → 閉 → 閉 HV43 → 閉					1	920	
263			原田	T	HV43 → 閉 HV44 → 閉 → 閉 HV43 → 閉					1	930	
264			原田	T	HV43 → 閉 HV44 → 閉 → 閉 HV43 → 閉					1	940	
265			原田	T	HV43 → 閉 HV44 → 閉 (減圧) → 閉						940	
266			小林			PHE 圧力記録 (MPa)				0.5	945	
267			本郷・田口	左	HV42 → 閉 (閉切り) PHEが5MPaになるまで減圧。 減圧中 HV42 閉					0.5	950	
268			原田	T	HV43 閉 (HV43 閉 (加圧方向切り替え))					0.5	955	
269			本郷・田口	左	HV42 → 閉					0.5	960	
270			小島	右	PRV42 圧力設定 (PG42がMPaになるまで)					1	970	
271			小林	右	RV480 閉 → 閉					0.5	975	
272			小島	右	PRV42 圧力設定 5MPa					1	985	
273			原田	T	PG40 圧力記録 (MPa)					0	985	
274			原田	T	PG41 圧力記録 (MPa)					0.4	989	
275			小島	右	PG40 圧力記録					0	989	
276			小林			PHE 圧力記録 (MPa)				0	989	
ヘリウムバース												
277			小林	右	RV132 → 閉					1	999	
278			小林		DC1 ON設定					1	999	
279			小林		RV1 → 閉					0.2	911	
280			小林		RV103 → 閉					0.2	913	
281			小林		RV439 → 閉 (バース10秒) → 戻					0.2	915	
282			小林		HV103 → 閉 (バース10秒)					0.2	917	
283			小林		RV1 → 閉					0.2	919	
284			小島		PRV1 → 戻し					0.2	921	
285			小林		DC1 電源OFF					0.2	923	
286			小林	右	RV132 → 閉					0.2	925	
287			本郷・本郷 小島	左右	HANターボニキータ 取り外し					5	975	
地上ヘリウム配管 取り外し												
288			本郷	左	HV42 → 閉					0.3	976	
289			原田	T	PG40 圧力記録 (MPa)					0	978	
290			原田	T	PG41 圧力記録 (MPa)					0	978	
291						PHE 圧力記録 (MPa)				0	979	
292			小島	右	PG42 (ニュー マチック工) 圧力記録 (MPa)					0	979	
293			小林			HV42 (ニューマチック工) 圧力記録 (MPa)				0	979	
294			原田	T	HV41 (地上ヘリウムポンベ元弁) → 閉					0.3	981	
295			原田	T	PRV41 戻し					0.5	986	
296			原田	T	HV43 減圧					0.5	991	
297			原田・小島	左下	ヘリウム貯管取り外し ヘリウムポンベ側・機体側				ヘリウム貯管 1/2スバル 9/16スバル 13/16スバル ガムテープ	4	1031	
逆行2. 放球台移動												
逆行2-1 放球台移動												
286			田口・本郷		インターシフト保護カバー取り付け					1	1041	
289			加藤		放球台移動 (気球ヘリウム充填位置 → 格納庫)					8	1121	
逆行2-2 船着立く 設置												
300			本郷・田口	左	放球台 二層 エンジンが出ている状態でポンベをポートする					0	1121	
301			八島・田口		船着立く・船着立く レット 移動・設置				フォークリフト	A	321	
302			加藤		放球台 下降					0	321	
地上ヘリウム供給系統接続												
303			原田・本郷		地上ヘリウムポンベ設置・接続				ヘリウムポンベ ポンベ台車	A	2	341
逆行2-3 ヘリウム置換												
ヘリウム置換												
304			原田	T	HV41 (地上ヘリウムポンベ元弁) → 閉 (段階的)					0	341	
305			原田	T	PG40 圧力記録 (MPa)					0	341	
306			原田	T	HV44 閉 (HV43 閉 (加圧方向))					0	341	
307			原田	T	PRV41 圧力設定 5MPa					1	351	
308			原田	T	PG41 圧力記録 (MPa)					0	351	
309			原田	T	ヘリウム貯管 気密確認				スタープ・ウェス・洗浄液	2	1371	
310			原田	T	HV43 → 閉 HV44 → 閉 → 閉 HV43 → 閉						371	
311			原田	T	HV43 → 閉 HV44 → 閉 → 閉 HV43 → 閉						371	
312			原田	T	HV43 → 閉 HV44 → 閉 → 閉 HV43 → 閉						371	
313			原田	T	HV43 → 閉 HV44 → 閉 → 閉 HV43 → 閉						371	

314			小林			PHC 圧力記録 (MPa)		0.5	'37.6
315			本郷・田口	左	HV402 → 閉			0.5	'38.1
316			原田	下	PG40 圧力記録 (MPa)			0	'38.1
317			原田	下	PG41 圧力記録 (MPa)			0.4	'38.5
318			小林	右	PG40 圧力記録			0	'38.6
319			小林			PHC 圧力記録 (MPa)		0	'38.6
電機器動作チェック									
320			小林	右	PHV431 → 戻し			1	'39.5
320			小林・小島		RV432 閉 → 開 (2回) (故障)			0.2	'39.7
321			小林・小島		RV433 閉 → 開 (2回)			0.2	'39.9
コママチック圧設定									
322			小林	右	PRV433設定 → 0.5MPa (搭載ポンプに異常したとき設置圧が上昇するため、やや低めに設定)		#REF	0.5	'40.4
323			小林			PH432 圧力記録 (MPa)		0.5	'40.9
空動弁ラン動作チェック、ヘリウム循環									
324			小林・小島		RV131 閉 → 開 (2回)			0.25	'41.2
325			小林・小島		RV132 閉 → 開 (2回)			0.25	'41.4
326			小林・小島		HMV1 閉 → 開 (2回)			0.25	'41.7
運行2-4 液体窒素排液									
液体窒素充填配管取り付け									
327			小林・原田・本郷・田口・学生		液体窒素充填配管 移動・設置	個人防護 ゴムブーツ		3	'44.7
328			本郷・田口	左	本側ベント配管 取り外し 取り外した配管は様子に固定する				'44.7
329			小林・原田	右	機体後端ポート プラグ外し				'44.7
330			小林		HMV1 → 閉				'44.7
331			小林		RV131 → 閉				'44.7
332			原田・田口	下	HV311 閉 確認			0	'44.7
333			原田・田口	下	HV310 閉			0	'44.7
334					希釈室 シャッター閉確認			0	'44.7
335			小林		ONI 解 昇温 (ドライヤ 使用)	ドライヤ			'44.7
336			原田・田口		液体窒素充填配管へのエレブ接続			3	'47.7
337			小林	左	液体窒素充填配管 機体側 接続 (ONI) エレブのガス取り口から機体側をかける	ガスケット インサネータ ONI 専用工具		5	'52.7
338			小林・原田・田口		排液ラン 気密確認 エレブのガス取り口からC6MPa10止 (エレブタンク圧確認のこと) 機体側、機体側 気密確認 エレブガス取り口 押			0	'52.7
339			原田・田口	下	HV310 → 閉 (故障) ・ 閉			0	'52.7
液体窒素 排液									
340			田口		機体重量計 電源 ON			1	'53.7
341			田口		機体重量計 1 回 スリングのアンケションを抜く			0.5	'54.2
342			田口		機体重量計 圧力確認			0	'54.2
343			本郷	右	PRV433設定 → 0.3MPa			0.5	'54.7
344			小林		RV432 → 閉			0	'54.7
345			原田	下	HV311(排液ラン手動弁) 閉			0	'54.7
346			小林		排液開始			5	'59.7
347			田口		機体重量の減少が止まったら、排液停止			0	'59.7
348			本郷	右	PRV431 → 戻し			0	'59.7
349			田口		機体重量 上昇 (スリングのアンケションを返る)			0.5	'60.2
350			田口		機体重量計電源 OFF			0	'70.2
351			小林		RV432 → 閉			0.5	'70.7
352			原田	下	HV311(排液ラン手動弁) 閉 HV310(液封防止弁) 閉 同時に閉			0	'70.7
353			小林		HMV1 → 閉			0	'70.7
354			小林		RV132 → 閉			0	'70.7
ヘリウム供給系撤去									
355			本郷	右	PRV432 戻し			0.2	'70.9
356			小林		RV440 → 閉 → 閉			0.2	'70.9
357			原田	下	HV41(地上ヘリウムポンプ元弁) → 閉			0	'71.1
			原田	下	PG40 圧力記録				
358			原田	下	HV403 → 閉 HV404 → 閉 → 閉 HV402 → 閉			0.2	'71.3
359			小林		HV402 → 閉			0.2	'71.5
360			小林			内部機体 JPF センサ部 0.4N取り出し		4	'75.5
バランシートフタ固定ボルト 取り付け									
361					バランシートフタ固定ボルト 取り付け (4本)			0	'85.5
362					フェアリングフェルトオイル機体側OFF			0	'95.5

