



「きぼう」簡易曝露実験装置 (ExHAM) 利用テーマ  
「炭素質ナノ粒子の宇宙風化と星間有機物進化の実証研究」

実験供試体 EE64-III の FM 同等品を用いた AT 振動試験  
報告書

概要

本文書は、きぼう実験棟 簡易曝露実験装置(ExHAM)を利用した研究テーマ「炭素質ナノ粒子の宇宙風化と星間有機物進化の実証研究」のフライト準備段階において実施する実験供試体 EE64-III の FM 同等品を用いた AT 振動試験の実施概要および結果をまとめた物である。本実験は、実験試料材および試料ホルダーへの実験試料の保持機構の機械的強度/耐久性確認を行う事を目的として実施した。

文書番号		QCC_VIBRATION_AT_20160126
文書承認年月日		2016年02月01日
作成  2016. 02. 01	承認  2016. 02. 01	備考

## 1. 実施要領

実施日時：2016年1月26日

実施場所利用施設：JAXA 宇宙科学研究所(相模原) D棟 5124号室

実験協力者等：開発段階に置ける振動試験は、阿部琢美准教授、稲富裕光教授(宇宙科学研究所)の協力を得て、小型加振機を利用して振動試験を行なった。

## 2. 振動試験用供試体ジグの設計及び試験条件

### 2.1 実験供試体フライト品の構成および組み上げ方法

実験試料は全て直径10mmの6ディスク形状となっており、試料ホルダー(図1参照)にあけられたスロットに設置し、試料ホルダー上面から、0.1mm厚のリン青銅板バネ(図2左図参照)を試料ホルダーにM2ネジで25カ所ネジ止めすることで、押さえることによって固定する。試料ホルダーは、試料ホルダー台(図2右図参照)にSUS M2.5ネジで16カ所ネジ止めして固定するという設計になっている。SUS製 M2のノジロック(1.68-1.72)P+ 2×5及びSUSのM2.5ネジの締め付けトルクについて、標準T系列の標準締め付けトルクの値では、それぞれ0.174[N・m]及び0.356[N・m]と与えられる。これを参考に、QCC実験供試体EE64-IIIフライト品の組み上げにおいて、SUS製 M2のノジロックに対しては0.3[N・m]、SUS M2.5ネジに対しては0.6[N・m]の締め付けトルクを採用している。当然、AT振動試験で用いたフライト同等品も、上記の締め付けトルクを採用している。(表1参照)

前年度のQCC実験供試体 EE64-I および EE64-II に対して実施した同様のAT振動試験(資料文書番号 QCC20150216-vibration-at)とは、基本的に同様な試験であるが、以下の点で、試料材質および試料材保持機構において差異(変更点)を有する。

- (1)一部の試料のカバー材として、新規材であるMgF2を採用している点。
- (2)リン青銅の板バネの試料穴サイズを直径9mmから直径8mmに変更した点。
- (3)リン青銅板バネと試料ホルダーの固定には、SUSノジロック(1.68-1.72)P+ 2×5 M2ネジを採用した点。

このうち(1)、(2)はQCC既フライト品(EE64-I、EE64-II)からEE64-IIIへのフライト仕様の変更点であり、(3)は前回のAT振動試験コンフィギュレーションからの変更点である(前回の試験では通常ねじで代用していたため変更点として識別した。フライト品はEE64-I、II、IIIのいずれも上記(3)の仕様と同じ)。

本試験では、本年度のQCC実験供試体試料 EE64-IIIに対して、前年度のQCC実験供試体 EE64-I および EE64-II からの変更点を踏まえて、新たに採用する試料材および試料材保持機構の機械的強度/耐久性確認を行なった。今回も、フライト品試料になるべく負荷をかけたくない点、フライト品と等価な試料の調達数に限りがある点から、搭載位置V2の試料ホルダーのフライトモデル同等品を用いて、それにフライト同等品試料を搭載した上で、AT振動試験を実施した。

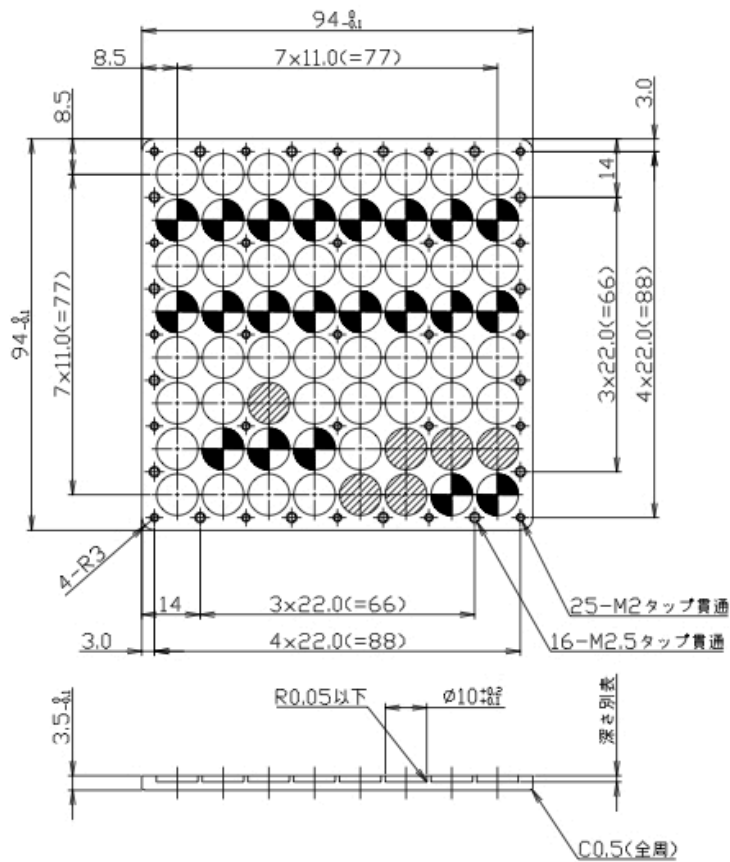


表1) サグリ深さ

図示記号	サグリ深さ	穴数
	$0.9 \pm 0.1$	37ヶ所
	$1.9 \pm 0.1$	21ヶ所
	$1.4 \pm 0.1$	6ヶ所

図1 : EE64-III (搭載位置V) の試料ホルダー台フライト品の設計図面

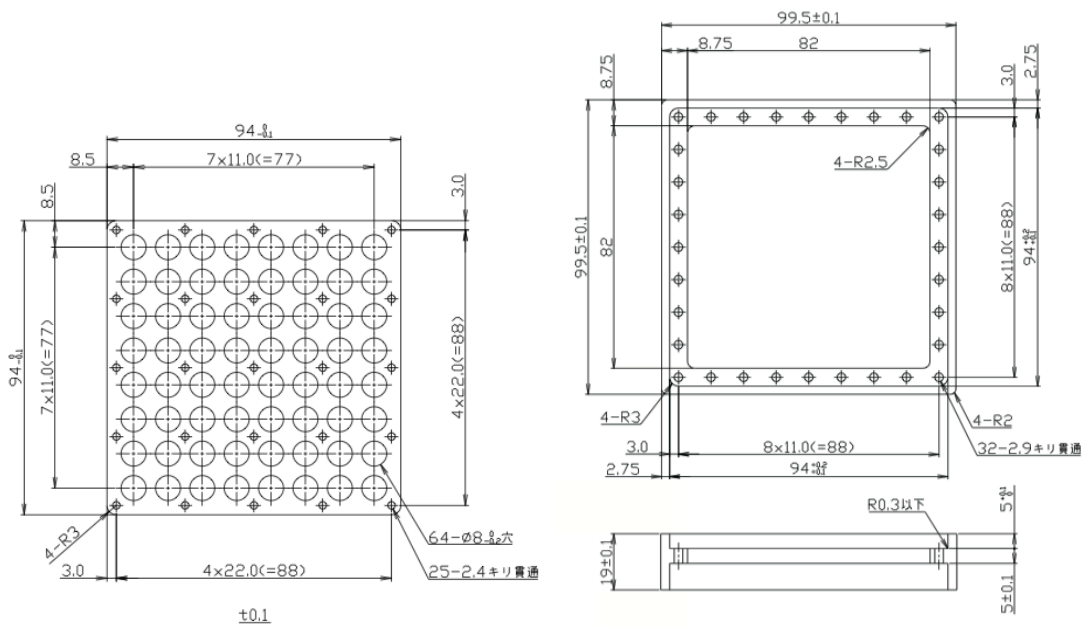


図2 : EE64-IIIのリン青銅板バネおよび試料ホルダー台フライト品の設計図面。

表1：トルク管理チェック表（試験前のトルクチェックを実施）

M2 ノジロック	規定値 (N・m)	確認欄	M2.5 SUS ネジ	規定値 (N・m)	確認欄
#01	0.3	確認済	#01	0.6	確認済
#02	0.3	確認済	#02	0.6	確認済
#03	0.3	確認済	#03	0.6	確認済
#04	0.3	確認済	#04	0.6	確認済
#05	0.3	確認済	#05	0.6	確認済
#06	0.3	確認済	#06	0.6	確認済
#07	0.3	確認済	#07	0.6	確認済
#08	0.3	確認済	#08	0.6	確認済
#09	0.3	確認済	#09	0.6	確認済
#10	0.3	確認済	#10	0.6	確認済
#11	0.3	確認済	#11	0.6	確認済
#12	0.3	確認済	#12	0.6	確認済
#13	0.3	確認済	#13	0.6	確認済
#14	0.3	確認済	#14	0.6	確認済
#15	0.3	確認済	#15	0.6	確認済
#16	0.3	確認済	#16	0.6	確認済
#17	0.3	確認済			
#18	0.3	確認済			
#19	0.3	確認済			
#20	0.3	確認済			
#21	0.3	確認済			
#22	0.3	確認済			
#23	0.3	確認済			
#24	0.3	確認済			
#25	0.3	確認済			

実験供試体 EE64-III は、打ち上げ時および回収時は、曝露面の保護蓋(EE64LID-III)を付けた上で(図3左図参照)、OCMC バッグ及びシールバッグの中に封入されており、さらにシールバッグはバブルラップバッグに入れた状態で保管される(図3右図参照)。AT 振動試験においては、昨年度に本プロジェクトの実験供試体 EE64-I および EE64-II に対する振動試験の為に製作した振動試験機用ジグを利用して、実際の打ち上げ環境を想定して、OCMC バッグ及びシールバッグに封入された実験供試体 FM 同等品が入ったバブルラップバッグをナイロン紐でジグに縛って固定した(図4参照)。



図3：実験供試体(左図)および実際の打ち上げ/回収のための輸送時の梱包構成(右図)



図4：小型振動試験機にジグを取り付けた状態（左図：ジグ加振実験時の様子）および実際の打ち上げ/回収輸送時の梱包構成をした実験供試体(EE64-III)のFM同等品の振動試験用ジグへの設置の様子。（右図：梱包済み実験供試体EE64-IIIのFM同等品に対して実施したAT振動試験実施時の様子）

## 2.2 加振条件

ジグに対する加振条件は、各周波数に対して、“ISS Pressurized Volume Hardware Common Interface Requirements Document (SSP 50835 Revision D)”で“ITEMS NOT PACKED IN FOAM (the maximum flight launch random vibration environments)”に対して与えられる値を採用した。その際、打ち上げ時の振動環境と、回収時の振動環境のうち厳しい方の条件を包括するように加振条件値を設定した。実験供試体に対する AT 振動試験条件を表 2 に示す。加振時間は 60 秒を採用した。

加振手順は、はじめに試料非搭載状態でジグ加振を行い、目標とする加振環境が得られている事を確認した上で、シールバッグに封入された実験供試体 EE64-III の FM 同等品が入ったバブルラップバッグをナイロン紐でジグに縛り固定した状態でランダム加振を実施した。ジグ加振試験、実験供試体に対する AT 振動試験共に、制御は加振台に内蔵されたセンサー(ch. 2 ; 制御用)を用いて行い、ジグに取り付けたセンサー(ch. 1 ; モニター用)で、実際に得られた振動条件を周波数の関数として測定した。

表 2 : AT 振動試験条件

Frequency [Hz]	Acc [G <sup>2</sup> /Hz]	PSD[(m/s <sup>2</sup> ) <sup>2</sup> /Hz]
20	0.057	5.48
40	0.12	11.54
200	0.12	11.54
750	0.055	5.29
2000	0.018	1.73
<b>O.A. [Grms]</b>	<b>10.0</b>	

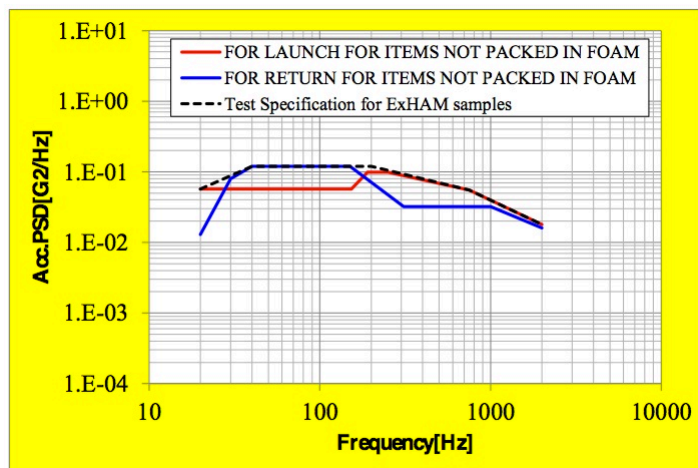


図 5 : ジグに対する AT 振動試験条件の周波数特性。“ISS Pressurized Volume Hardware Common Interface Requirements Document (SSP 50835 Revision D)”で定義される打ち上げ時の振動環境と、回収時の振動環境のうち、より厳しい方の条件を包括するように加振条件値を設定している。

### 2.3 AT振動試験結果

まず、実験供試体非搭載で実施したジグ加振において、ランダム AT 振動試験(Z 方向)の結果、ジグに設置されたモニター用加速度センサーが記録した加速度強度の周波数特性を図 6 (灰色)に示す。次に、実験供試体をシールバックに封入した上で、実際の打ち上げ/回収時と同様に、バブルラップバッグ内に入れた状態で、振動試験用ジグに固定し実施したランダム AT 振動試験(Z 方向)の結果、ジグに設置されたモニター用加速度センサーが記録した加速度強度の周波数特性を図 6 (赤色)に示す。この結果、共に、おおよそ目標とする加振条件が得られている事が分かる。

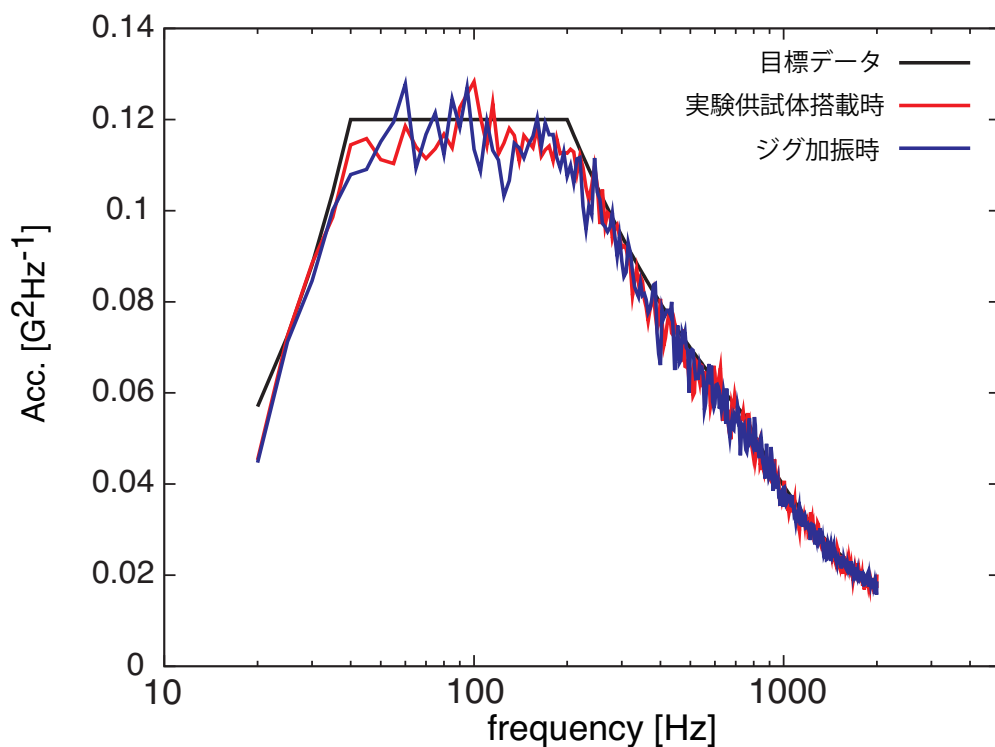


図 6 : 実験供試体非搭載で実施したジグ加振 (z 方向、ランダム、AT) において、ジグに取り付けられた加速度センサーが記録した加速度強度の周波数特性(青色)。実験供試体搭載状態での加振 (z 方向、ランダム、AT) において、ジグに取り付けられた加速度センサーが記録した加速度強度の周波数特性(赤色)。目標データは黒色線で示す。

今回実施した AT 振動試験の結果、図 8 に示す通り、加振後の実験供試体には、構造体へのダメージ、ねじの弛み、ねじの破損、リン青銅板バネの破れ、試料の破損などは確認されなかった。

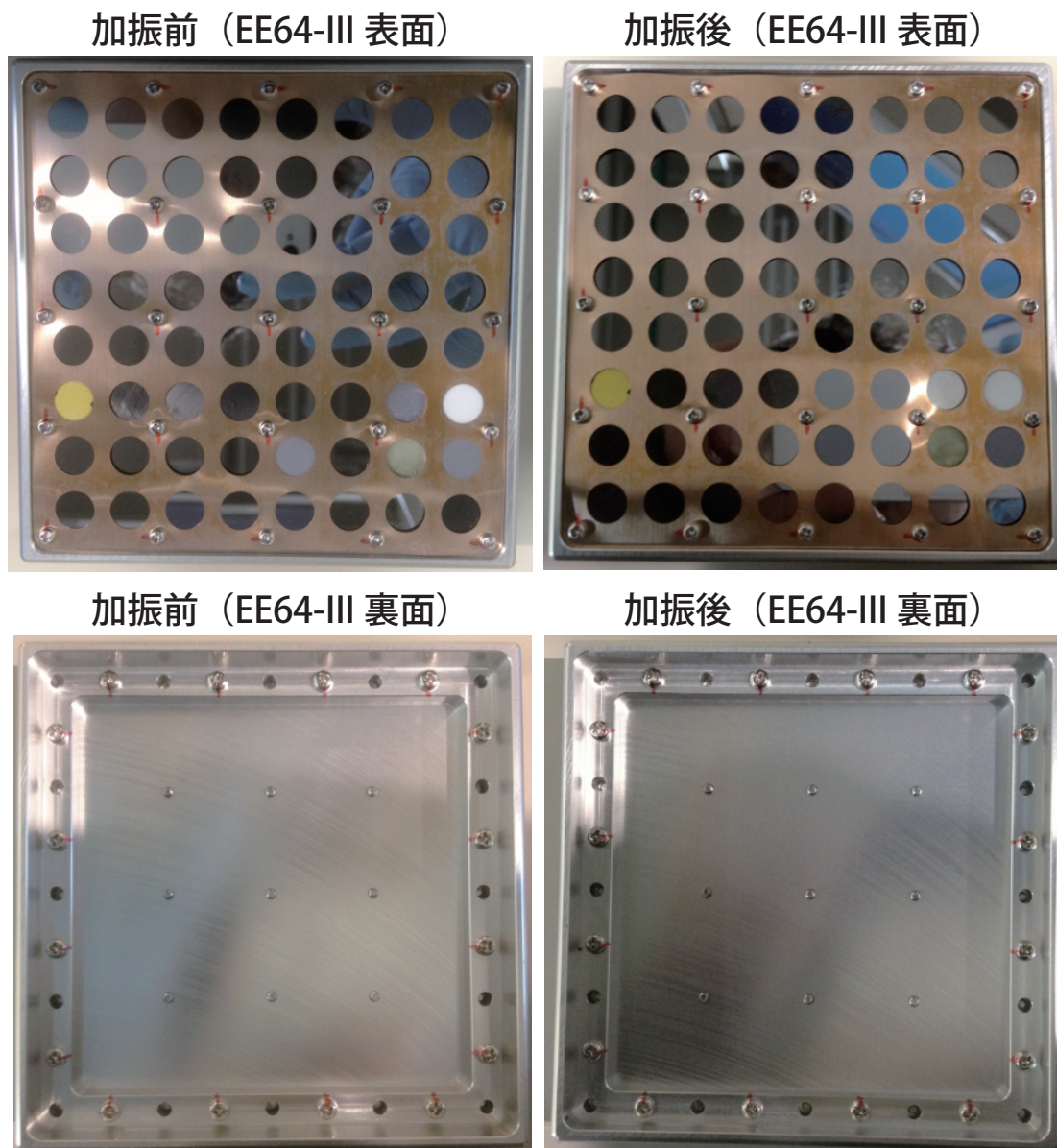


図 8 : (上段左) 振動試験前の実験供試体の曝露面の様子。(上段右) AT 振動試験後の実験供試体の曝露面の様子。曝露面にある 25 カ所の SUS ノジロック (1.68-1.72) P+ 2×5 M2 ネジにおいて、締め付けトルクは 0.3[N・m]とした上で、ネジのゆるみを確認する為のマークを付記した。振動試験前後でのマーク位置のずれは全く確認されなかった。(下段左) 振動試験前の実験供試体の背面の様子。(下段右) AT 振動試験後の実験供試体の背面の様子。背面にある 16 カ所の SUS M2.5 ネジに対応し、締め付けトルクは 0.6[N・m]とした上で、ネジのゆるみを確認する為のマークを付記した。振動試験前後でのマーク位置のずれは全く確認されなかった。



## 2.4 結論

昨年度実施した実験供試体 EE64-I および EE64-II と、本年度実施予定の実験供試体 EE64-III には、

- (1) 一部の試料のカバー材として、新規材であるMgF2を採用している点。
- (2) リン青銅の板バネの試料穴サイズを直径9mmから直径8mmに変更した点。
- (3) リン青銅板バネと試料ホルダーの固定に、SUSノジロック (1.68-1.72) P+ 2×5 M2ネジを採用した点。  
の差異がある。本実験は、主としてこれらの変更が、打ち上げ時および回収時の環境条件に対する機械的強度／耐久性の観点から問題が無い事を検証する事を目的として実施した。実験の結果、打ち上げ時および回収時に想定される振動試験環境に対して、新規搭載材として採用した MgF2 に破損は生じず、MgF2 を採用した点、試料ホルダーへの実験試料の保持のためにφ8mm の試料穴をもつリン青銅を採用した点、さらに、リン青銅板バネと試料ホルダーの固定に SUS ノジロック(M2)を用いた点、について、打ち上げ時および回収時の環境条件に対する、機械的強度の安全性および耐久性が確認された。

今回の試験ではフライト同等品で実施したが、QCC 実験供試体 EE64-III フライト品での各構成品およびカバー材の MgF2 は、フライト同等品と同一ロット品で同じ工程で組み上げることから、上記の変更を含めて、打ち上げ時および回収時の環境条件に対する耐性はフライト品においても問題ないと判断する。