



平成 26 年度「きぼう」利用候補テーマ 一般区分 科学研究テーマ
「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」

実験供試体 FM 同等品を用いた低温晒し試験報告書

概要

本文書は、きぼう実験棟 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 FM 同等品を用いた低温晒し試験の実施概要および結果をまとめた物である。

文書番号		QCC20150218-CRYOTEST
文書承認年月日		2015年02月18日
作成  2015. 02. 18	承認  2015. 02. 18	備考

1. 実施要領

実施日時：2015年2月10日

実施場所利用施設：JAXA 宇宙科学研究所(相模原) D 棟

実験協力者等：低温晒し試験に利用する窒素冷却デュワー、温度計、真空ポンプ等は、宇宙科学研究所 宇宙物理学研究系 塩谷圭吾助教の所有の機器を利用し、当日の測定試験は大学院生の高橋葵の協力を得て実施した。

2. 検証条件

熱解析結果を基に、船外に置ける到達温度の下限值 -84.4°C に 16°C のマージンを設けた -100.4°C (172.9K)を QT レベルの検証基準温度に設定する。その検証基準温度で 60 分間放置の後、昇温し回収し、供試体への影響、アルミ製ホルダーと試料基板間の収縮率の違いによる基板割れが無いか、また試料自体へのインパクトを調査する。

3. 低温晒し試験

3.1 窒素冷却デュワーへの実験供試体 FM 同等品の設置方法

低温晒し試験において用いた液体窒素冷却用デュワーのワークサーフェスおよび QCC 実験供試体 FM 同等品の設置の様子を図 1 に示す。実験供試体はアルミテープで、ワークサーフェス上に固定した。ワークサーフェスは、銅製の液体窒素タンク下部に直結し、液体窒素をタンクに入れる事で直接冷却される。

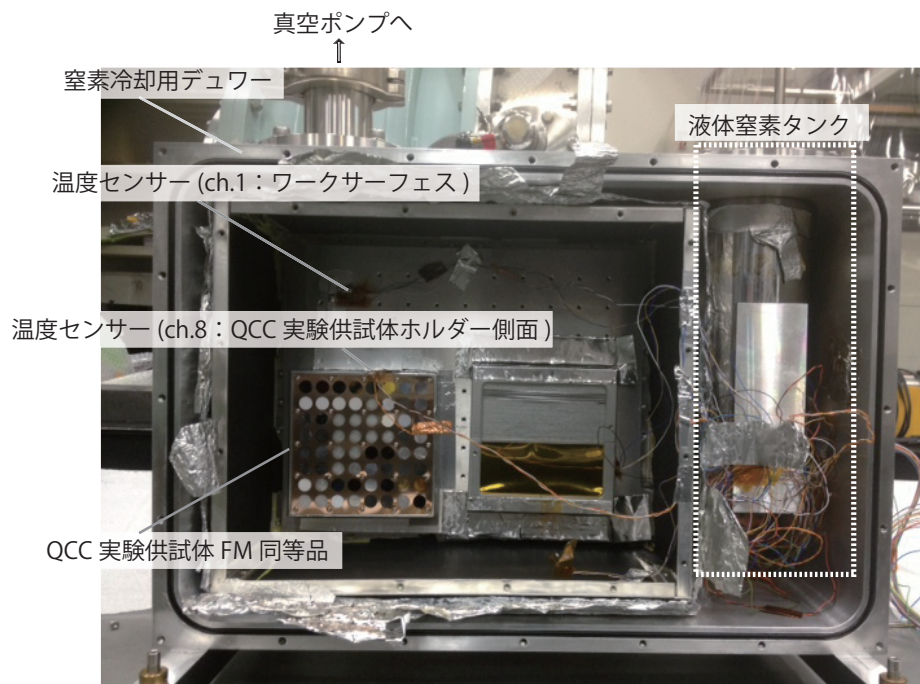


図 1：低温晒し試験で用いた液体窒素冷却用デュワー及びワークサーフェス上への QCC 実験供試体の設置方法、および温度センサー(ch.1およびch.8)の設置場所の概略図。

温度センサーは実験供試体を設置するワークサーフェス部(ch.1)および実験供試体ホルダー側面(ch.8)に取り付け、ハーメチックコネクタを介して、温度センサーモニターで常時モニターした。実験供試体を取り付け後、熱シールドおよび蓋閉めを行い、真空ポンプに繋ぎ、真空引きを行った。

その後、デュワー内の圧力が 5×10^4 mbar程度に下がった時点で、液体窒素を液体窒素タンクに注ぎ、冷却を開始した。測定実施の様子を図2に示す。

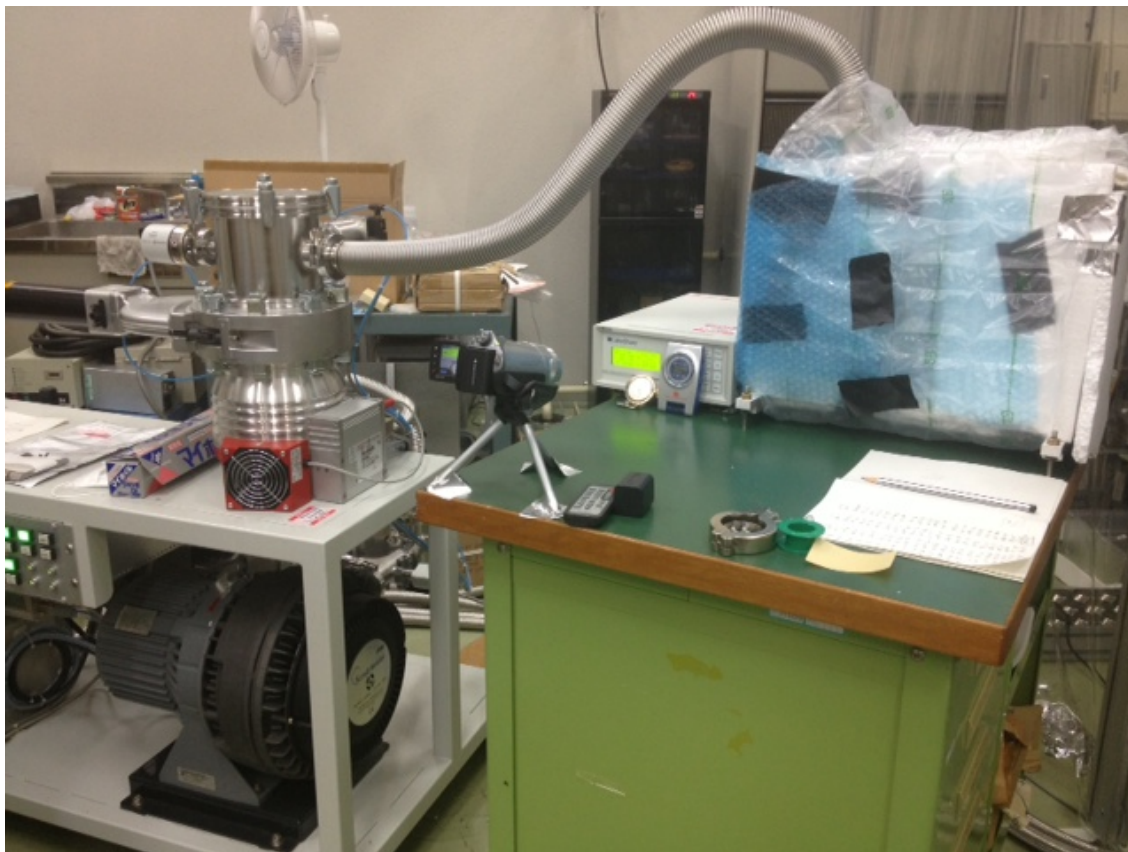


図2：低温照射試験の実施状況。液体窒素冷却用デュワーは、外部からの熱流入を低減し、効率よく冷却する目的で、発泡スチロールで覆い測定を実施した。

3.2 到達温度の計測結果

液体窒素の注入開始時刻を $t=0$ として、ch.1 および ch.8 の示す温度の時間推移を図3に示す。実験供試体ホルダーの計測温度(ch.8)は、ワークサーフェスの計測温度(ch.1)とほぼ同期して推移し、両者の熱接触は十分に確保できている事が分かる。液体窒素は、冷却開始後の時刻 $t \sim 250\text{min}$ で基準温度 $T_{\alpha}=172.9\text{K}$ に到達した後にも継続して液体窒素の継ぎ足しを行ない、60分以上の時間、基準温度以下の低温照射環境を維持した。その後は、時刻 $t \sim 330\text{min}$ に窒素の継ぎ足しを止めて、タンク内の液体窒素を使い切るのに併せて自然昇温した。

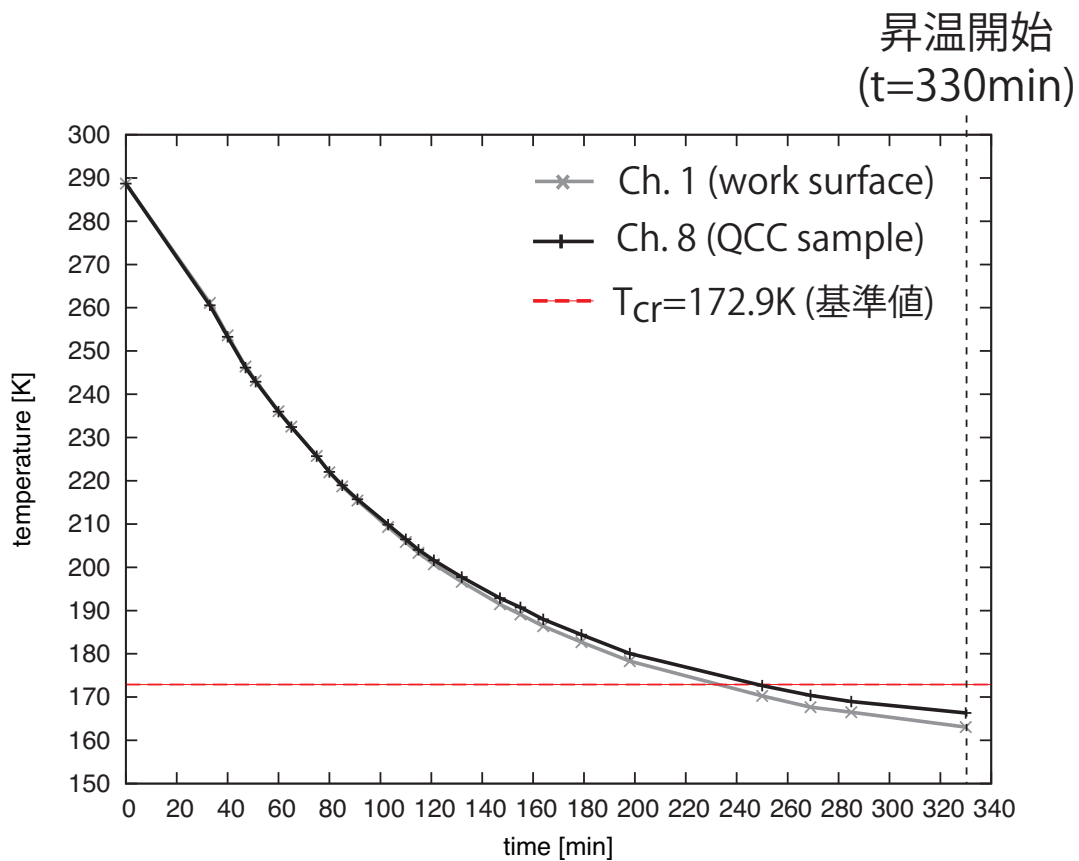


図3：低温晒し試験での、デュワー内ワークサーフェス(ch.1)および実験供試体ホルダー(ch.8)に設置した温度センサーのモニターが記録する温度推移の様子。

3.3 低温晒し試験前後での実験供試体への影響

低温晒し試験終了後、液体窒素冷却デュワーから取り出した QCC 実験供試体の画像を図4に示す。

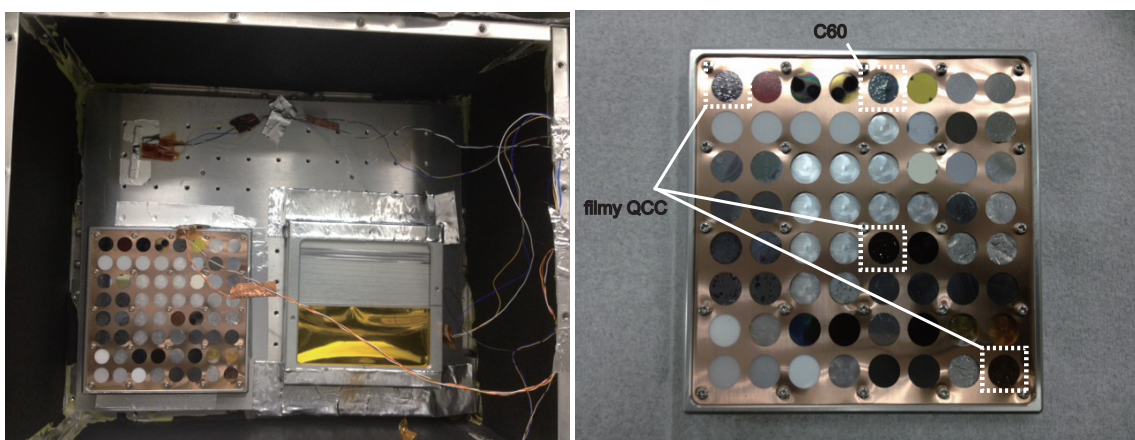


図4：低温晒し試験実行後の、デュワー内ワークサーフェスの様子(左)および取り出したQCC実験供試体の試料面の様子(右)。

まず、図4の左図に示されるように、低温晒し試験の結果、供試体の構造に異常はなく、その結果、供試体を構成するリン青銅板バネ、試料ホルダー、試料ホルダー台共に、低温温度サイクルに対する構造上の耐性が確認された。また、試料基板の破損は無く、アルミ製のホルダーの試料スペースと試料基板のクリアランスが、低温晒しに対して問題ない事が確認された。

一方、Si 基板上に堆積させた Filmy QCC 試料に対して、蒸着試料膜にひび割れが生じた。SiO₂ 基板上に堆積させた Filmy QCC 試料は、ひび割れを起こさなかった事から、基板の表面状態、基板と Filmy QCC 蒸着膜間の熱収縮率の差異などがそうした原因となると考えられる。念のため、赤外スペクトルを測定した結果、低温晒し試験前後での赤外吸収スペクトルに顕著な変化は見られなかった(図5参照)。また、低温晒し試験後に、同試料を用いて実施した AT 振動試験(AT レベルの定義には帰還時の振動負荷も考慮)において、ひび割れを生じた Filmy QCC 蒸着膜の剥離は全く認められなかった。これらのことから、低温晒しによって生じた Filmy QCC 蒸着膜のひび割れは、実験目的の達成の為に致命的なリスクではないと判断した。

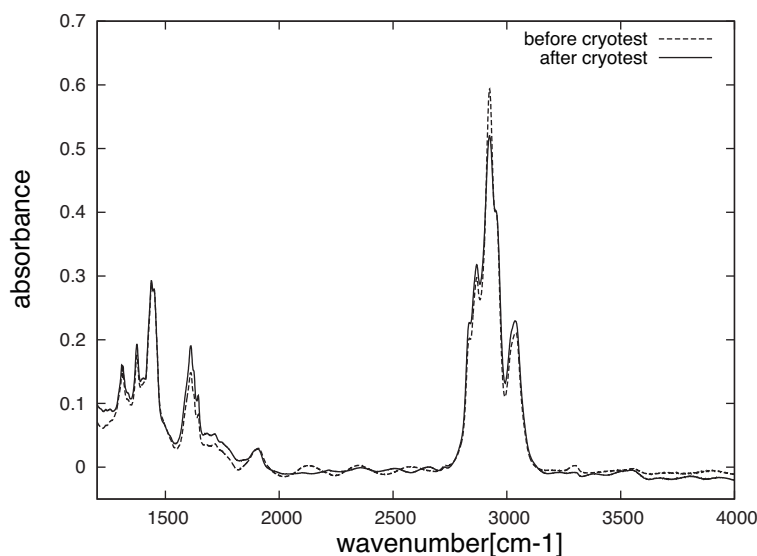


図5：低温晒し試験実施前後のfilmy QCCサンプルの赤外スペクトル。

表面ひび割れの影響は、赤外スペクトルには顕著には見られない。

さらに、Si 基板上に C60 を堆積させた試料では、蒸着試料の一部剥離が見られた。その後に、同試料を用いて実施した AT 振動試験において、C60 の剥離領域の拡大等は見られなかった。従って、各試料において剥離が合った場合でも基板に残り回収された物質の分析から、曝露実験前後での物性変化を調べる当初の目的が達成可能である事から、一部の試料の剥離は、実験遂行上致命的なリスクではないと判断した。なお、C60 試料については、別途低温試験を実施し、剥離の少ない蒸着方法の検討を継続する。

2.4 結論

本曝露実験の実験供試体は、機械的強度／耐久性の観点から、低温晒しに対して、その構造が問題ないと結論される。一方、一部の試料でひび割れ、一部剥離が認められたが、実験目的遂行の上で致命的なリスクではないと判断された。