

#### 4.4 熱サイクル試験

このテストは熱膨張係数の異なる 2 つの被着材による歪みを計測し熱応力を確認することとカバーガラスに剥離やクラックが発生しないかを確認する。熱膨張係数は 2 章で説明したように物質が温度変化することで膨張・収縮するときの変化率を表すものであり、歪みを計測するためには温度変化しているときの歪みをモニタリングする必要がある。

熱サイクル試験は温度を制御する恒温槽と歪みを計測するための DAQ (Data Acquisition system) を使い実施した。計測する値は各サンプルの温度・歪みである。温度の計測には DAQ アシスタント (NI9213) を使用しタイプ K(図 4-6)の熱電対をその DAQ に接続した。熱電対により得た温度のデータをモニタリングするために LabVIEW を使用した。NI9213 と恒温槽 (935E) についての詳細は付録に掲載する。

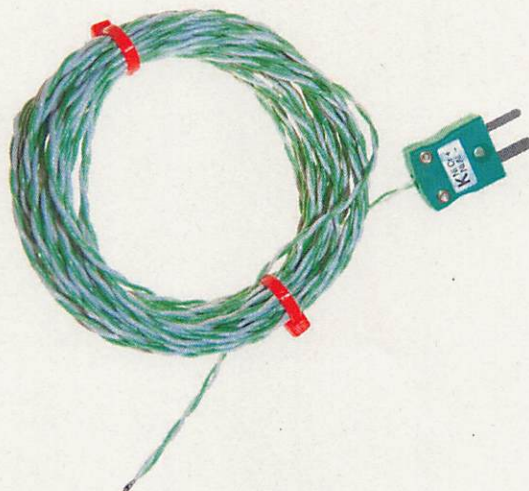


図.4-6.熱電対タイプ K

Fig.4-6.Type K thermal couple

##### 4.4.1 試験状況

この実験での熱サイクルの温度範囲は九州工業大学の「BIRDS-1 Project」の熱サイクルのシミュレーションの結果からマージンを入れたものを温度範囲とした。BIRDS-1 は ISS の高度 (380 km~420 km) から J-SSOD により放出された 1 U のキューブサットである。



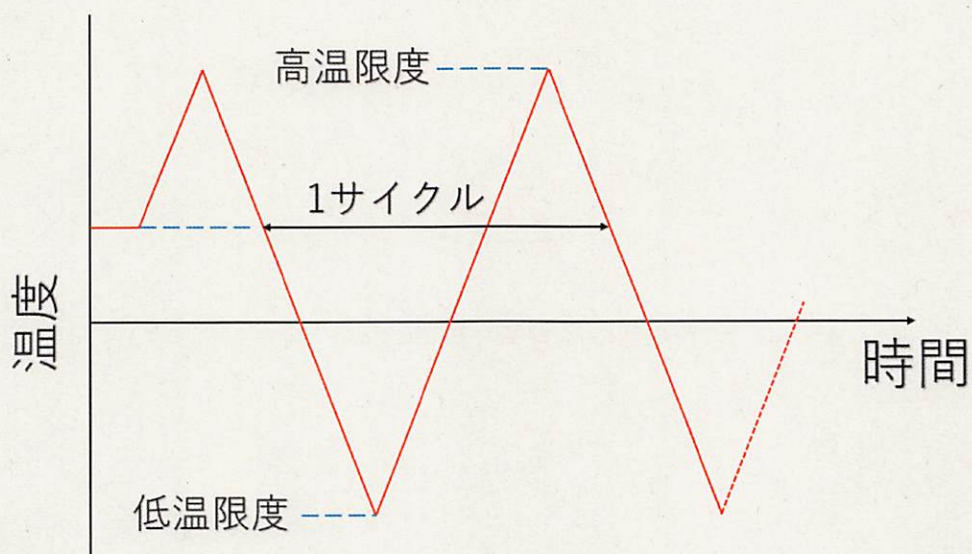


図.4-7.熱サイクル概要  
Fig. 4-7. Thermal cycle test outline

表.4-1.試験状況

Table.4-1. Thermal cycle test condition

熱サイクル試験	コンディション	
	高温限度	80°C
	低温限度	-60°C
	サイクル数	100
	継続時間	無し
	温度の傾き	10°C/min

#### 4.4.2 試験セッティング

3章で作成したサンプルは2つのカバーガラスが貼り付けられている。1つのカバーガラスに歪みゲージを接着しもう1つのカバーガラスには熱電対を貼り接着を行った。歪みゲージと同じカバーガラスに熱電対を貼らなかった理由は熱電対を貼る際に使用するテープを使うことでカバーガラスの熱膨張率が僅かに変化することを考慮したためである。熱電対を NI9213 に接続し歪みゲージを NI9235 に接続しそれぞれ温度データと歪みのデータを取得した。DAQ と PC を接続しリアルタイムでモニタリングした。データのサンプリング周期は 1sec である。



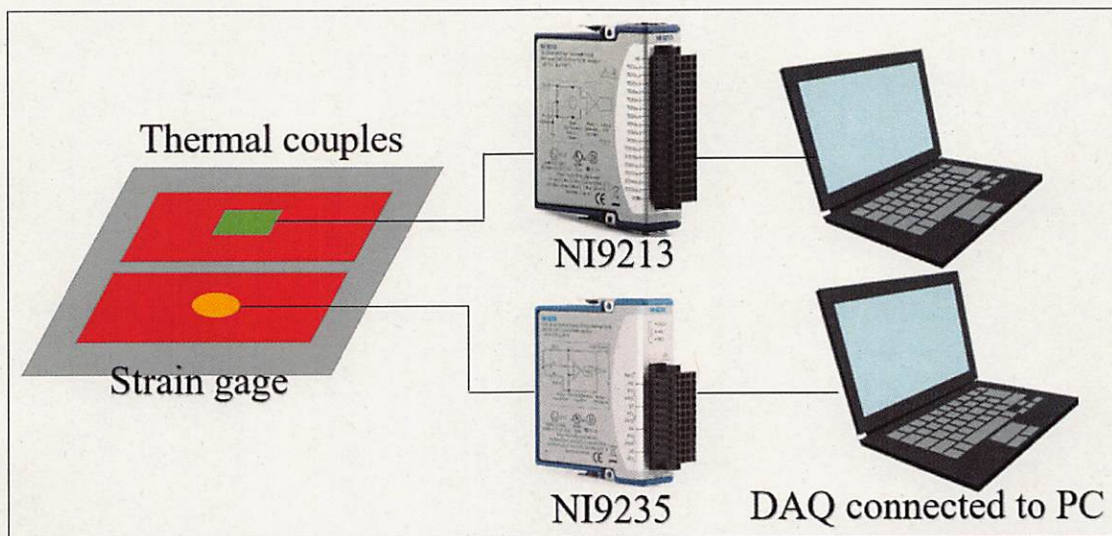


図.4-8.試験環境

Fig.4-8.Test configuration

4種類のサンプルと宇宙用接着剤をそれぞれ準備し図のようにセッティングしアルミの包装（バリテック、アルペット G2）を使い窒素パージをした。窒素パージをすることで恒温槽の温風・冷風によるサンプルの結露の発生を防ぐことができる。また風の影響による歪みゲージや熱電対の剥離を防ぐことができる。

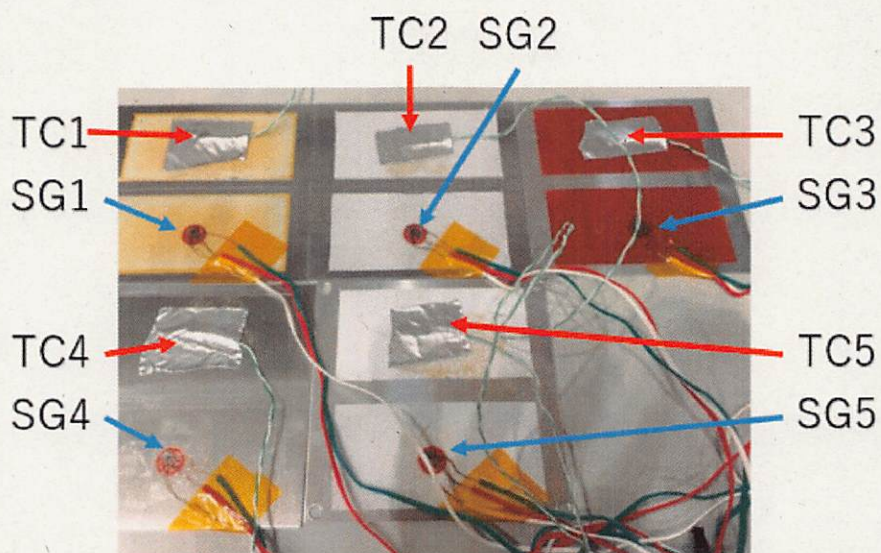


図.4-9.熱電対と歪みゲージの位置

Fig.4-9.Thermal couple and strain gage position



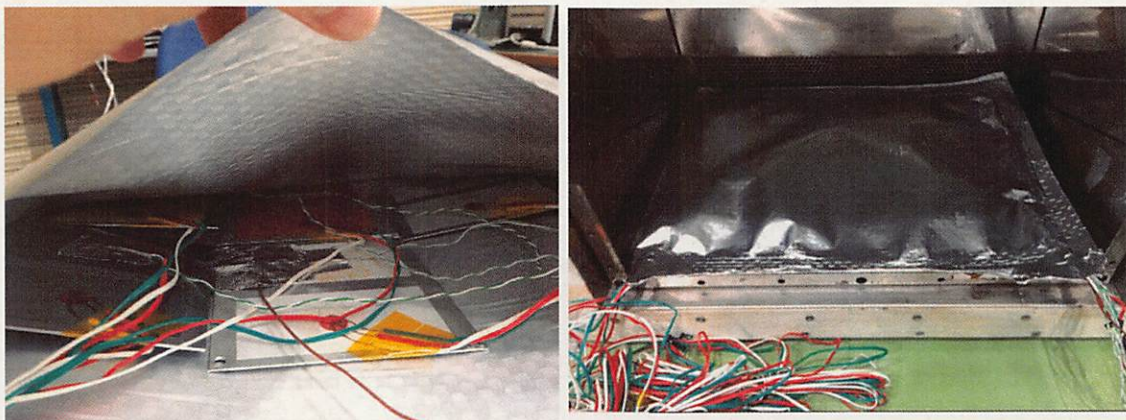


図.4-10.熱サイクル試験前  
Fig.4-10. Before thermal cycle test

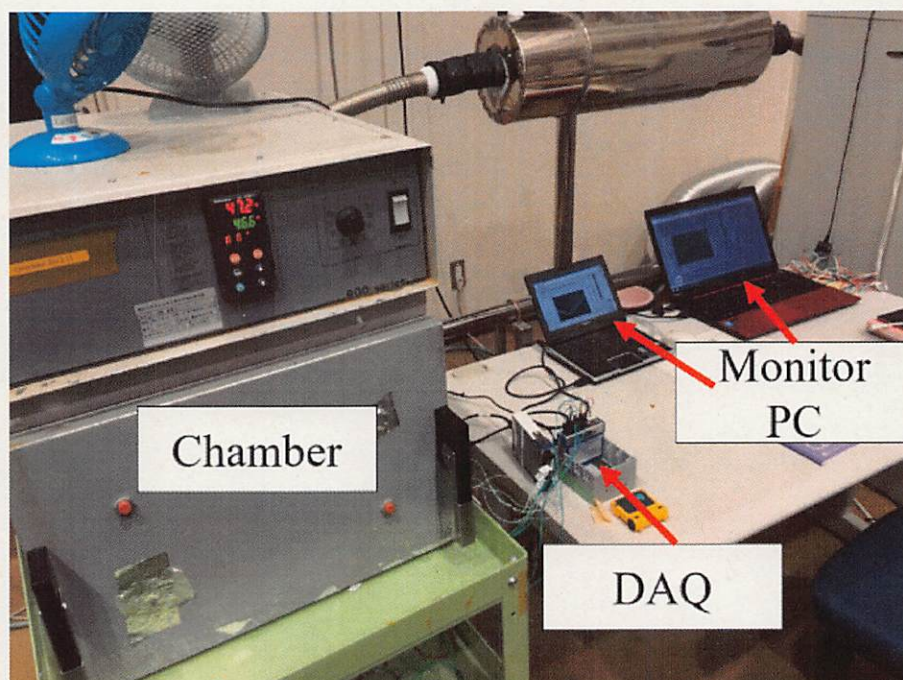


図.4-11.試験環境  
Fig. 4-11. Test configuration

恒温槽に窒素パージしたサンプルをセットしたのちに基準となる歪みゲージのオフセットを図るために12時間室温で計測をした。その後、室温から試験を開始した。



50 サイクル終了後に恒温槽を停止し、アルミシートを開封しサンプルの状況を確認した。アルミシートが熱サイクルに耐えられずヒートシール性を持つアルミ蒸着シートの内側の PE (ポリエチレン) +ポリクロス+PE+LLDPE (直鎖状短鎖分岐ポリエチレン) が収縮することになった。このためアルミシート全体が収縮しアルミシートとサンプルのアルミ板のエッジが接触したためパックが破損した。破損した部分から風がサンプルのパックに吹き込むことで TC1 と TC2 がサンプルのカバーガラスから剥離していた。

これらの結果からアルミシートによる収縮の圧力をサンプルが受けた場合に正確な歪みが計測できたか不明なためアルミシートが収縮する前の比較的早めの歪みゲージのデータを参考にする。温度データに関しては TC1 と TC2 の温度データは参考にはせず TC3, 4, 5 のデータを使用することとした。高温最悪と低温最悪にサンプルが達しているかどうか確認する必要がある。

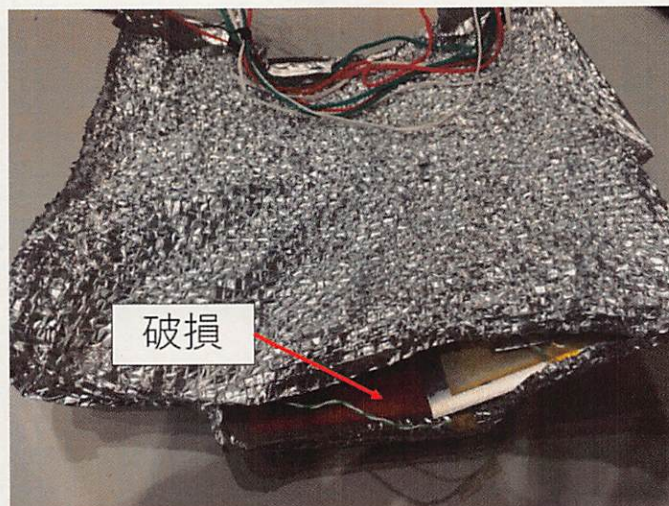


図.4-12.50 サイクル後窒素パック外観

Fig.4-12. After 50 cycles Nitrogen pack appearance

50 サイクル目以降の熱サイクル試験は P-3N の代わりに耐熱温度が高いアルペット G2 を使用し実験を行った。他の試験のセッティングは変えずにもう 50 サイクル実験を行った。P-3N とアルペット G2 の温度耐性を付録に記載する。





図.4-13.51 サイクル目の窒素パック外観

Fig.4-13.Before the 51st cycle appearance of nitrogen pack

再度、熱サイクル試験を 50 サイクルした後の状態が図である。こちらのアルミシートも同様にアルミシート内部のドライラミネート(接着剤)+LLDPE が熱サイクル試験により収縮してしまった。しかし今回の収縮では窒素パックは少ししか破れておらず、各サンプルの温度の差も 1 回目の 50 サイクルに比べると小さい値になった。1 回目の 50 サイクル同様に収縮したアルミシートがサンプルに圧力をかけていたため歪みゲージの値に影響している可能性があるため窒素パックが収縮する前の値を参考にする。



図 4-14.50 サイクル後窒素パック外観

Fig.4-14.Before the 51st cycle appearance of nitrogen pack