



Title	クライオスタッフの支持材に関する研究
Author(s)	西嶋, 茂宏; 岡田, 東一
Citation	大阪大学低温センターだより. 1987, 57, p. 17-19
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/9062
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

クライオスタッフの支持材に関する研究

産業科学研究所

西嶋 茂宏・岡田 東一（吹田 3491）

1. はじめに

クライオスタッフ用の断熱支持材を考えた場合、その使用される全温度領域にわたって熱伝導度が小さいことと機械的強度が大きいことが必須の条件となる。さらに、できるだけ少ない材料で支持できるようにその剛性が大きいこと、また寸法安定性に優れていることも考慮されるべきことである。これらの支持材料の性能によって、極低温機器の性能が左右されてしまうことは想像に難くない。

さて、ガラス繊維で強化されたいわゆる GFRP は比強度が高く、熱絶縁性能にすぐれているため断熱支持材として使用されている。しかしながらその剛性が低いため、大型構造物等の一次構造物への応用は現在のところ困難である。

ここでは、主に、比剛性の改良を熱絶縁性能を損なうことなく行い、かつ断熱支持材としての要求を満足し得る材料の開発を目指して行ってきた我々の研究の成果について報告する。

2 実験

試験した材料は、上記の要求を満足させるため、基本的には有機複合材料を使用した。そのマトリックス材料は、いずれもアラルダイド^R (CY205/HY905/DY040/DY061) とし、補強材は E ガラス繊維、炭素繊維、炭化ケイ素繊維、アルミナ繊維の 4 種類を選んだ。以後それぞれの複合材料を GFRP CFRP、SFRP、ALFRP と呼ぶことにする。繊維の体積含有率はいずれも約 50% に調節しており、繊維はいずれも連続長繊維で一方向に強化されている。

測定した物性は、熱伝導度、熱収縮、曲げ強度である。熱伝導度に関しては、定常法を使用した。また熱収縮に関しては、試料の変位をコルツ管で室温まで導き、差動トランスで測定する方法を採用した。曲げ試験に関しては、4 点曲げ試験を採用した。4 点曲げ試験は、3 点曲げ試験に比べて、圧子直下での応力集中が緩和されるため、圧子直下で圧縮破壊する可能性が少なく、データに信頼性があるからである。

3 結果および考察

図 1 に繊維方向の熱伝導率の温度依存性について示した。比較のために、304ステンレス鋼（以後 SUS 304 と略す。）の文献値も示した。金属の中でも比較的熱絶縁性能の良好な SUS 304 に比較し

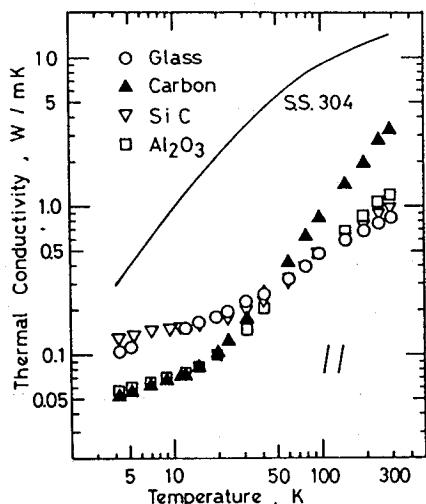


図 1. 各種 FRP 材料の熱伝導率の温度依存性

ても、これらの複合材料はいずれの温度でも3~10倍程度熱伝導度は小さいため、熱絶縁性能に優れていることが理解できる。また繊維の種類によって熱伝導率は異なる。たとえばGFRPとCFRPを比較すると、室温付近ではCFRPの方がGFRPのそれより5倍程度大きいが、40K程度で交差し、それ以下では逆に小さくなっている。SFRPとALFRPについては、液体窒素温度以上ではGFRPより少し大きい値を示し、40K以下ではSFRPはGFRPとALFRPはCFRPとほぼ同じ値を示す。したがって、ALFRPは全温度範囲で熱絶縁性能が良好であることが分る。

図2にそれぞれの繊維方向の熱収縮を示す。金属のそれが約0.3%であることを考慮するとこれらの複合材料の寸法安定性は良好であることが理解できる。

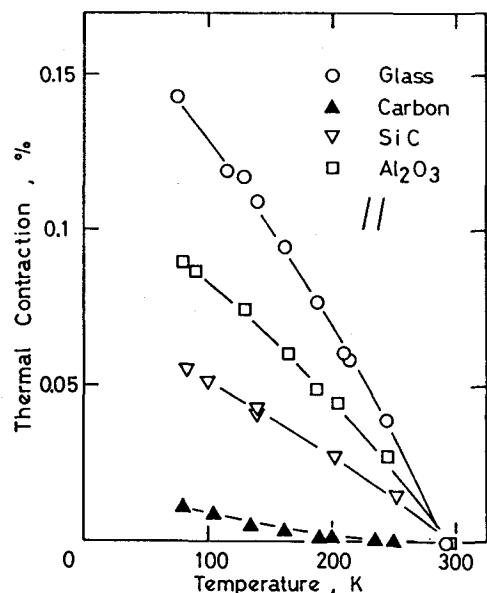


図2. 各種FRP材料の熱収縮の温度依存性

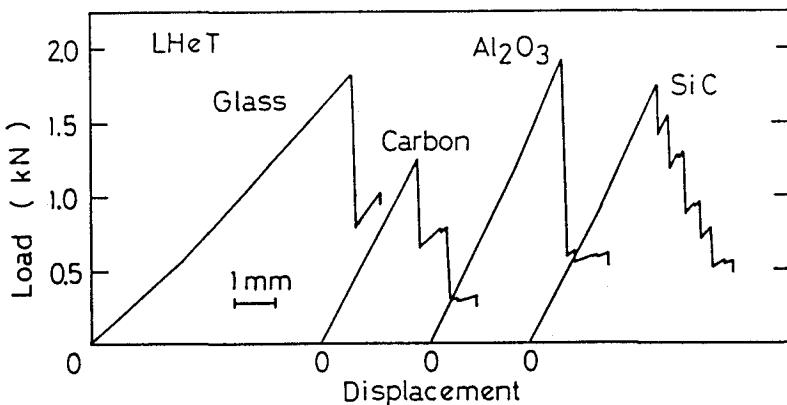


図3. 各種FRP材料の液体ヘリウム温度における荷重一変位線図

図3に4点曲げで得られた液体ヘリウム温度での荷重一変位線図を示した。GFRPの弾性率とCFRPの破壊応力は他の材料に比べて小さいことが分る。(曲げでは、炭素繊維の強度は引張より小さくなることが知られている。) すなわち、GFRPは比較的大きな応力に耐えられるが、その場合変形が大きくなる。CFRPは、変形は小さく抑えることができるが、大きな荷重に耐えられない。それに対して、SFRPとALFRPはいずれの値も大きいため機械的性質のすぐれた材料と言うことができる。

以上の結果を基に、これら支持材料の評価を行った。図4の横軸は室温~液体窒素温度間の平均破壊応力を平均熱伝導率で割ったもので、また縦軸は平均曲げ弾性率を比重で割った比剛性である。横軸は断熱支持材の性能の指標となるもので、温度差のある2点間をある材料で支えた場合、その材料を介して侵入する単位熱侵入量あたり支えることのできる荷重に相当する。また比剛性は、材料の単位重さ、

単位変位にあたり、支えることのできる荷重に相当する。従って、支持材としては、いずれも大きい値が望ましい。この図のなかには、比較のために、SUS 304 の文献値も示してある。ステンレスと比較して複合材料が性能の良い支持材であることが理解できる。また ALFRP や SFRP は断熱性能にも比剛性にも優れ、GFRP よりも改善されたバランスの良い材料であると言うことができる。

これらの材料を支持材とした場合の熱侵入量について計算を行った。これは、直径 700 mm の室温空間を持った横形のクライオスタットについて検討し、支持材は 8 本使用することにした。また安全係数は 10 として計算を行っている。表 1 にその結果を示したが、ALFRP を使用することによって、GFRP の場合の熱侵入量を約半分に抑えることができる。これは ALFRP が機械的強度のみならず、熱絶縁性能に優れているからである。

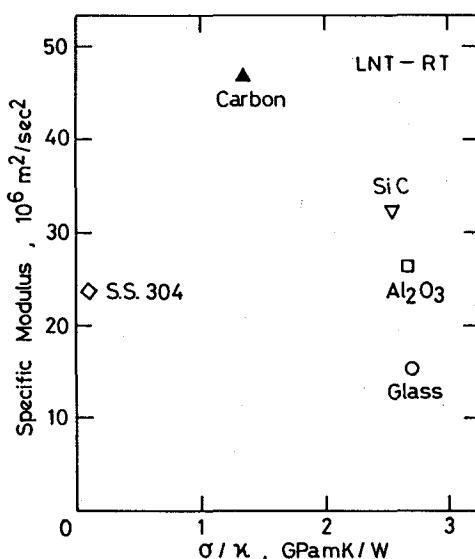


図 4. 各種材料の断熱支持材としての比較

表 1. Heat Penetration to helium vessel

	Through Supporting Rod (mW)	Radiation (mW)	Total Heat Penetration (mW)
GFRP	219	26	245
CFRP	144	26	170
SFRP	181	26	207
ALFRP	98	26	124