

# カーボンナノチューブ及び炭素繊維複合材における中性子遮蔽能評価試験

株式会社ウイット 千田 健人

## 1. Introduction

存在する放射線の中で、水素分子による減衰・遮蔽に効果がみられる中性子線に対して、量子研究開発機構の行った評価実験で、炭素繊維についての遮蔽能が認められるとの報告があった。(M.Naito et al., Life Sciences in Space Research, Volume 31, 2021, p.71-79)

この報告書をもとに炭素繊維と水素分子等の複合材によって、軽量化と高強度化を兼ね備えた中性子線遮蔽体の実現すれば、スペースデブリや隕石等が浮遊する宇宙空間で活動する、宇宙飛行士の身体防御をある程度補完しつつ、且つ中性子線からの遮蔽能力も期待できる。

ここでは複合材の特徴を活かし、中性子線の減衰・遮蔽に効果が認められている物質を樹脂に添加する事で、より効果の高い組み合わせをCNT及び炭素繊維を主要材料として実験を行う。CNTについては、粉体としての入手が一般的だが、現在CNTメーカーの協力の元、シート状CNTの応用展開を計画している。

## 2. Experiment

カーボクロスに熱硬化性樹脂を半硬化状態で含浸させ、プリプレグという複合材の製作に必要な中間材料を作る際に、樹脂に様々な添加物を混練する事で、それぞれの添加物ごとの物質特性を比較することが出来る。

今回の実験では、中性子の遮蔽に効果があると言われている水素分子を含むガスを、繊維活性炭の微細空隙に吸蔵させた後、その空隙を閉じることでガスを閉じ込めた2種類の繊維活性炭及びそのレファレンス、ボロンの添加プリプレグ、タングステン粉体を添加したプリプレグ、汎用のエポキシ樹脂、即硬化性・耐久性のある新規樹脂CBZで試験片を作製した。

こうして作製したプリプレグを6枚積層し、加熱・加圧成形により厚み1mmの積層成形板を作製する。この積層板を、量子ビームの照射実験用試料セルに入る大きさ(14mm×14mm)にカットし、合計24個の試料を用意して、照射実験を行う。

## 3. Results

1. J-PARCでの中性子エネルギーレベルは、0.1eV～最大3272eVであった。  
このエネルギーは、以下に示すように、熱外中性子に相当し、  
月面での中性子エネルギー(100eV以上)もカバーできる領域である。

分類呼称	エネルギー	波長
高速中性子	$\geq 0.5\text{MeV}$	$\leq 0.04\text{pm}$
中速中性子	1～500keV	0.04～0.9pm
熱外中性子	0.5～1000eV	0.9～40pm
熱中性子	5～500meV	0.04～0.4nm (0.4～4Å)
冷中性子	0.1～5meV	0.4～2.9nm (4～29Å)
極冷中性子	0.3～100μeV	2.9～52nm
超冷中性子	$\leq 0.3\mu\text{eV}$	$\geq 52\text{nm}$

2. 月面での中性子エネルギー(100eV以上)を想定した場合の各材料の3272eVでの中性子遮蔽率は以下の通りである。

	中性子遮蔽率
CFクロス/繊維状活性炭(A):P(3)010-00: 2%プランク	11.5163
CFクロス/繊維状活性炭(A):P(3)010-00: 4% Ref.	13.8977
CFクロス/繊維状活性炭(A):P(3)010-00: 4% LPG10%	12.9951
CFクロス/繊維状活性炭(B):OGCA1: 2% プランク	10.4309
CFクロス/繊維状活性炭(B):OGCA1: 4% Ref.	10.9946
CFクロス/繊維状活性炭(B):OGCA1: 4% LPG10%	13.7464
CFクロス : B96%濃縮ホウ酸 : 2%	12.44
CFクロス : B96%濃縮ホウ酸 : 4%	13.05
CFクロス : タングステン (W-1KD) : 2%	12.3126
CFクロス : タングステン (W-1KD) : 4%	13.1953
EA101	11.9961
CBZ	12.6085

以上の結果から、活性炭含有率が高いほど、遮蔽率が高いことがわかる。

#### 4. Conclusion

今回は、初期実証試験として、最適値の選定には至らなかったが、カーボン繊維が複合材の主要素材となり得る事は、現在の航空・宇宙の分野で多岐に使用されている事から明白である。今後は、宇宙空間における人体及び精密機器類への宇宙放射線の影響を極限まで低減できる部材の開発に結びつきたい。