



Title	加速器中性子源グループド減速材の中性子特性
Author(s)	鬼柳, 善明; Kiyanagi, Y; 井上, 和彦 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 109, 35-41
Issue Date	1982-07-30
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/41734">https://hdl.handle.net/2115/41734</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	109_35-42.pdf



## 加速器中性子源グループド減速材の中性子特性

鬼柳善明 井上和彦  
岩佐浩克 上田裕之  
(昭和57年3月31日受理)

### Grooved Moderator for an Accelerator Based Neutron Source

Y. KIYANAGI, K. INOUE, H. IWASA, and H. UEDA  
(Received March 31, 1982)

#### Abstract

Up to the present flat surface moderators have been used for accelerator based neutron sources. Recently the fact that a special shaped moderator, with a grooved surface, enhanced the emitted neutron beam intensity was reported. We conducted survey measurements to investigate the effects of the groove on the neutron beam intensity and pulse behavior.

In this paper, the results of a moderator of 15 cm×15 cm cross section at ambient temperature are described.

#### 1. 序 言

中性子散乱は凝集体研究の有用な手法である。従来は中性子散乱のための中性子源として原子炉が用いられてきたが、種々の理由により、加速器中性子源の開発とこれによる中性子散乱実験も行われるようになってきた<sup>1)</sup>。加速器中性子源では、中性子の強度とパルス特性が重要であるが、現状では強度増強に重点がおかれている。減速材としては直方体形の平面放出面のものが使われており、この種の減速材の特性についてはいくつかの実験的研究が行われている<sup>2)~12)</sup>。中性子強度を増加させる方法としては、速中性子反射体をつけるのが効果的であり、すでにこれは常套手段となっている。最近、さらに強度を増加させるために、減速材中性子放出面に溝をつけることが試みられている<sup>12)</sup>。このような減速材はグループド減速材と呼ばれている。

本論文は、室温減速材について、中性子強度増強の効果とパルス特性への影響についてグループド減速材の特性を調べた結果をまとめたものである。

#### 2. 中性子強度の増加

##### 2.1 実験装置

ターゲットの配置のしかたには、減速材の中性子放出面の反対側におく背面配置と中性子放出

方向に対して直角方向の減速材側面におくウィング配置がある。背面配置は減速材の中性子放出面積を大きくしたときに、ウィング配置より強度を稼げる利点がある。しかし、最近の加速器強中性子源では、減速材両面からビームを引出す場合が多く、またスパレーション中性子源からの高エネルギー中性子を極力減ずる目的からもウィング配置が採用される。本研究では、減速材とターゲットをウィング配置とし、減速材の中性子放出面の大きさを  $15 \times 15 \text{ cm}^2$  に限定して、一方方向の取出しについてのみ調べた。

測定は、北大 45 MeV ライナックを速中性子源として用い、飛行時間法によって中性子のエネルギー分析を行った。飛行路長は約 5.4 m である。速中性子強度の規格化はライナックのビーム電流で行った。北大ライナックのビームの安定性は、一定の繰返し数による連続運転に対しては十分良好であったが、ライナックを停止・再起動した場合には、再現性が不良であった。そこで、加速器運転状態のままで遠隔操作により、減速材集合体を変形しながら一連の測定を行った。

グループド減速材の形状を図 1 に示す。減速材にはポリエチレンを用いた。中性子放出面の辺の長さ  $A$  と  $B$  は前述のように 15 cm である。溝の幅  $T$  と歯の高さ  $H$  の比は 1:1 付近が最適と考えられるので、 $H=1 \text{ cm}$  で歯が 7 枚、 $H=2 \text{ cm}$  で歯が 4 枚の場合について飛行時間スペクトルを測定して比較した。その結果両者のスペクトルには大きな差が認められなかったので、以後の測定では、 $H=1 \text{ cm}$  として、ターゲット位置、減速材厚さ  $L$ 、溝の深さ  $W$  を変化させたときの影響を検討した。

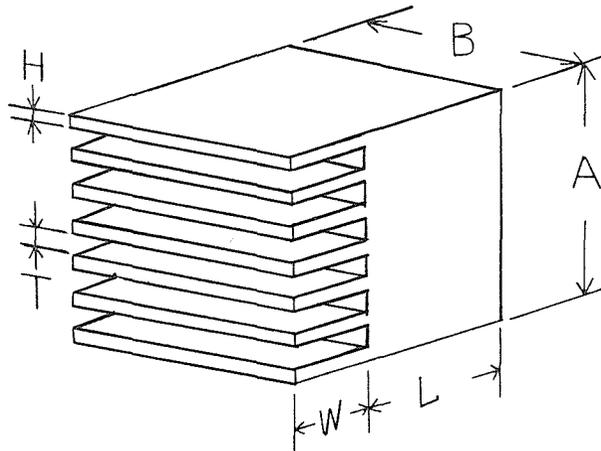


図 1 グループド減速材の形状

## 2.2 ターゲット位置

減速材から中性子を一方方向のみにとり出す場合について、ターゲットに対して減速材の位置を変化させて放出中性子強度を測定した。測定に用いた減速材体系を図 2 の挿入図に示す。溝の底までの減速材の厚さを 14 cm とした。平面減速材では厚さがほぼ 12 cm で強度が最大となることと、この厚さを厚くし過ぎても放出中性子強度は増加しないことを考慮し、 $L$  として 14 cm を選んだ。溝の深さ  $W$  を 5 cm としたが、この深さはあとで述べるようにほぼ最適の深さである。

図 2 は溝の底からターゲットの中心までの距離に対する中性子強度の変化の様子を示す。これより、溝の底から約 1.5 cm の所で最大強度が得られる事がわかる。また、ピーク付近の強度変化

は0~2 cmの間で極めて小さく、この傾向は300 meV以下の中性子について同様であった。従ってターゲットの位置は溝の底から1.5 cmの所が最適である。

### 2.3 減速材厚さ

溝の底からの減速材の厚さをかえた時に、中性子強度がどのように変るかを調べた。溝の深さを前節同様5 cmとし、ターゲット位置は前節の結果より、溝の底から1.5 cmとした。図3に結果を示すように、8 cmより厚い場合には中性子強度の増加が少ない。このことは、300 meV以下のエネルギーにおいて同様であり、これ以上の厚さが不要であることを示唆している。

### 2.4 溝の深さ

$L=10$  cmで、ターゲットを溝の底から1.5 cmの所において、溝の深さと中性子強度の関係について調べた。また、平面減速材との強度比を調べるために、中性子ビーム取出し方向にグループの代りに板を加えて比較測定を行った。図4に測定結果を示す。中性子エネ

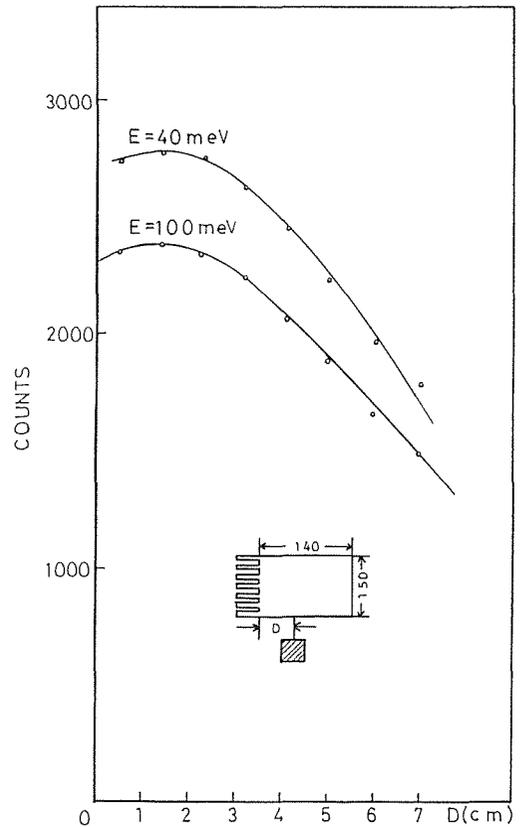


図2 ターゲット位置による中性子強度の変化

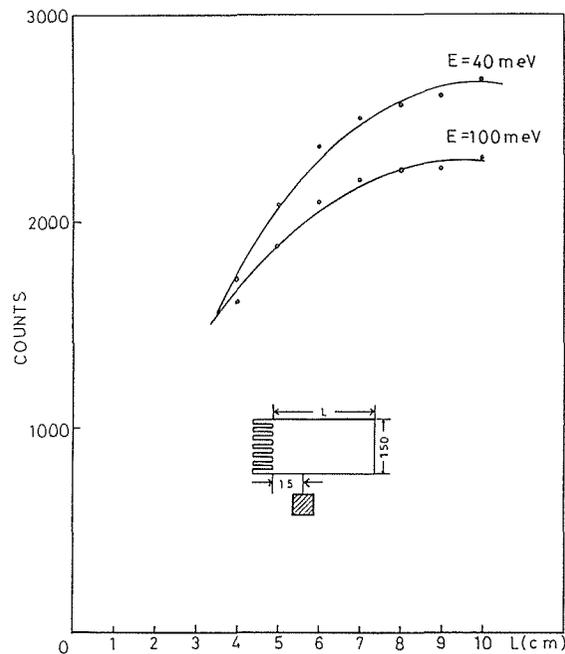


図3 減速材厚さによる中性子強度の変化

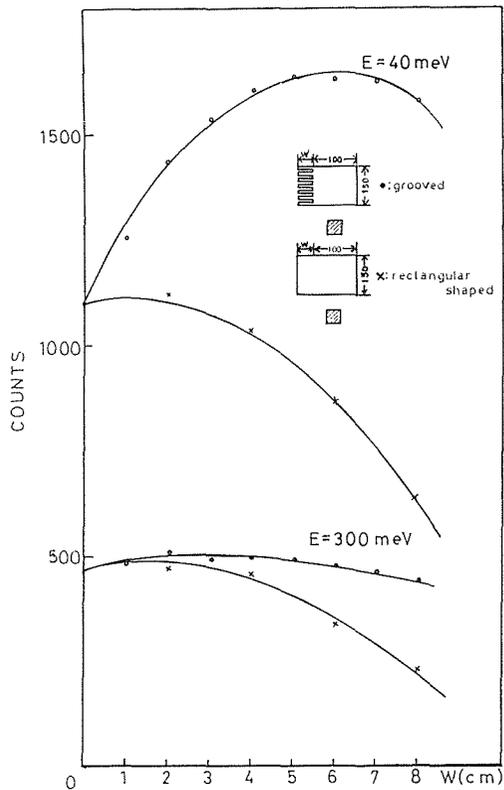


図 4 溝の深さによる中性子強度の変化

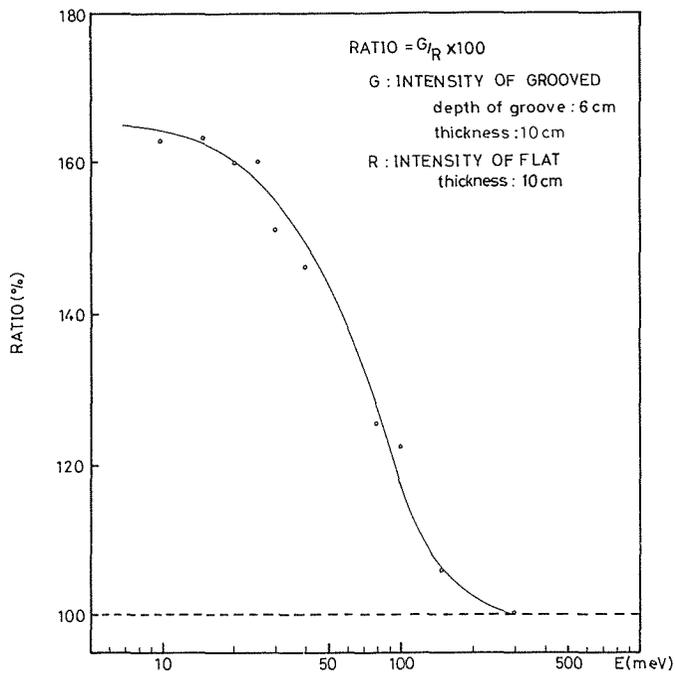


図 5 平面減速材とグループド減速材の強度比較

ルギーが低くなると、高エネルギーの場合に比較して強度が最大となる溝の深さが深くなる、また、グループによる中性子強度の増加が著しく大きくなる。このことは、溝が深くなることによって、平均自由行程の長い高エネルギー中性子の減速熱化が促進され、グループの底からの、熱化した低エネルギー中性子ビーム放出強度が増すことを意味している。

グループ凸部表面を Cd でマスクすると中性子強度は全面からの場合の約 85% となった。この事は大部分の中性子が溝のなかから放出されていることを示している。

平面減速材については、ビーム取出し方向に厚さを増して行っても放出中性子強度は殆ど増加せず、 $W$  が 2 cm 以上では減少している。従って、厚さ 10 cm でターゲットが中性子ビーム取出し面から 1.5 cm の所においた場合が最大強度になっている。この時の強度と溝の深さが 6 cm の時の強度比をとった結果を図 5 に示す。この結果はグループド減速材の強度増強の特徴を表わしている。グループド減速材では高エネルギー中性子の強度は増加せず、低エネルギーになるほど中性子強度の増加が大きい。測定した飛行時間スペクトルの比較では、グループド減速材のスペクトルはピークエネルギーが低エネルギー側に若干シフトしている。

### 3. パルス特性への影響

グループド減速材を用いて中性子強度増強をはかった場合に、それに伴って中性子パルス特性が変化する<sup>2)</sup> これを調べるために、溝の深さを変化させて中性子パルス特性を測定した。用いた

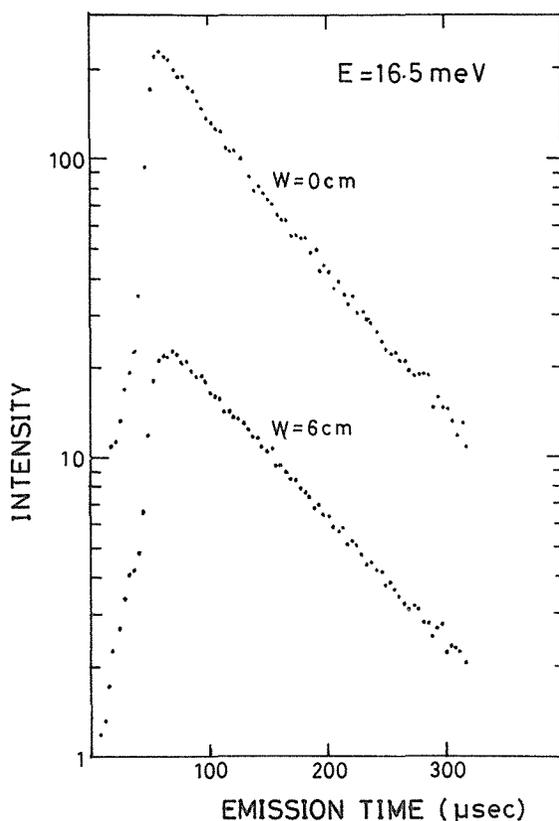


図 6 平面減速材とグループド減速材のパルス特性

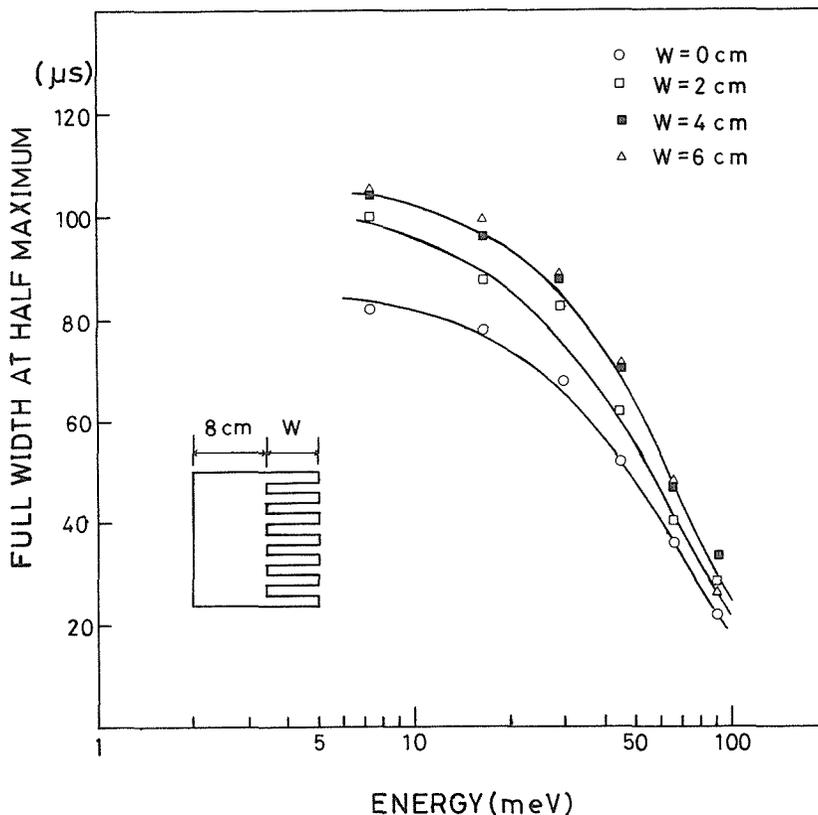


図 7 溝の深さによる半値幅の変化

減速材は、溝の底からの厚さを 8 cm で一定とし、溝の深さが 2, 4, 6 cm および溝なし（平面放出面）としたものである。測定はエネルギー選別に結晶モノクロメータを用いた飛行時間法で行った。エネルギー分析に用いたブラッグ角はエネルギー分解能を良好にするために 85 度とした。

平面減速材と溝の深さが 6 cm のグループド減速材の回析ピークの測定結果の例を図 6 に示す。グループド減速材のパルス特性の特徴は立上りに肩があることであり、この傾向は低エネルギーになるほど、また溝が深くなるほど顕著になっている。これはグループド減速材の中性子放出位置の差による飛行時間差があらわれたものである。また、図 6 からわかるように、グループド減速材ではパルスのピークが鈍くなり、減衰時間も長くなっている。このことが半値幅の増大に主に寄与している。図 7 に半値幅の変化を示す。6 cm 溝のグループド減速材の半値幅は平面形のもの約 1.3 倍となっている。半値幅のエネルギー依存性は、平面減速材でも、グループド減速材でも同じ傾向を示している。半値幅は、4 cm の溝の深さまで増大し、4 cm と 6 cm では大きな差は見られなかった。

#### 4. 結 言

熱中性子のための、グループド減速材は、低エネルギー中性子に対して特に強度増加の効果があり、最大増加率は 1.6 倍となっている。中性子パルス特性は、溝の深さが 4 cm まではパルス幅が若干増大するが、6 cm では 4 cm の時と殆ど差がなく、中性子強度の点からは溝の深さを 5~6

cm にする方がよい。

このように、パルス幅の若干の増大があまり問題にならないような場合では、グループド減速材にすることによって大きな強度増加が得られる。

本研究では、速中性子反射体を使わずに測定を行ったが、反射体をつけた場合の特性について検討する必要がある。また、グループド減速材の強度増加機構については、まだ十分解明されておらず、今後さらに、この点に関する研究も必要である。

#### 参 考 文 献

- 1) Y. Ishikawa, Proc. 4th Int. Collaboration on Advanced Neutron Source (ICANS), Tsukuba, Japan (Oct. 1980).
- 2) J. M. Carpenter: 私信
- 3) D. H. Day et al.: Nucl. Instr. and Meth., **72**, 237 (1969).
- 4) R. G. Fluharty et al.: Nucl. Sci. Eng., **35**, 45 (1969).
- 5) S. N. Ishimaev et al.: At. Energy, **32**, 33 (1970).
- 6) K. F. Graham et al.: Nucl. Instr. and Meth., **85**, 163 (1970).
- 7) idem: Nucl. Sci. Eng., **49**, 418 (1972).
- 8) O. K. Harling: Nucl. Instr. and Meth., **119**, 217 (1974).
- 9) J. M. Carpenter: *ibid.*, **145**, 95 (1977).
- 10) D. F. R. Mildner et al.: *ibid.*, **152**, 437 (1978).
- 11) K. Inoue et al.: J. At. Energy Soc. Japan, **21**, 865 (1979).
- 12) Y. Kiyonagi et al.: J. Nucl. Sci. Tech., **19** (1982), in print.