

2011年 4月 4日

理化学研究所仁科加速器研究センター

RIBF 施設利用報告書

1. 利用課題番号：**IC10-04-1**(トライアルユース)
2. 利用課題名：RIビーム (Na-22) を利用した産業用材料の磨耗量測定法の開発
3. 利用者名：上本龍二， 鶴野浩行
4. 利用者の所属機関・部署，所在地：
住重試験検査株式会社
開発部 (上本， 鶴野)
〒799-1393 愛媛県西条市今在家1501番地
5. 利用実施期間：2011年1月13日—15日
6. 利用施設名：重イオン線型加速器 (RILAC) ・理研リングサイクロトロン (RRC) ・RIビーム発生装置 (RIPS)
7. 利用したビーム
一次ビーム：種類 **Na-23**， エネルギー **63MeV/u**， 強度 **1p μ A**
二次ビーム：種類 **Na-22** 強度 約 **1.5 \times 10⁸**個/秒
8. 理研側支援者 仁科加速器研究センター
大西哲也， 柳澤善行， 吉田敦， 久保敏幸， 神原 正

9. 利用目的・内容

社会一般に用いられている機械部品の寿命を予測することは、適切な保守を行い効率的な運用を行うことや、さらには突然の故障による事故を未然に防ぐのに大変重要である。機械部品の寿命を決める数ある因子の一つに“**摩耗**”がある。この摩耗量を計測する方法には、摩耗する部品を機械から取り外し直接計測する従来法の他に、摩耗表面部分を放射化し生成した **RI** をトレーサーとして、直接もしくは間接的にその放射能強度を測定し評価する技術 (**RTM: Radionuclide Technique in Mechanical-Engineering**) がある。RTM は従来法と異なり、摩耗測定のために機械から対象部品を取り外すことなく稼働させオンラインで計測することができさらには感度が大変良いので、摩耗測定全体の評価時間を大幅に短縮することができる大変優れた技術である。RTM で利用するトレーサーは、機械部品にイオンビームを照射し機械部品自身を表面から最大 **200 μm** ほど放射化させることでトレーサーを生成させるため、測定材料は放射線損傷と熱に耐性があり、更に放射化によって適当な条件の **RI** が生成する標的元素を含む必要があるため対象となる材料は主に鉄鋼などの材料が主体となる。

ところが、近年は軽量化のため放射化しにくい金属材料 (**Al** など) や樹脂が部品として採用されるようになってきており、従来の **RTM** の技術ではトレーサーをそれらの材料表面に生成させることができない。そこで **RI** ビームを用いてこれらの材料に **RI** を注入することが出来れば、**RI** をトレーサーとした摩耗測定が対象外であった材料にも適応が可能となる。

小型の加速器を用いた試験で得ることの出来る **RI** ビームの注入深さは、**nm** オーダーでしかなく、通常の工業製品の表面粗さを考慮すると、数十 μm の注入深さが必要となる。

実機試験への適用のためには、独立行政法人理化学研究所 仁科加速器研究センターの所有する加速器施設を用い、高エネルギーの **RI** ビームを注入する必要がある。さらには摩耗のメカニズムを知る上で初期摩耗の観察はさらに需要であるが、**RI** ビームはその **2** 次ビーム生成条件や適度な減速材を用いることでごく表面層だけに **RI** を注入することも出来る。これにより更に高感度の表面層のみの観測をすることが可能となることを意味している。

以上のように、**RIPS** の **RI** ビームを用いることで **RI** をトレーサーとした摩耗測定の適応範囲を広げ、より高感度の測定技術を確立する事を目的とする。

10. 成果の概要

10.1 HP-Ge 検出器による注入深さ分布測定

試験後のスタックフォイルを HP-Ge で測定 (図 1) しビームテスト時の F3SSD の測定結果 (図 2) と比較する。

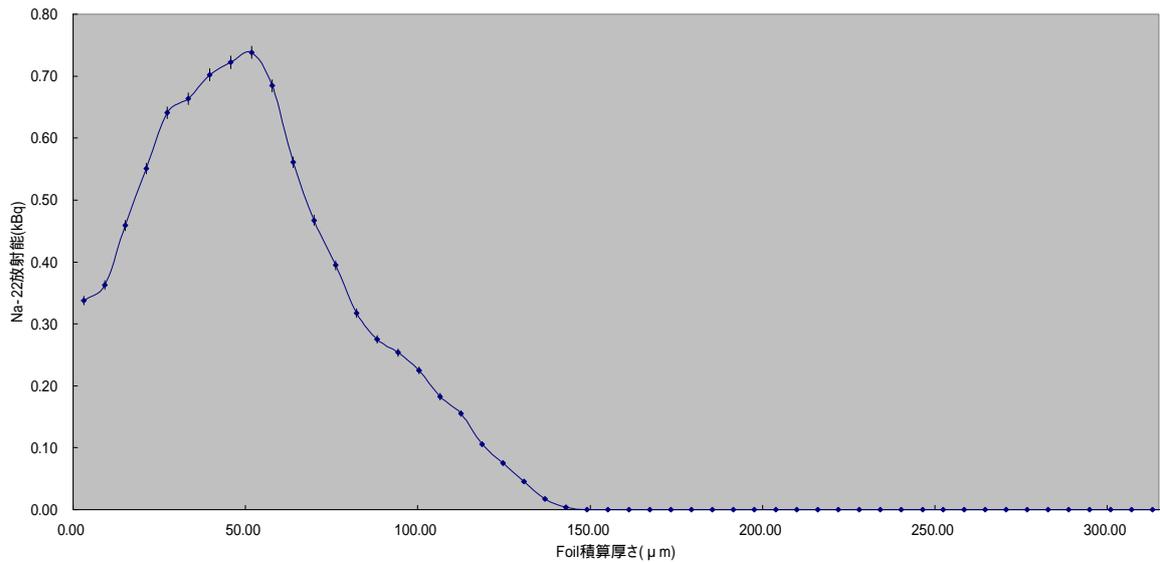


図 1 HP-Ge 測定による各フォイルの放射線強度結果

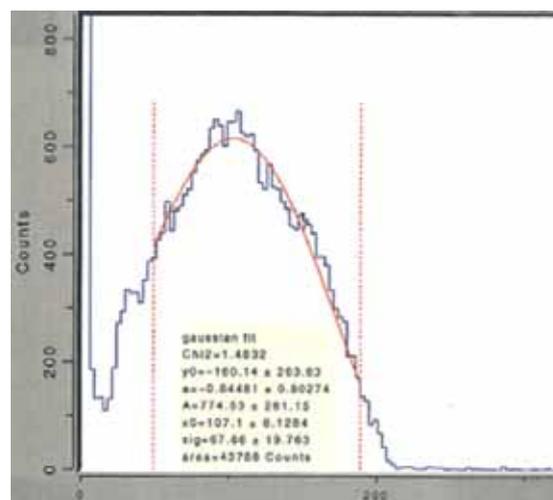


図 2 F3SSD 測定結果

結果を比較するとほぼ同様の傾向が確認できるため、F3-SSD の測定結果はビームテスト時の基準とすることが出来る。その為、次回以降の試験においてビームテスト時間の短縮に繋げる事が可能である。

10.2 イメージングプレートによる空間面内分布測定

RI ビームの空間分布を評価することを目的とし、順番に Al フォイルを並べ (図 3), 富士フィルム製のイメージングプレートを用い測定をおこなった(図 4).

この試験結果において、イメージングプレートに放射線が多く照射された部分は赤く、少ない部分は青く表示されている。それぞれのフォイルの放射能強度は、HP-Ge 検出器で測定した結果とほぼ一致している。

なお、今回の試験ではフォイル No.1 を Na-22 入射側に配置しており、No.1 から No.60 に向けて RI ビームを注入した。

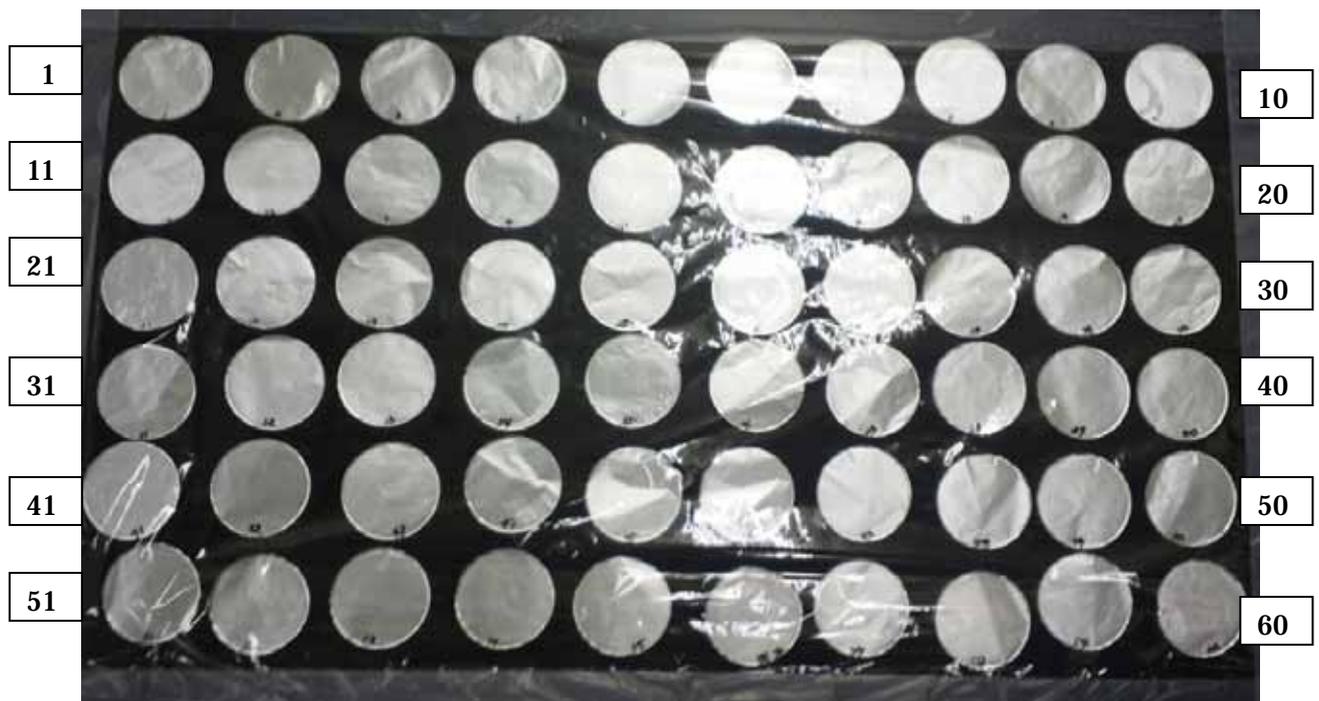


図 3 Al フォイル配置写真

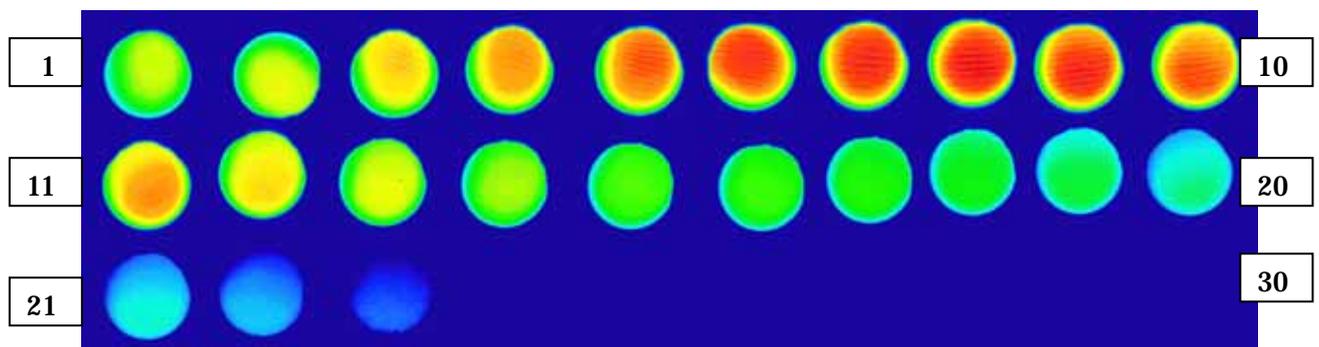


図 4 イメージングプレート測定結果

No.3 から No.10 のフォイルにおいて、ビームのエネルギーが積層している様子が観察された。

10.3 まとめ

HP-Ge 検出器による試験結果（図5）及びイメージングプレート測定結果（図6）より、注入量と深さの関係を評価した。今回の試験は注入量の増強に焦点をあてたRIビームの注入を行ったが、品質的にも許容されるレベルでの注入を行うことが出来た。

またイメージングプレートにより、注入されたRIビームの空間分布の測定を実施した（図4）。分布に不均一な部分が見受けられるものの、サンプルを駆動させる等の対応をすることにより、目的の範囲に対して均一に注入できると考える。

今後の課題として、ビーム形状の小径化および、ビームの均一化を行うことで、より効率のよいRIビームの注入を実施できると考える。

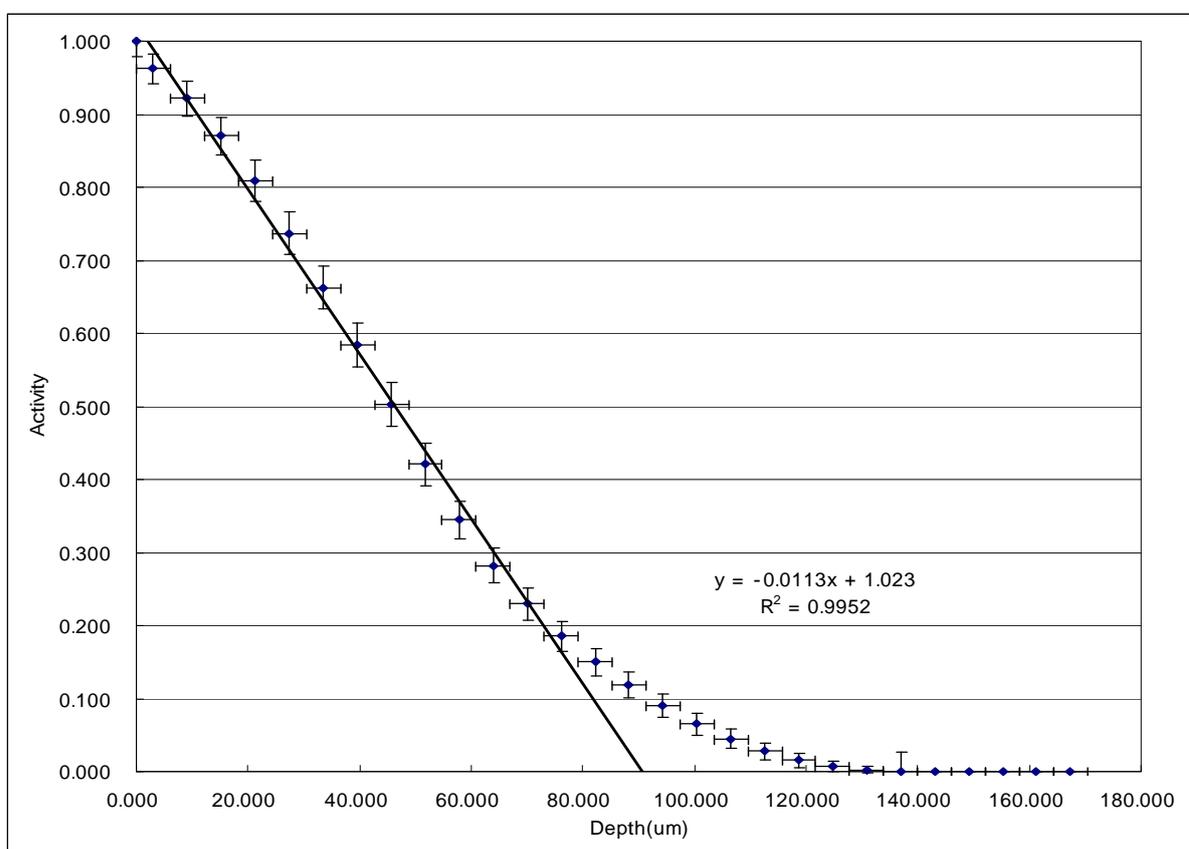


図5 AVD (Activity v.s. Depth) 曲線 : HP-Ge 検出器

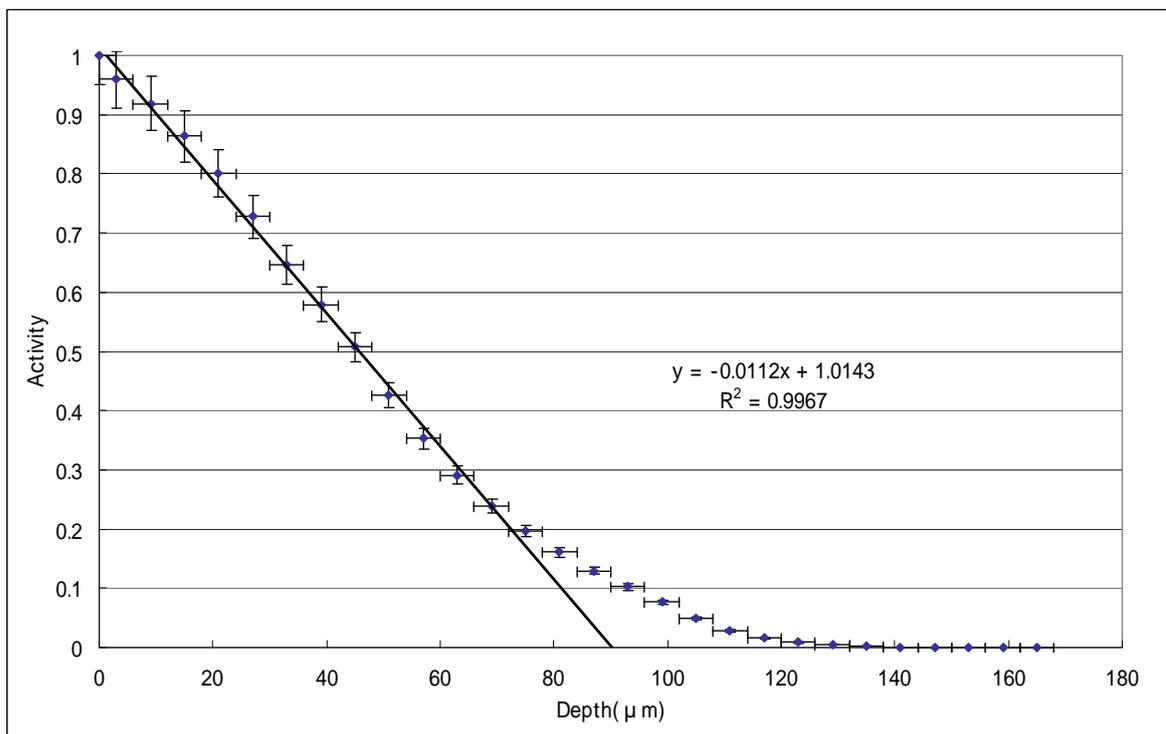


図 6 AVD (Activity v.s. Depth) 曲線：イメージングプレート

1 1. 今後の展望

今回の試験結果により、RIPS の RI ビームを用いて RI をトレーサーとした磨耗測定への適応の目処がつけられたと考えられる。

今後、様々な機械部品等に応用を進めていけるものと思われる。

1 2. 社会・経済への波及効果の見通し

近年のエンジン開発は、低燃費を目的とし開発が進んでいる。この傾向は、エンジン部品の摺動部に与える影響を、さらに過酷なものとしている。

具体的にはガソリン以外にアルコール燃料・水素・天然ガスといった様々な燃料が用いられてきていたり、また、新素材等の導入等があり、従来のエンジンとは異なった磨耗特性による問題が生じてきている。

しかしながら、この技術を用いる事により、従来法では出来なかった部品の磨耗特性を明らかにすることで、エンジンの寿命を維持し、さらに地球に優しいエンジンの開発に役立つものとする。

1 3. その他、仁科センターに対する要望など

今後の利用方法に対する協議の実施をお願いします。