

SAFETY ASPECTS OF URANIUM ACCELERATION AT RIKEN RIBF

Hisao Sakamoto^{A)}, Atsuko Horigome^{A)}, Hiroki Mukai^{A)}, Rieko Hirunuma Higurashi^{A)}, Shin Fujita^{A)},
Yoshitomo Uwamino^{A)}, Masayuki Kase^{A)}

^{A)}Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)

2-1 Hirosawa, Wako, Saitama, 351-0198

Abstract

The RIKEN RI beam factory (RIBF) of which first beam is scheduled in December, 2006, and the U-238 beam will be used for the RIBF experiment. The uranium ion is accelerated in the existing facilities and is guided into RIBF for the further acceleration. For the safe uranium acceleration, we settled the management procedures, improved the existing facilities, and are controlling the uranium handling and the accelerator maintenance.

理研RIBFにおけるウラン加速の安全管理

1. はじめに

理研RI beam factory(RIBF)では、2006年12月first beamを目標に機器の据付が進められている。RIBFでは、実験に使用されるビームのうち、ウランが大変重要なイオンとして位置づけられている。ウランイオンは既存施設で前段加速されRIBFに入射されるが、わが国ではウラン加速は初めての試みであり、理研加速器施設においてはウランガスの取り扱い、ウランイオンの生成、加速についての経験はまったくなかったが、法的な規制に基づいた既存施設の改修と、運用に即した管理方法を策定した。ここでは、理研RIBFで行っているウラン加速の安全管理について報告する。

2. 許可申請

ウランは核燃料物質であるため、その加速には「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」(炉規法)と「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」(障防法)の両方の規制を受ける。ウラン自体の危険性は炉規法の、ウランを加速することによって生じる危険性は障防法の範疇と切り分けて、それぞれの法に基づく申請を行い、2005年2月に両方の使用許可を取得した。

3. 施設改修

ウランは、他のイオンと同様に既存の仁科センターリニアック棟内の機器(ECRイオン源、RFQ、RILAC)を使用して生成、加速し、仁科記念棟のリングサイクロトロン(RRC)に入射、その後は仁科記念棟内のRRC、fRCおよび仁科センターRIBF棟内のIRC、SRCの4つのサイクロトロンで順に加速され、同じRIBF棟内の実験装置に供給される。^[1]

現在、仁科記念棟およびRIBF棟内の管理区域は、理研予防規定により内部被ばくの恐れのある第1種管理区域としているため、ウラン加速のための設備改修は必要ない。しかしイオン源が設置されている

リニアック棟加速器室は、運転開始以来管理の緩い第2種管理区域として管理しており、施設の設備がウランを扱うには適さなかったため、第1種管理区域に準じた設備を持つ部屋になるよう、以下の改修を行った。

3.1 イオン源室の設置

従来の加速器室に設置されていたイオン源を囲み込むように壁、天井を設置し加速器室をイオン源室と加速器室の2部屋に分割した。改修後のイオン源室の平面図を図1に示す。イオン源室の床と壁は汚染除去が容易な材質に変更し、イオン源室を第1種管理区域、加速器室を第2種管理区域とした。また、イオン源室を負圧に管理できるようHEPAフィルタを内蔵した排気設備を新たに設置した。

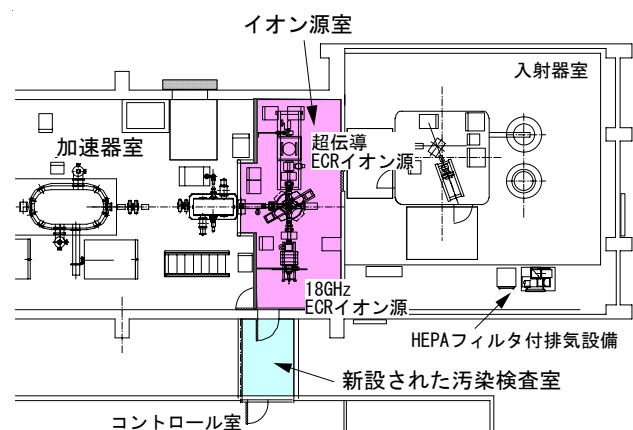


図1：改修後のイオン源室平面図

また従来はイオン源が加速器室内に設置されていたため、加速器の運転が始まると入室してイオン源を整備することができなかったが、加速器室をイオン源室と加速器室に分割したことにより、加速器運転中でもイオン源を整備することが可能となった。

3.2 汚染検査室の設置

イオン源室の前にハンドフットクロスモニタ、除染設備を備えた汚染検査室を設置した。

3.3 入室者の制限

イオン源室への入室者をウラン取扱の教育を受けた者のみとするため、従来の入退室システムを汚染検査室入口扉に設けた電気錠と連動させた新システムに改修した。現在入室できるのは、全登録者960名のうち49名である。

4. 安全管理

4.1 イオン源室における管理

イオン源室には、超伝導ECRイオン源と18GHz-ECRイオン源の2台が設置されているが、ウランイオン生成に使用されるのは18GHz-ECRである。

イオン源へは、天然ウランの化合物 UF_6 をガスとして供給し、イオン源からは $^{238}U^{14+}$ イオンを引き出して加速器に供給している。核燃料物質であるウランは、放射線防護の観点からは一般の非密封放射性物質と変わらないが、保障措置の観点から厳密な計量管理を求められる。

・放射線防護上必要な管理は以下の通りである。

①保護具の装着ならびに汚染の拡大防止

ECRイオン源は定期的な分解清掃が必要であるが、その際には、イオン源内部での化学反応により生成されたウラン並びにウラン化合物の吸引および付着による汚染の可能性があるため、保護具（タイベックスーツ、ゴム手袋、半面マスク等）の装着を行う。（保護具を装着して点検整備を行っている状況を図2に示す）また、床養生を行うなど汚染の拡大防止策をとらなければならない。



図2：イオン源の点検整備風景

②ガスの拡散防止

万一の場合のガスの噴出を防止するため、常温蒸気圧の負圧ポンペを用いることにより、 UF_6 ガスの拡散防止、吸引防止を図る。

③空気の浄化と監視

イオン源室からの排気は、浄化装置を設けた排気設備により排気される。またこの排気は、ダストモニタによりウランの有無を連続監視している。

④搬出物の汚染検査

イオン源室から搬出される物はすべて α サーベイメータにより汚染検査を行う。

なお従来イオン源内に付着した不純物は、サンドブラスタ等により物理的に削り取ることにより除去していたが、ウラン供給のためイオン源を使用開始した以降は、イオン源内付着物にはウランが含まれている可能性があるため、硝酸および塩酸による部品の洗浄を行い、付着物を化学的に除去している。

・保障措置上必要な管理は以下の通りである。

①バッチ管理

核燃料物質には、個々の核燃料物質ごとにバッチと呼ばれる番号がついており、これによってそれぞれの核燃料物質を識別管理している。イオン源には、元ボトルから小分けして使用している。元ボトルの核燃料物質には、入手時にバッチが付けられているが、小分けを行う毎に、小分けした核燃料物質には新しいバッチが付けられ管理される。

②秤量、記帳

小分け作業後ならびにイオン源での使用の度毎に秤量し、「核燃料物質使用・貯蔵・廃棄記録簿」に記帳しなければならない。

③盗難防止

元ボトル並びに小分けしたボトルの保管は、それぞれ定められた場所の金庫にて行う。

4.2 加速器室からRRC入口までにおける管理

RFQやRILAC等の加速器真空槽内の保守点検作業時には、身体が真空内面にふれる可能性のあるため、イオン源の分解整備時と同様に保護具の装着を行ってから作業を実施する。しかし、日常の保守作業時に行われるビーム診断機器の交換時などは、真空内面にふれる可能性はないので、手袋の着用のみで作業を行う。

なお、RILAC出口におけるウランビームのエネルギーは0.9MeV/uであり、銅における飛程は 1.2mg/cm^2 である。これはウランより放出される 4.2MeV α 線の銅における飛程 7.6mg/cm^2 より小さい。よってビームがストッパにあたって埋め込まれた場合でも α 線による検出は可能であるので、作業中は適宜 α サーベイメータにより、身体や、取り出した部品等の検査を行い適切に処置する。管理区域からの搬出物は、すべて α サーベイメータにより汚染検

査を行う。

4.3 RRC出口以降における管理

RRC出口以降のほとんどのビーム診断機器、チャンパー等は、ウラン以外のビームにより放射化している。このため、真空内面にふれる可能性のある作業時には以前から保護具の装着、あるいは手袋の着用を行っていた。管理方法としては今までと同じである。

しかし、RRC出口におけるウランビームのエネルギーは11MeV/uであり、銅における飛程は、 $12\text{mg}/\text{cm}^2$ である。これは、ウランより放出される α 線の飛程より大きい。このためビームがストップ等にあたって埋め込まれた場合 α 線の検出は不可能となる。そこでビーム損失の多いRRCのEDC、fRCのEIC、およびEDC、Stripper後のBeam Catcherについては検査することなくウラン汚染物として取り扱うこととし、それ以外の物品は、従来通りGMサーベイメータ等により放射化の有無のみ検査し管理することとした。

4.4 ウラン汚染物の管理

一般のRI廃棄物については、日本アイソトープ協会が引き取り処分をしているが、核燃料物質を含む放射性廃棄物については、引き取り対象にはなっていない。このため、汚染検査によりウランが検出されたものと、上記のビーム損失の多い物品が不要になった場合は、核燃料廃棄物として理研構内で永久保管される。

ウラン汚染の有無は、 α 線の検出により判定する方法が、もっとも感度よく調べられるが、 α サーベイメータによる直接測定では、ウランから放出される4.2MeVの α 線の空気中の飛程が2.7cmと短いため、検出面を測定対象面と2cm以内に近づける必要がある。また、スミヤ法によるふき取り検査を行っても付着の仕方によってはふき取り効率が悪い場合もあり、すべての物を α 線のみにより判断するが難しい。

そこで我々は、ウラン精製後1ヶ月以上たてばウランとウラン系列の β 放出核種である ^{234}Th と ^{234}Pa に放射平衡が成り立つことを利用した判定も併用している。この判定法では、ウラン付着の可能性のある物品等をステンレス製の缶に密封し、1ヶ月以上保管してから取り出してGMサーベイメータを使用して汚染の有無を判断している。

5. 今後の管理

2005年10月にイオン源でのウランビーム引き出し、2006年2月にRRCでの加速を開始し、現在まで汚染等の事故もなく安全に管理できている。ウランの付着の仕方、付着量等に関するノウハウは少しずつではあるが得られつつあり、イオン源内部以外では剥離しにくいことやロータリーポンプのオイルへのウラン混入のないこと、イオン源室以外では法で定める表面汚染限度を超えるような汚染はないこと

がわかってきた。

一般のRI廃棄物と違い核燃料廃棄物は、理研構内での永久保管となる。今後は、ウラン汚染の有無の見極め方法を確立し核燃料廃棄物の減量化を図るとともに、安全面に配慮しつつ、より効率的な管理を行って行きたい。

参考文献

- [1] N.Fukunishi et al., Proceeding of the 2nd Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 30th Linear Accelerator Meeting in Japan (July 20-22, 2005, Tosu Japan) p16