



小規模放射線発生装置使用施設における放射化状況調査

平成21年8月25日

大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構

放射線発生装置の設置状況

利用統計 2008

	機関総数	医療機関	教育機関	研究機関	民間企業	その他
総数 (構成比%)	1,433 (100%)	1,039 (72.5%)	66 (4.6%)	141 (9.8%)	146 (10.2%)	41 (2.9%)
サイクロトロン	198	131	2	22	39	4
シンクロトロン	28	3	3	17	4	1
シンクロサイクロトロン	2	1	-	-	1	-
直線加速装置	1,042	890	22	39	55	36
ベータトロン	4	1	1	2	-	-
ファン・デ・グラーフ加速装置	40	-	16	23	1	-
コッククロフト・ワルトン加速装置	82	-	20	26	36	-
変圧器型加速装置	17	-	-	10	7	-
マイクロトロン	19	13	2	1	3	-
プラズマ発生装置	1	-	-	1	-	-

業務の目的

- ・ 国内に設置されている放射線発生装置
約1,400台のうち、ほとんどが小規模
→さらにその大多数が、医療および診断用であるため
運転形態は類似している
→代表性のある施設を選定することで一般的な状況の把握
→放射化の発生条件やその範囲の明確化
- ・ 調査手順
 - (a) 測定や計算方法についての検討
 - (b) 事前調査→現地調査→測定・計算
- ・ 総合評価

3

(a)-1 測定手法の確立

- 発生装置周辺の放射化は主に二次的に発生する中性子によっている。
- とくに、小規模医療用放射線発生装置では、中性子発生量が極く僅かであり、適切な測定法の検討を進める。
- 運転中に発生する中性子の測定手法の検討
 - TLD、個人線量計、放射化法などの適用範囲、感度・精度などを明確にする。
 - 線量ではなく、中性子束を求める。
 - 運転中に発生する中性子の空間分布を測定する。
- 中性子フルエンス → 試料採取により評価する。

4

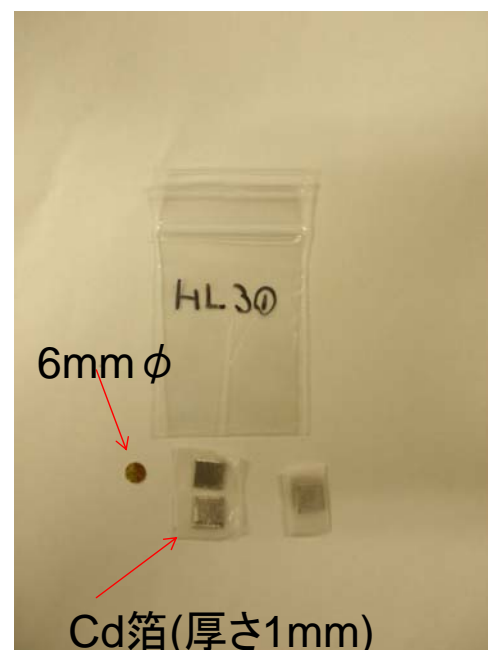
中性子測定

- 運転期間の平均線量
 - 個人線量計 (CR-39)
 - 金箔 (放射化法)
 - 中性子用 TLD 素子 ; UD-813PQ4 (モデレータとの組合せによる測定)
- 運転中線量
 - 中性子カウンターの開発 (パルスに応答する必要がある)

5

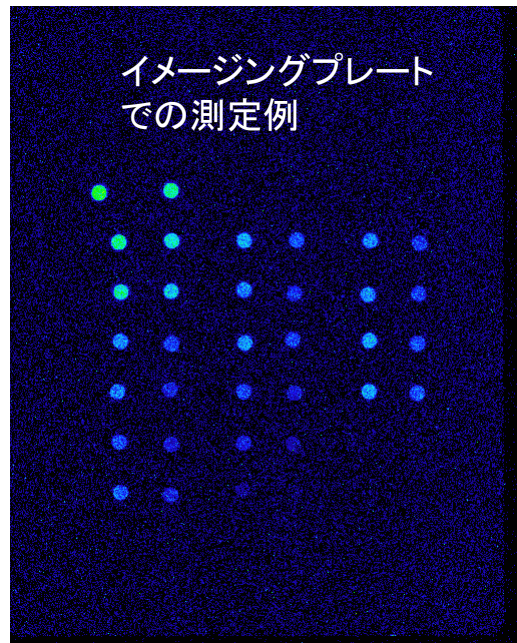
金箔 (放射化法)

- 金箔とカドミウム箔で覆った金箔を準備
- カドミウム箔無での生成放射能 = 熱中性子 + エピサーマル中性子
- カドミウム箔有での生成放射能 = エピサーマル中性子
- 上記の差から熱中性子フラックスを測定



金箔放射化法(2)

- 1枚の金箔で ^{198}Au (半減期2.7日、412KeV γ 線)の生成放射能を測定
- イメージングプレートで全ての金箔の相対放射能を同時に測定
- 熱中性子、エプサーマル中性子のフラックスを計算



熱ルミネッセンス線量計(TLD)

- 中性子用
UD813PQ4(Panasonic)
 - 素子1: $^6\text{Li}_2^{10}\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$
 - γ 線と中性子を検出
 - 素子2: $^7\text{Li}_2^{11}\text{B}_4\text{O}_7(\text{Cu})$
 - γ 線を検出
- 上記2素子の信号の差から熱中性子を測定



固体飛跡検出器

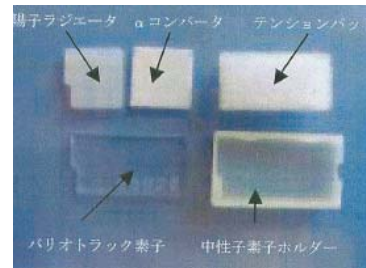
- プラスチック板(CR-39)の速中性子と熱中性子を検出のため、表面に高密度ポリエチレン、窒化ホウ素板を接着



測定範囲

- 熱中性子
 - 0.001~6mSv
- 速中性子 (100keV~10MeV)
 - 0.01~50mSv

プラスチック 窒化ホウ素



CR-39プラスチック

停止後の放射線測定

- 表面線量、空間線量の測定
 - 加速器本体、室内
 - サーベイメータによる放射化部位の確認
- 測定での課題
 - スペクトロメータによる核種分析
 - サイクロトロン室内では運転直後の線量が強い
 - リニアックでは線量が低い

(a)-2 計算手法の確立

- 高エネルギー加速器については、モンテカルロシミュレーションはかなり信頼性のある方法となってきた。 (KEK等での実験と計算評価を進め、J-PARCの遮蔽設計等に活用)
- 小規模放射線発生装置のための計算手法として適用するための課題を明らかにし、計算手順、必要パラメータの設定、計算の統計精度の向上のための検討を行いつつ、実際の測定施設をモデルとして、計算するした。
- 前提条件
 - 製造会社の図面取得
 - 施設からの運転条件などのデータ取得
 - 線源データ：核データの取得 (軽元素の荷電粒子反応)

11

(b)-1 施設の選定

- 事前調査 (代表性の検討)
 - 数多くの事業所を対象
 - 利用統計、各種学協会
 - メーカー、放射線管理業者
- 現地調査 (実情把握)
 - 大学、公立病院、民間病院、研究所
 - 実際の使用条件、施設レイアウト
(エネルギー、電流値、稼働時間、遮へい条件)

12

(b)-2 放射化に関する実測 及び計算

- 代表的な事業所
- 運転時測定;中性子線量
- 停止時測定;空間・表面線量
- 試料採取(コンクリート、ボルト)
- 放射能測定
- 放射化計算

13

(b)-3 実測と計算の比較

- 主に中性子による放射化を対象とする
- 計算体系の設定、ビーム条件の決定
- ターゲットからの中性子の発生量とスペクトルの計算
 - 電子加速器: MCNP
 - 陽子加速器: MCNP、PHITS、MARS
- 放射化計算: DCHAIN、ORIGEN
- 実測との比較検討

14

放射化評価の考え方

- 放射化の観点から分類上の重要項目
 - 電子直線加速器 → 加速エネルギー
 - サイクロトロン → 遮へい条件
- それぞれについて以下の項目をまとめる
 - 放射化が無視できる条件
 - 放射化が無視できる領域

15

事前評価

- 申請条件は遮蔽基準を担保するため過大な条件設定になっていることから、実際の運転条件の取得が必要、また、個人線量計による日常的なデータ取得が望まれる
- 幾つかの測定器具の組合せがモニタリングに有効
- 試料採取では、小型部品などが有効
- 中性子は線量でなく、フラックスを求めることが重
- 計算では、ファクター2～3程度で実測値を再現できる

16