

安全管理

「平成18年度放射性同位元素等取扱施設 安全管理担当教職員研修」報告

金沢大学学際科学実験センター

長村 雄一郎

本研修は、平成18年11月1日(木)、2日(金)に名古屋大学野依記念学術交流館をメイン会場として全国の国立大学、私立大学、大学共同利用機関の教職員から応募があった中から40名の参加のもとに開催された。今年のメインテーマは「X線発生装置の構造とX線線量測定」と「低エネルギーβ線核種 ^{14}C と ^{35}S の識別測定法」で、以下のスケジュールで実施された。

1 特別講演

「放射性同位元素等の規制に係わる最近の動向」として放射線規制室の宮田仁 放射線検査管理官から、次の話があった。

- (1) 法令改正から1年を経過して新たな枠組みでの事例と問題点として、下限数量以下のRIの管理区域外使用では、事業所境界を共有する事業所につ

表 スケジュール

■11月1日(水) 8時30分 受付 9時00分 開講式(野依記念学術交流館) 挨拶：平野真一 名古屋大学総長 9時05分 研修スケジュール説明 竹島一仁(名古屋大学) 9時15分 特別講演 宮田 仁(文部科学省放射線規制室) 司会：馬場 譲(東北大学) 10時15分 講義Ⅰ 「X線装置の構造とX線線量測定」 柴田理尋(名古屋大学) 10時50分 休憩 11時00分 講義Ⅱ 「GM計数管を用いる低エネルギーβ線核種^{14}Cと^{35}Sの識別測定法」 古田悦子(お茶の水女子大学) 11時45分 写真撮影 11時55分 昼休み 13時00分 実習実施要領の説明 竹島一仁・柴田理尋・安達興一(名古屋大学) 13時50分 移動 14時10分 実習 実習Ⅰ：「X線測定及び安全取扱実習」 柴田理尋 他	実習Ⅱ：「GM計数装置による^{14}Cと^{35}S模擬汚染源の核種識別と汚染評価」 竹島一仁 他 見学：「高機能型グローブボックス」 安達興一 他 17時10分 第1日目終了 ■11月2日(木) 9時00分 実習 実習Ⅰ：「X線測定及び安全取扱実習」 柴田理尋 他 実習Ⅱ：「GM計数装置による^{14}Cと^{35}S模擬汚染源の核種識別と汚染評価」 竹島一仁 他 見学：「高機能型グローブボックス」 安達興一 他 12時00分 昼休み 13時20分 実習結果の整理と発表準備 14時35分 休憩 14時45分 実習結果発表会 司会：斉藤 直(大阪大学) 15時45分 総合討論 司会：巻出義紘(東京大学) 16時45分 閉講式 17時00分 講習会終了
---	---

いてはどの事業所に帰属するかということも含めた管理が必要となるので、見直しを行い、事業所境界を独立したものとしないと管理区域外使用を認めないこととした。

- (2) 予防規程については、他施設のものを参考にして当該施設の許可内容について必要性のないこと、また実行することもできないようなことも記載されているものがあるので、余計なことは記載しないようにすること。
- (3) 立入検査の実施結果について、記録については法令集や予防規程を読めば何を記載しなければならないか一目瞭然であるのに、項目不足が見受けられる。
- (4) 最近のトラブル等について、チャコールフィルターで浄化を行っている施設では、濃度計算をクリアしていれば特にチャコールフィルターを設置する必要はないが、限度を上回る場合は基準に適合するようメンテナンスが必要である。

2 講義

講義Ⅰ及びⅡについて、午後から予定される実習の概略を兼ねてX線発生装置の構造や線量測定法、低エネルギーβ線核種の識別測定(Feather analysis method)に至った経緯などの話があった。

3 実習

実習は、実習Ⅰ「X線測定及び安全取扱実習」と実習Ⅱ「GM計数装置による ^{14}C と ^{35}S 模擬汚染源の核種識別と汚染評価」に、それぞれ20人ずつのグループに分けて実施されたが、私は最初実習Ⅰのグループに入ったので、そちらから先に紹介する。実習は、名古屋大学で今年設置されたX線安全取扱いの実習設備(4部屋)で、20人のグループからさらに4人の班に分かれ、次の実習を行った。

- (1) X線装置の構造と漏洩線量の測定

X線装置の構造上の各種パーツを取り除いた時(不適切な使用時)の漏洩線量の測定。

- (2) 空気電離箱式測定器を用いた直接線の測定

管電圧及び管電流を変化させ線量の測定。

- (3) 半導体検出器(CdTe)検出器を用いたX線スペクトルの測定

管電圧の変化とX線放射口にNi箔を貼り測定や吸収板の厚さの変化によりエネルギースペクトル測定を行い、制動X線及び特性X線を理解する。

- (4) イメージングプレート(IP)を用いたX線のプロファイル(デモ実験)

X線束プロファイルを、イメージングプレートを用いて視覚的に把握し散乱状況を捉える。

- (5) ポケット線量計による漏洩線量の測定(デモ実験)

サーベイメータとポケット線量計(20keVから測定可能なもの)を同じ場所に置き、ポケット線量計で漏洩線量が測定可能かを確認。

各班は翌日に行う実習結果発表会用のテーマが割り当てられ17時過ぎに一日目が終了した。

二日目の午前他に他のグループが行った実習Ⅱ「GM計数装置による ^{14}C と ^{35}S 模擬汚染源の核種識別と汚染評価」をアイソトープ総合センターの5階実習室で、低エネルギーβ線放出核種で最大エネルギーの同程度(^{14}C Emax:156keV, ^{35}S Emax:167keV)な核種について、手軽に短時間で定性かつ定量的な汚染評価が可能であるかを次の実験を行い検討した。

- (1) ^{14}C と ^{35}S それぞれの単一線源試料を4種類の異なる薄膜吸収体を介してGM計数装置で計測し、それぞれの場合の減弱率を求める。
- (2) ^{14}C と ^{35}S の混合試料について同様に薄膜吸収体ごとの減弱率を求め、混合比を算出する。
- (3) 標準線源試料(約3kBq)と未知試料(核種は ^{14}C あるいは ^{35}S どちらかで約1kBq及び約10kBqの試料)について同様の測定を行い、定性及び定量を行う。

この実習は2人1組で事前に準備された試料について、GM計数装置を用いて測定のみを実施した。

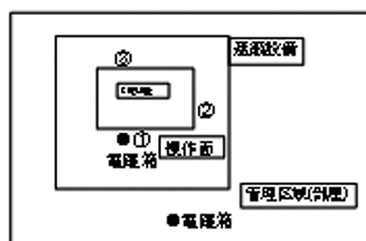
この実習の後、名古屋大学で新たに開発された高性能型グローブボックスを見学した。教育用に外部モニターで観察できるよう小型のCCDカメラを4台装備した局所排気型で非常に優れたものであった。

午後は、各発表グループに分かれて各自持参したノートパソコンでデータ整理を行い、プレゼンテーション資料を作成した。

以下にその時に発表された資料の一部を示す。

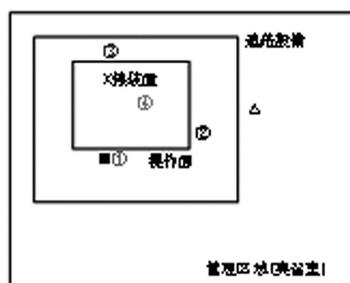
実習1 X線装置の構造と漏洩線量の測定

装置(実習室1)
運転条件 40kV、20mA



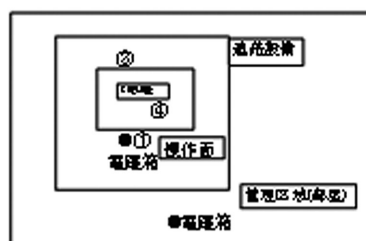
装置の状態
防X線力バーなし
試料蓋なし
スリットカバーなし
結果($\mu\text{Sv/h}$)
 • ① 0.008
 • ② 0.003
 • ③ 0.003
 • ●(内) 0.7
 • ●(外) 0.4

測定ポイント(実習室1)



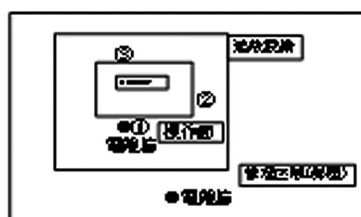
① 正面 (NaIサーバイスタール)
② 側面 (NaIサーバイスタール)
③ 背面 (NaIサーバイスタール)
④ 試料台 上 (NaIサーバイスタール)
⑤ ①と同じ場所 (電磁弁)
⑥ 漏洩線量の外 (電磁弁)

装置(実習室1)
運転条件 40kV、20mA



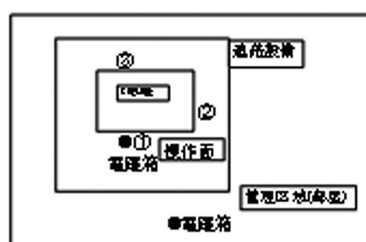
装置の状態
防X線力バーなし
試料蓋なし
スリットカバーなし
結果($\mu\text{Sv/h}$)
 • ① 0.01
 • ② 0.005
 • ③ 4.8
 • ●(内) 0.7
 • ●(外) 0.7

装置(実習室1)
運転条件 40kV、20mA



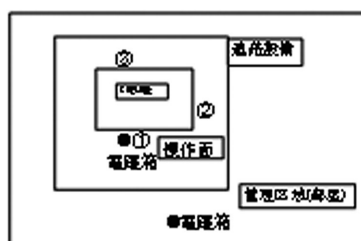
装置の状態
通常の状態
結果($\mu\text{Sv/h}$)
 • ① 0.003
 • ② 0.003
 • ③ 0.003
 • ●(内) 0.4
 • ●(外) —

装置(実習室1)
運転条件 40kV、20mA



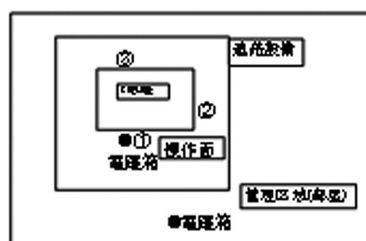
装置の状態
防X線力バーなし
試料蓋なし
スリットカバーなし
試料カバーなし
結果($\mu\text{Sv/h}$)
 • ① 5.3
 • ② 2.9
 • ③ 0.51
 • ●(内) 110
 • ●(外) 0.4

装置(実習室1)
運転条件 40kV、20mA



装置の状態
防X線力バーなし
結果($\mu\text{Sv/h}$)
 • ① 0.004
 • ② 0.003
 • ③ 0.003
 • ●(内) 0.4
 • ●(外) 0.4

装置(実習室1)
運転条件 40kV、20mA

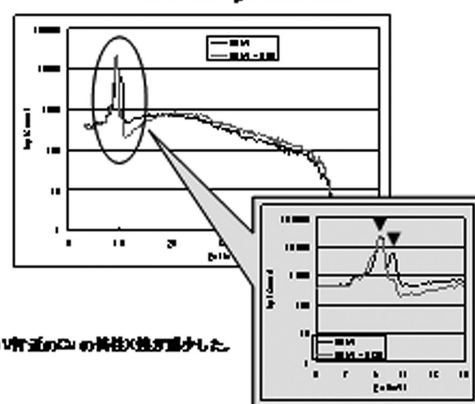


装置の状態
試料蓋なし
スリットカバーなし
試料カバーなし
結果($\mu\text{Sv/h}$)
 • ① 0.59
 • ② 0.28
 • ③ 0.52
 • ●(内) 1.0
 • ●(外) 0.4

測定条件・結果

	条件 (電圧: 40kV, 電流: 20mA)					
	[7]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
防X線カバー	□	×	×	×	×	□
試料盤	□	□	×	×	×	×
スリットカバー	□	□	×	×	×	×
試料カバー	□	□	□	□	×	×
	線量率 (μSv/h)					
場所①	0.003	0.004	0.003	0.01	5.3	0.50
場所②	0.003	0.003	0.003	-	2.9	0.28
場所③	0.003	0.003	0.003	0.005	0.51	0.52
場所④	-	-	-	4.3	-	-
電磁箱	0.4	0.4	0.7	0.7	11.0	1
遮光外	-	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

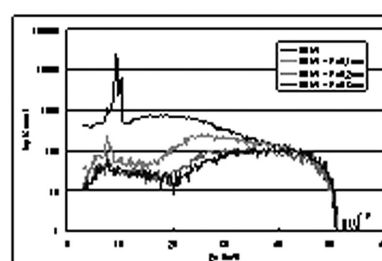
試料が遮光外の場合の放射線量 (試料が遮光外の場合の放射線量) 11.0 μSv/h (試料が遮光外の場合の放射線量)
 11.0 μSv/h (試料が遮光外の場合の放射線量) 11.0 μSv/h (試料が遮光外の場合の放射線量) 11.0 μSv/h (試料が遮光外の場合の放射線量)
 場所①-11.0 μSv/h (試料が遮光外の場合の放射線量) 場所②-11.0 μSv/h (試料が遮光外の場合の放射線量)

Ni指による γ フィルタ効果10.2 keV付近の γ の特性X線が減少した

まとめ

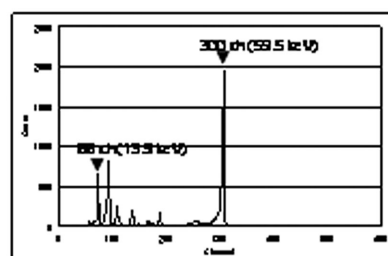
1. 試料カバーが漏洩X線の遮蔽に非常に高い効果を発揮している。
2. 防X線カバーだけでもかなり漏洩X線を防いでいる。

Fe吸収板の効果



Fe吸収板を置くことでX線の発生エネルギーが大きくなった
 (スペクトルの中心が高エネルギー側にシフトした)

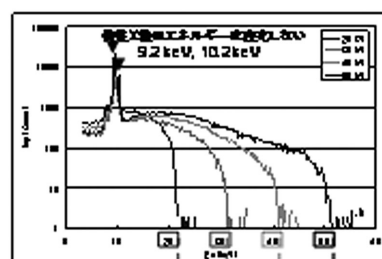
Am-241によるエネルギー校正



$$E(\text{keV}) = 0.195 \times \text{Ch}(\text{channel}) + 1.038$$

実習1-5 ポケット線量計による漏洩線量の測定

印加電圧を変化させたときのスペクトル形状



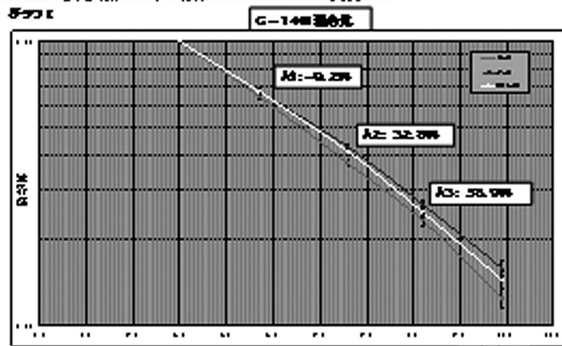
X線の最大エネルギーが印加電圧にほぼ等しかった

結果

電圧(KV)	30秒間線量 (μSv)			
	20	30	40	50
サーベイメータ	17.5	38.3	64.2	96.7
電磁箱	0	8.8	13.1	17.5
ポケット線量計	2	3	69	335

C-14/S-35 混合比評価

測定したC-14とS-35の混合比を評価するためのグラフ。縦軸はC/S比、横軸は%誤差。データ点は10個あり、それぞれC/S比と%誤差が示されている。



C/S識別、混合比のまとめ

種	11月1日		11月2日	
	C/S	%誤差	C/S	%誤差
1	C	60.6(25.5)	C	42.8(10.8)
2	C?	37.7	C	81.8
3	C	63.3	C	51.5(-2.6)
4	C	54.0	C	43.4
5	C?	51.0(23.8)	C	51.8(10.8)
6	S	53.0	S	48.2
7	S	75.0	S	76.5
8	S	62.0	S	56.2(18.6)
9	S	32.8(-9.2)	S	63.2
10	S	44.8	S	52.4(17.7)

まとめ・考察

- ・C-14とS-35の弁別は可能
- ・単一核種の識別は可能
- ・混合核種の混合比の算出は可能であるが、誤差が大きく、正確性に欠けるとされる。
- ・線源位置を同じ場所に確実に固定すること。ずれると測定計数が変動する。(計数効率が小さいので)
- ・実際の汚染採取サンプルにおいてはろ紙全面に広く分布し、また放射能量も少ないので、運用に際してはさらなる検討の余地があると思われる。

4 総合討論

管理区域外使用についての意見交換が行われた。

講習会に参加して普段利用していないX線装置について理解を深められたが、もう一つの低エネルギーβ核種の識別測定では、実用には無理があると思った。なお、名古屋大学の皆様ほか担当していただいた方には準備など大変だったと思いますが、今後ともこのような講習に参加して安全管理の向上に努めていきたい。