

放射線施設における作業環境測定

技術センター 原爆放射線医科学研究所部門
第二技術班 北川 和英

はじめに

平成16年4月、全国の国立大学は国立大学法人となった。これに伴い、各大学の教職員が守るべき法令等は、人事院規則から労働基準法をはじめとする労働関係諸法へと移行した。これにより事業者は、法令に指定する有害な物質を扱う作業場において、作業環境中の空气中濃度を実際に測定(作業環境測定)することが必須となった。なおかつ、『鉱物性粉じん』『放射性物質』『特定化学物質』『金属類』『有機溶剤』を扱う作業場(一部は一定数量以上を扱う作業場)においては、有資格者(第一種作業環境測定士または第二種作業環境測定士(サンプリングのみ))による実測を行うこととなっている。今回はそのうちの、『放射性物質』について技術報告を行う。

1. 準備

<対象核種の選択>

作業環境測定は、最初に計画、次に試料の捕集および測定、最後に測定結果についての報告および考察をもって一つの作業としている。このうち、捕集の方法(捕集時間も含む)および測定の方法については指針などにより明確に定められているが、報告及び考察を行う核種の選定および捕集場所については、各測定士の判断に一任されている。原爆放射線医科学研究所放射線関係施設(以下『当事業所』という。)では今日まで実測を行ったことが無いため、平成16年度は承認使用日(昭和38年4月16日)より現在までにおいて使用実績の在る核種(約20核種)について検討することとした。なお平成17年度以降は、平成16年度のデータを元に対象核種の再検討を行うこととした。

<測定箇所の選択>

測定箇所について、電離放射線障害防止規則第53条では、

- ① 放射線業務を行う作業場のうち管理区域に該当する部分
- ② 放射性物質取扱作業室
- ③ 令別表第2第7号に掲げる業務を行う作業場

について行うよう規定されている。したがって測定箇所は、『実験室』、『貯蔵室』、『廃棄物保管

室』、『汚染検査室』、『中性子照射室』及びこれらに付随する『廊下』について行うこととした。

なお中性子照射室については、現在までH-3及びC-14の使用実績はないが、当該場所は中性子による空気の放射化が考えられるため、これらの核種についても測定することとした。

<測定機器の準備>

一般的に、測定の結果得られる値は非常に小さいものであるため、得られた値に意味があるものかどうかを知る必要がある。このため、あらかじめその試料固有の測定機器に対する『検出下限界』を以下の式により算出した。

$$A = \frac{1}{2.22} \times \frac{100}{E \times V} \times \frac{K}{2} \times \left[\frac{K}{T_s} + \sqrt{\left(\frac{K}{T_s} \right)^2 + 4Nb \left(\frac{1}{T_s} + \frac{1}{T_b} \right)} \right] \times 0.01$$

A : 検出下限界値(Bq/ml)

E : 試料の係数率(%)

V : 試料の体積(ml)

K : 標準偏差の幅(通常は3)

T_s : 試料の測定時間(分)

Nb : バックグラウンド値(CPM)

T_b : バックグラウンドの測定時間(分)

近年の測定機器には製造会社が予め算出した『検出下限界』が表記されていることが多いが、H-3 及び C-14 を測定する当施設の液体シンチレーションカウンタ(Aloka 社製 LSC-950 型(写真1参照))は昭和61年製造と古いため、あらかじめ計算を行う必要が生じた。この値を求めるため、平成15年に行われた排水(計27回)に関する B.G.の測定データを用いて計算を行った。ただこのとき、検出下限界の値は必ず対象核種の濃度限度の 1/10 を超えないことと指針により定められているため、注意を要した。



(写真1)液体シンチレーションカウンタ

H-3 及び C-14 を除くベータ線を発する核種の測定には、ベータ線に対する検出効率が高いプラスチックシンチレーション装置(Aloka 社製 JDC-3201 型(写真2参照))を用いて行った。この機器の検出下限界の値については、製造会社提供の値を用いた。



(写真2)プラスチックシンチレーション装置

ガンマ線を発する核種の測定は、ガンマ線に対する検出効率が高い NaI シンチレーション装置(Aloka 社製 ARC-380 型(写真3参照))を用いて行った。この機器についても、製造会社より提供された検出下限界の値を用いた。

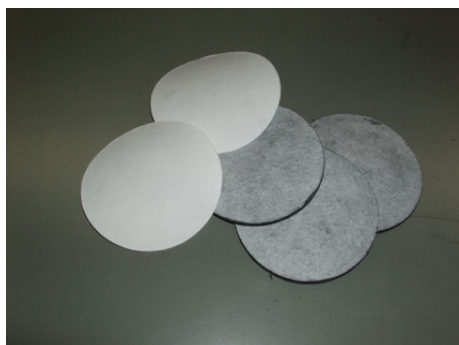


(写真3)NaI シンチレーション装置

<捕集準備>

H-3 の捕集には『冷却凝縮捕集法(コールドトラップ)』と呼ばれる捕集法、C-14 の捕集には『液体捕集法(水バブラー)』と呼ばれる捕集法を用いた。これらの捕集法では、各々一回当たり 20ml 程度のキシレン溶剤が必要となるが、測定試料が多量(H-3 41本, C-14 36本)となるため、多量の溶剤が必要となった。これらは体に有害な物質であるため、ドラフトチャンバーなどの局所排気設備が不可欠となる。

H-3 及び C-14 以外のベータ線源核種及びガンマ線源核種の捕集には、セルローズ・ガラス系のフィルター(HE-40T(写真4 白色フィルター))を使用して空気中ダストをフィルターに付着させて収集する『ろ過捕集法』を、I-125 及び I-131 などのヨウ素系の核種を捕集する場合には活性炭含浸ろ紙(CP-20(写真4 灰色フィルター))を使用して活性炭に付着させる『固体捕集法』と呼ばれる捕集法を用いるため、局所排気設備などの特別な設備は特に必要なかった。



(写真4)ベータ・ガンマ線及びヨウ素用フィルタ



(写真6)ダストサンプラ

2. 捕集

<H-3 及び C-14 について>

捕集に先立って、『検出下限界』などのデータを元に、『吸引試料空気量』の算出を行った。これによると、H-3 及び C-14 の量を測定するために必要な空気量は 10ℓ程度と算出されたが、より検出量を大きくするため、実際の吸引量は 30ℓとした。使用する捕集機器(アロカ社製 HCM-101(写真5 参照))の吸引率が約 1ℓ/min. であるため、捕集のための必要時間は一回当たり 30 分となった。



(写真5)空気中 H/C 捕集装置

<ベータ線源核種について>

ベータ線源の場合、必要となる『吸引試料空気量』は 141ℓと算出されたが、これについても、より検出量を大きくするため、実際の吸引量は 500ℓとした。これを使用する捕集機器(アロカ社製 DSM-351(写真6 参照))の平均吸引量 40~50ℓ/min. で除すると、採集のための必要時間は一回当たり 10 分となった。

<ガンマ線源核種について>

ガンマ線源の場合、測定器の検出効率が高いため必要となる『吸引試料空気量』はベータ線源核種の場合と比較して少なくよく、約 60ℓと算出された。しかしこの試料はベータ線源の測定にも用いられるため、捕集時間は一回あたり 10 分とした。

3. 測定

<測定条件など>

作業環境測定は非常に小さな値を扱うため、値の偏差が大きいと、測定結果に対する信頼性も低下することとなる。このため、一つの試料の一回あたりの測定時間を 10 分とし、これを 5 回繰り返すことで測定結果の偏差を抑え、信頼性を向上させるよう努めた。

<C-14 の測定について>

C-14 の捕集には、キシレン溶剤以外にもアミノエタノールが用いられる。これは時間が経過すると酸化反応を起こすため、当初は無色であった溶剤が、褐色へと変色してしまう。C-14 の測定を行う液体シンチレーションカウンタは、溶剤が着色されるとその計数効率が着色度合いにしたがって下がってしまう(色クエンチング)ため、捕集後なるべく早めに測定を行うことで、計数効率の低下を防ぐよう努めた。

<天然ラドン娘核種の影響について>

捕集直後(3 時間未満程度)よりベータ線の測

定を始めると、天然ラドンの娘核種(半減期等から Pb-214(半減期 26.8 分)及び Bi-214(半減期 19.9 分)などと推定)による測定結果への寄与が非常に大きいため、捕集終了から5時間後より測定を行った。

4. 報告

当事業所は使用室及びそれに付随する部屋が多い(計 35 部屋)ため、捕集および測定には時間が非常にかかることが予め予想された。したがって、報告書の作成には『MS-Excel』などの表計算ソフトを利用することで、数値入力から結果算出までの流れを円滑にするよう努めた。

また報告書は

- ① 核種毎の一ヶ月の平均濃度
- ② 建物毎の一ヶ月の平均濃度
- ③ 三ヶ月の平均濃度

についてそれぞれ作成し、各々、濃度限度に対する『判定』を行うこととした。このようにして、放射線障害防止法の概念を取り入れることで、書類の共有化を図るようにした。

5. 最後に

作業環境測定は、捕集材の準備、試料の採取、試料の測定と評価をもって一つの作業となっている。当施設において一台の捕集器及び測定器を用いてこれらの作業を行ったところ、全ての作業が終了するまで、10 日程度の日数が必要となることが判明した。現在ではこれらの作業は外部委託となっているが、将来、一連の作業を再び大学の技術職員で行うとするならば、現在配置されている職員による業務の一環という形ではなく、専門の部署による作業が望ましいと考える。

また、作業環境測定では『事業者』が測定等の業務をその使用者に行わせる(または外部に委託)ことになっている。しかしながら現在において、報告書には事業者の確認に関する箇所が掲載されていない。この点については、早急な『明確化』が必要であると考えられる。