

年次大会ポスター発表紹介
最優秀ポスター賞

空气中ヨウ素モニタの高感度化
Highly Sensitive Airborne Radioiodine Monitor

名大院医¹, 中電², 富士電機³ ○緒方 良至¹, 山崎 直², 花房 龍治³
Nagoya Univ.¹, CEPCO², Fuji Electric³ ○Yoshimune Ogata¹, Tadashi Yamasaki², Ryuji Hanafusa³

はじめに

ヨウ素は、気化しやすく、また、甲状腺に集積するため、内部被曝が問題となる。代表的な放射性ヨウ素として ^{125}I , ^{129}I , ^{131}I があげられる。 ^{125}I は、臨床検査機関や RI 実験室で使用されている。 ^{131}I は、甲状腺治療に使用されているほか、原子炉事故の際、環境汚染を引き起こし問題となる。 ^{129}I は、原子炉から徐々に漏洩しているほか、再処理施設で環境中に放出されている。一方、放射性ヨウ素の気中濃度限度は他のガス状核種と比較して2桁ほど低い。このため「ガスモニタは連続測定を行うが、放射性ヨウ素の濃度限度付近の濃度は検出できないという致命的な能力の限界がある。」¹⁾と報告されている。安全管理のため、高感度のリアルタイム気中ヨウ素モニタの開発が切望されている。本研究では、高感度・リアルタイム気中放射性ヨウ素モニタ用検出器を設計・試作し、その基本性能を調査した。

方法

試作した検出部の構造を Fig.1 に示す。検出部は、①活性炭カラム、② well 型 NaI 検出器、③光電子増倍管 (Photo multiplier tube, PMT)、④遮蔽体 (鉛 4 cm + 銅 5 mm) で構成される。活性炭カラムは、直径 10 mm, 長さ 100 mm で、

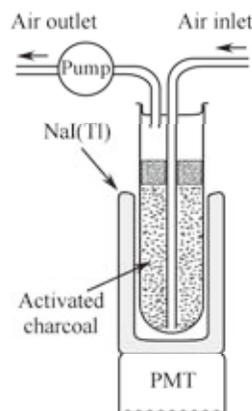


Fig.1 The basic configuration of the detecting arrangement.

活性炭を 4.6 g 充填した。空気をカラム下部から導入するようポンプで吸引した。NaI 検出器は、外径 35.5 mm, 長さ 57 mm で、well のサイズは、径 20 mm, 深さ 52 mm であった。

まず、検出器の計数効率、バックグラウンドおよびカラムのヨウ素捕集効率を求めた。活性炭カラムと同サイズのチューブに入れた ^{125}I 溶液を用いて計数効率 (正確には cps/Bq 換算係数) を求めた。

放射性ヨウ素の吸着率は、カラムを直列に2個接続し、双方のカラムに吸着した放射能から求めた。初段のカラムへ吸着した放射能を A_1

(Bq), 後段のカラムへ吸着した放射能を A_2 (Bq) とすると, カラムの捕集率 η は, 次式で計算できる。

$$\eta = 1 - \frac{A_2}{A_1} \quad (1)$$

また, この結果および通過空気量 V (cm^3) から空気中の ^{125}I 濃度 C (Bq cm^{-3}) は

$$C = \frac{A_1}{\eta V} \quad (2)$$

で求めることができる。

実験に用いた気体状の ^{125}I を含む空気は, 以下の方法で作製し, バルーンに溜めた。数 $100 \mu\text{L}$ の ^{125}I 水溶液を試料皿上に滴下し, 透明のプラスチック製密閉容器に入れた。この容器には, 2か所, チューブコネクタ口を設け, 一方を吸引ポンプを介して 100L のビニール製バルーンに接続し, もう一方を室内空気中に開放した。 ^{125}I 水溶液を入れた試料皿に, 容器外部から熱線を照射し, 気化した ^{125}I (I_2 gas) を空気とともにバルーンに導入した。検出器の作動試験は, この空気を用いて行った。

結果と考察

^{125}I 水溶液の計数効率, 試料高さに依存し, $50 \sim 85\%$ であった。カラムヨウ素ガスのカラムへの吸着率は 98% 以上であった。実験に用いたバルーンに溜められた空気中の ^{125}I 濃度は $3.5 \times 10^{-4} \text{ Bq cm}^{-3}$ と算出された。

バックグラウンドは, 前記の遮蔽状況で $2,569 \text{ c}/20,000 \text{ s} = 0.13 \text{ cps}$ であった。捕集率の測定では, 初段のカラムに $21.1 \pm 0.3 \text{ Bq}$, 後段では ND ($< 0.03 \text{ Bq}$) となり, 捕集率は $99.8 \pm 1.3\%$ となった。

Fig.2 に, バルーンに溜めた空気を吸引する実験での計数率の時間変化を示す。 ^{125}I 濃度は $3.5 \times 10^{-4} \text{ Bq cm}^{-3}$ であり, 1分ごとに計数が上

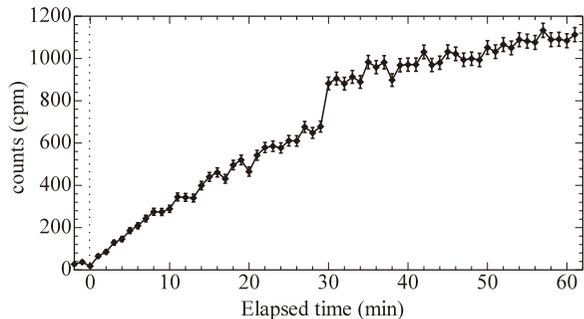


Fig.2 The change in count per minute.

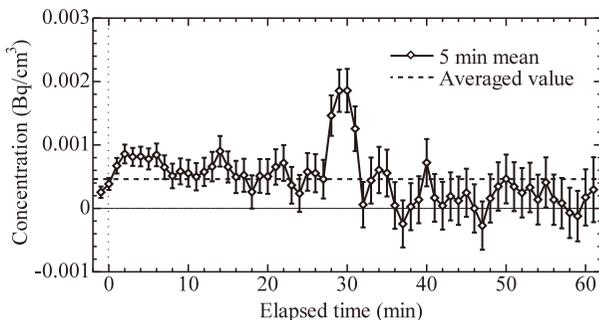


Fig.3 The ^{125}I concentration in the air measured by the system.

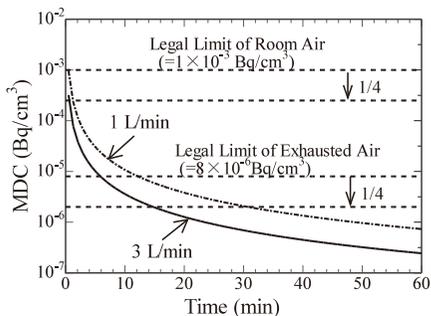


Fig.4 The minimum detectable concentration.

昇するのが見て取れる。Fig.3 に本検出器での結果を基に計算した濃度変化を示す。濃度は, 平均して $3.5 \times 10^{-4} \text{ Bq cm}^{-3}$ と評価された。

Fig.4 に検出下限濃度 (MDC) をプロットした。流速 3 L min^{-1} のとき 1分計測で MDC は

$1.1 \times 10^{-4} \text{ Bq cm}^{-3}$ 、(空气中濃度限度の約 10 分の 1)、15 分計測で $2 \times 10^{-6} \text{ Bq cm}^{-3}$ (排気中濃度限度の 4 分の 1) であった。より低い MDC は、検出系を最適化(検出器・カラムの形状、遮蔽材料とその厚さ)により実現できる。本検出器は、そのまま ^{129}I の測定に使用可能である。 ^{131}I に対しては、多少の改良が必要であるが、基本的には同じ方法で高感度化が可能である。

従来のヨウ素ガスモニタでは、活性炭カートリッジもしくは活性炭含浸ろ紙が検出器と対向して配置されている。この構造では、幾何学的効率は数%程度である。また、検出器が比較的大きく、十分な遮蔽が施されていない。このため、実験室内で、線源を持ってモニタの前を移動するだけで、“ヨウ素濃度が上昇する”とい

う現象も起こる。一方、本検出器の場合、幾何学的効率は 90% を超える。また、検出部を小さくすることが可能であり、このため、遮蔽が容易である。十分な遮蔽および薄型の検出器により、バックグラウンドを下げるのが可能となり、前述の計数効率の上昇との相乗効果で、検出感度従来の検出器の 100 倍程度まで向上させることができた。

高感度かつリアルタイムの気中放射性ヨウ素検出器が製作可能であることが分かった。

参考文献

- 1) 松田尚樹, 放射性ヨウ素の安全管理に関する技術指針(その2), 日本放射線安全管理学会誌, **8**, 162 (2009)

新刊

改訂9版

放射線障害の防止に関する法令 概説と要点

編集・発行 日本アイソトープ協会

【2012年11月発行】

A5判・177頁 定価 2,100円 会員割引価格 1,890円(消費税込)

放射線障害防止法関係法令の要点を項目ごとにまとめた解説書。放射線障害防止法関係法令の概要を正しく理解する手引書として、法令の全体像を俯瞰できるよう企画されています。改訂9版では放射線汚染物の確認制度が導入され、放射化物が放射線障害防止法の規制対象に追加された2012年4月施行の法改正に準拠し、本文中の解説から巻末の付表まで内容を刷新しました。巻末の付表では、規制体系の全体像をはじめ、おもな数値、基準等を表などにまとめており、放射線取扱主任者試験の課目「法令」の学習テキストにも好適です。法令集とともにご活用ください。



公益社団法人

日本アイソトープ協会

Japan Radioisotope Association

〒113-8941 東京都文京区本駒込 2-28-45

TEL (03) 5395-8082 FAX (03) 5395-8053

◆ご注文はインターネットまたはFAXにてお願いいたします。

JRIA Book Shop : <http://www.bookpark.ne.jp/jria>

BookPark サービス : FAX (03) 5227-2060

◆書店でご注文の際は「発売所 丸善出版」とお申し付け下さい。