

平成31年1月30日に発生したプルトニウム燃料第二開発室の管理区域内における汚染に係る報告に使用した空气中放射性物質濃度の評価結果等を含む、空気モニタ等による管理の考え方を以下に示す。

○法令の濃度限度と実際の空气中濃度の管理との関係

法令（線量告示）において管理区域内の空气中濃度については「放射線業務従事者の呼吸する空气中濃度」の限度（以下濃度限度）として「三月間における平均濃度」で核種ごとに規定されている。これに加えて、核燃料物質使用施設については毎週一回、一週間の平均濃度を記録することが求められている。

当研究所の核燃料物質使用施設では上記に従い一週間ごとの濃度測定を行い記録を作成するとともに、立入制限区域の設定基準については「核燃料物質使用施設放射線管理基準」において「1週間平均濃度が線量告示に定める濃度限度を超える区域」として管理期間を短く規定することで濃度限度をより確実に担保できるようにしている。

なお、空气中濃度の管理における「平均濃度」とは対象期間中の濃度の時間変動の平均を指すものであって、対象室内全体の空气中の濃度の平均を指すものではない。空气中濃度の試料採取場所は室内全体の空気汚染の発生を確実に検知する位置とすることが重要¹とされており、当研究所でもこの考え方を基本として空気モニタ及びエアスニファを設置している。

○空気モニタによる空气中濃度管理の考え方

空気モニタは対象区域内の空气中濃度を測定対象室以外の場所（放射線管理室等）で監視し、漏えい等の異常の早期発見及び作業者の退避等に資することを目的として設置している。空気モニタに設置した集じん用のろ紙はエアスニファろ紙と同様に1週間ごとに回収し、通常はラドン子孫核種の減衰を待って測定する。このろ紙の測定結果に基づき評価した1週間ごとの空气中放射性物質濃度を放射線管理記録として管理する。

空気モニタの警報は立入制限区域の設定基準の1/10に相当する値（計数率で表示）で設定している。警報設定レベルを大きく上回る空気汚染が発生した場合でも、警報吹鳴によりすぐに立入制限等の対策を講じるため、三月間の平均濃度で規定されている法令の限度を超えるおそれは極めて低い。濃度限度、立入区域設定基準及び警報設定値の値を表-1にまとめる。

¹ 例えば、公益社団法人日本作業環境測定協会刊「作業環境測定ガイドブック2 電離放射線関係」第3版には「(1)ゼネラルサンプリング（室内全体空気のサンプリング） 放射性物質取扱室全体の空気汚染の検出を目的とし、空気汚染発生源の位置を確認するためのものではない。試料採取箇所は、空気汚染の発生を確実に検出できる位置とし、例えば、室内の換気用排気口付近や作業場所の風下とする。」と記載されている。

表-1 空气中濃度管理に係る数値等

	濃度 [Bq/cm ³]	濃度管理の期間
放射線業務従事者の呼吸する 空气中濃度限度 (法令)	$7 \times 10^{-7} *$	3 か月平均濃度
立入制限区域の設定基準 (核サ使用施設放管基準)	7×10^{-7}	1 週間平均濃度
空気モニタの警報設定 (放射線管理第 1 課の課内文書)	7×10^{-8}	1 週間平均濃度

* 管理上の主要核種として設定した Pu-238 (不溶性の酸化物以外の化合物) の値

○空气中放射性物質濃度の算出方法 (計算過程)

以下に空気モニタの指示値及びろ紙測定値からの濃度の計算過程を、今回最も高い指示値となったα線用空気モニタ (α-8) の値を例に述べる。なお、汚染が発生した日に回収したろ紙は、定常放射線管理の一環で平成 31 年 1 月 25 日に交換したものであり、集じん期間は 5 日間である。しかし、汚染発生により同室については保安規定に基づき立入制限区域として設定したことから、それ以後放射線業務従事者がその空気を呼吸することはない。このため、放射線業務従事者の呼吸する空気の濃度として定められた基準値と同様、1 週間平均濃度として評価した。

① α線用空気モニタ (α-8) の半導体検出器からの指示値をもとにした計算

総計数率	3.1×10^3 [cpm]	平成 31 年 1 月 30 日 14 時 50 分頃のモニタ計数率
バックグラウンド計数率	60 [cpm]	空気汚染がない時のモニタ計数率 (自然放射能の影響を含む)
計数効率	10 [%]	単位放射能当たりのモニタ計数率の比
サンプリング流量率	5.5×10^4 [cm ³ /min]	
積算時間	10,080 [min]	一週間平均濃度を算出するための積算時間 (60(min/h)×24(h/d)×7(d/w))

空气中放射性物質の平均濃度

$$\begin{aligned}
 &= (\text{総計数率} - \text{バックグラウンド計数率}) / (\text{cps を cpm に換算する係数}) \\
 &\quad \times (1 / \text{計数効率}) \times \{1 / (\text{サンプリング流量率} \times \text{積算時間})\} \\
 &= (3.1 \times 10^3 \text{ [cpm]} - 60 \text{ [cpm]}) / 60 \text{ [cpm/cps]} \\
 &\quad \times (1 / 0.1 \text{ [cps/Bq]}) \times \{1 / (5.5 \times 10^4 \text{ [cm}^3/\text{min}] \times 10,080 \text{ [min]})\} \\
 &= \underline{9.1 \times 10^{-7} \text{ [Bq/cm}^3\text{]}}
 \end{aligned}$$

② α線用空気モニタ (α-8) から回収したろ紙を放射能測定装置 (ZnS シンチレーション検出器) で測定した値をもとにした計算

総計数率	6,898 [cpm]	放射能測定装置による測定値
バックグラウンド計数率	0.5 [cpm]	放射能測定装置のバックグラウンド計数
計数効率	22.5 [%]	単位放射能当たりの放射能測定装置計数率の比

減弱補正	1.3	汚染拡大防止のため、ろ紙を養生する薄膜シートによる減弱の影響を補正する値
サンプリング流量率	5.5×10^4 [cm ³ /min]	
積算時間	10,080 [min]	一週間平均濃度を算出するための積算時間 (60(min/h)×24(h/d)×7(d/w))

空气中放射性物質濃度

$$\begin{aligned}
 &= (\text{総計数率} \times \text{減弱補正} - \text{バックグラウンド計数率}) / (\text{cps を cpm に換算する係数}) \\
 &\quad \times (1 / \text{計数効率}) \times \{1 / (\text{サンプリング流量率} \times \text{積算時間})\} \\
 &= (6,898 [\text{cpm}] \times 1.3 - 0.5 [\text{cpm}]) / 60 [\text{cpm/cps}] \\
 &\quad \times (1 / 0.225 [\text{cps/Bq}]) \times \{1 / (5.5 \times 10^4 [\text{cm}^3/\text{min}] \times 10,080 [\text{min}])\} \\
 &= \underline{1.2 \times 10^{-6} [\text{Bq/cm}^3]}
 \end{aligned}$$

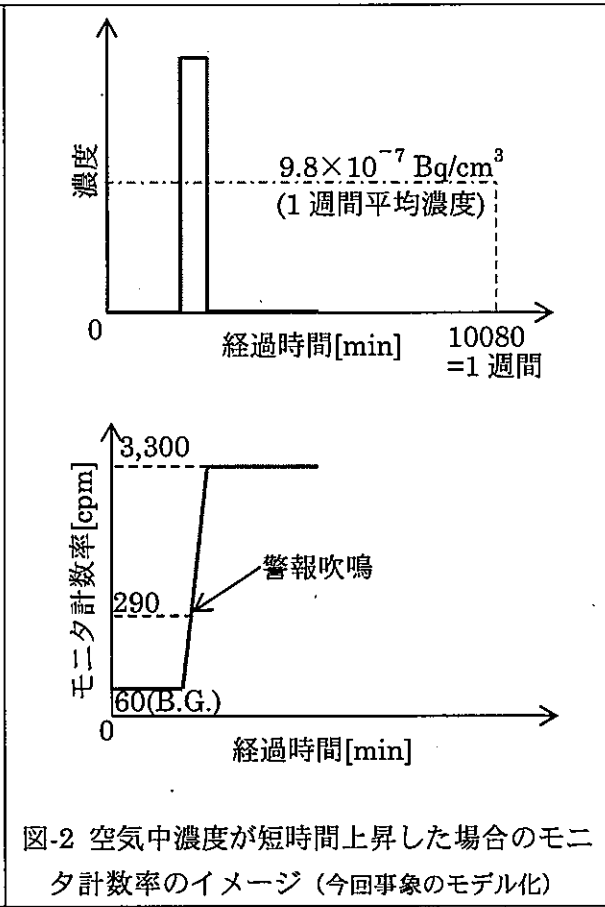
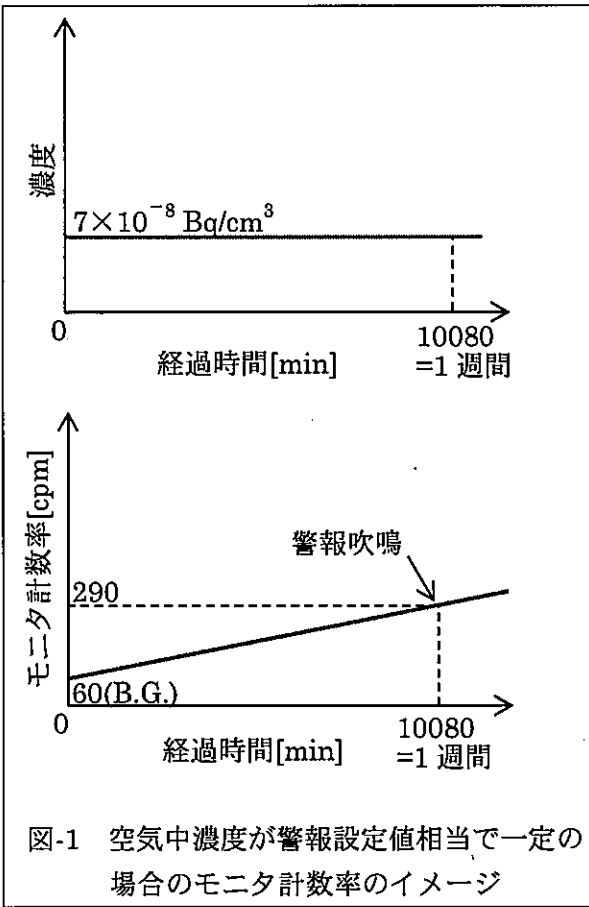
②の結果（ろ紙を放射能測定装置で測定した値からの評価値）が①の結果（モニタの半導体検出器からの指示値からの評価値）より高い理由として考えられる可能性としては以下2点が挙げられるが、いずれも特定は困難である。また過小評価を避ける観点からも、値を補正することはせずこの値を記録する。

- ・ろ紙回収時、モニタの構造物（ろ紙フォルダ等）に付着していた汚染が、ろ紙に移行した。（ろ紙交換後も、モニタ指示値が通常値に戻らなかったことから、モニタの構造物に汚染が付着していると推測される。）
- ・放射線状況把握のため放管員が入室したことにより、床面などに付着した汚染が空气中に再浮遊し、ろ紙に捕集された。（ろ紙交換後、モニタ指示値が若干経時的に上昇したことも当該エリアに汚染が再浮遊していたことを裏付けていると考える。）

○空气中放射性物質濃度の時間変動とモニタの計数率の関係について

仮に1週間にわたって立入制限区域の設定基準の $1/10$ (7×10^{-8} Bq/cm³)の空气中濃度が継続した場合の空气中モニタの指示値は、図-1のとおり1週間で警報設定値 (α -8の場合: 290 cpm) に到達する。今回の汚染発生時は、おおむねモニタ計数率が上昇開始から1時間程度で一定 (約 3,100 cpm) になっている。これを簡易的に表現すると図-2のようになる。空气中濃度は一時的に高くなるが、その後ほぼ0となり、モニタ計数率は一定となる。この状況において、1週間平均濃度を算出すると、前項の通り 9.1×10^{-7} Bq/cm³ となる。

なお、 α 線用空気モニタ (α -8) の警報設定値 290 cpm は、立入制限区域の設定基準の $1/10$ に相当するモニタ正味計数率 230 cpm にバックグラウンド (B.G.) 計数率 60 cpm を加えた値である。



以上