

放射線・放射性物質等に係る事故事例について

山元 真一*¹ 滝 剣朗*² 飯本 武志*²
Yamamoto Shinichi Taki Kenrou Iimoto Takeshi

1. はじめに

放射性同位元素、核燃料物質、放射線・X線発生装置等（以下、「放射線・放射性物質等」という）はその特徴を活かし、医療、工業、研究、農業など多岐に渡って利用されている。一方で、事故等が生じた場合、放射線障害の発生、公衆への健康被害、環境汚染等を引き起こす可能性がある。また、特に我が国においては「放射線」や「被ばく」という言葉が与える印象は大きく、軽微な事象でも社会への影響は大きい。そのため、正しい使用方法を遵守し、安全を確保することは非常に重要となる。放射線の取扱いにおいては、放射線測定や遮蔽、被ばくといった放射線特有の知識、管理技術が必要な側面があるものの、一方で多くの注意事項や事故要因は放射線以外のもの（化学薬品、生物試料、高圧ガス、レーザー、火薬 etc…）と共通している。

本稿では、まず放射性同位元素（以下、「RI」という）、核燃料物質、放射線・X線発生装置が主どのような法体系で規制されているのか纏め、次にそれぞれの物質／装置の取扱いで多く見られる事故事例を紹介し、その原因、再発防止策等を考察する。ここで紹介する事故事例の原因、防止策は放射線・放射性物質等に限ったことではなく、他の有害因子を用いた実験等と共通していることであり、今後の安全確保、事故防止策の参考にしていただければと思う。

2. 放射線の取扱いに関わる法令

まず、取り扱う物質／装置の種類により、以下の①～③に分けて法令が整備されている。

①「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」（以下、「障防法」という）で定められる RI 及び放射線発生装置

障防法により規制を受ける。障防法はその名の通り、放射線障害を防止することにより公共の安全を確保するための法律であり、取扱い方法や放射線施設、設備に必要な基準等が定められている。また、対象物が放射性医薬品や医療機器に該当する場合は、別途「医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律」（以下、「医薬品医療機器等法」という）も適用される。

②核燃料物質

「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下、「炉規法」という）により規制を受ける。炉規法は障防法と同様に放射線障害を防止することも目的の1つであるが、事故・災害の発生及び拡大の防止がより重要視され、またテロ等の犯罪行為からの防護も想定した管理の達成を目的としている。更に、核燃料物質は「国際規制物資」（以下、「国規物」という）としての側面も併せ持っている。国規物は国際的な保障措置協定、二国間原子力協力協定等で定められた物質・設備・資材であり、対象物が核兵器等に転用されていないことを確実に担保するため、対象物の量を厳密に管理し、国に報告することが要求されている。国規物としての具体的な規制についても炉規法の中で定められている。

③X線発生装置を含む①以外の放射線発生装置

③のみを対象とした規制法令はない。ただし、①と同様に対象装置が医療機器に該当する場合は、医薬品医療機器等法が適用される。

更に、労働者の安全と健康を確保する観点から、労働安全衛生法に基づき、「電離放射線障害防止規

則」(以下、「電離則」という)が定められている。電離則は電離放射線(α 線, 重陽子線, 陽子線, β 線, 電子線, 中性子線, γ 線, X線)を取り扱う労働者の被ばくを低減するための規則であり, 上記①~③の全てに適用される。電離則は障防法や炉規法と重複する事項が多いが, 例えば健康診断の項目など要求が異なる事項もあるため, それぞれの法律, 規制内容を十分理解して管理することが必要となる。

3. 事故事例

3.1. RIの紛失及び不適切な廃棄

いつのまにかRIを紛失していた事例や, 無意識に誤って廃棄してしまっていた事例は多く報告されている。密封線源の場合, 特に多い事例は下限数量(平成17年以前は全核種一律3.7 MBq, 以降は核種及び化学形ごとにより値が決められている)以下の密封線源の紛失, 廃棄である。不要となり処分する場合は下限数量を超える密封線源と同様に販売元への引き渡しを望ましいが, 管理区域外への持ち出しや帳簿の記帳等の規制から除外されるため, 次第にRIとしての認識が欠如してしまい, 紛失や不法な廃棄につながりやすい。特に, 液体シンチレーションカウンタやエリアモニタ等の放射線測定装置の中には, 内部校正等のため装置内に下限数量以下の密封線源が組み込まれている装置があり, 密封線源に気付かず, 装置ごと廃棄してしまう事例が見られるため注意が必要である。

非密封RIの場合, 特に微量のRIを使用する実験において, RIを含む実験試料や廃液を一般区域へ持ち出し, 紛失や誤廃棄する事例が見られる。非密封RIは, 微量であってもRIとしての認識が欠如しないよう管理しなければならない。RIの廃棄については, 関係法令, 各事業所の許認可内容, 予防規程等を遵守した方法で行い, 不明な点がある場合には必ず放射線取扱主任者や管理者, 製造・販売元等に確認してから実施する必要がある。

3.2. RI密封線源又は非密封RI保管容器の破損

RI密封線源又は非密封RIを保管する容器等を破損させてしまう事例は度々報告されており, このうち意図せず破損させて破損に気付かない事例も多い。この場合, RIの漏洩により, RIの吸入による

内部被ばくや衣類・体表面への汚染, 放射線施設内外への汚染拡大などの事故につながる可能性がある。

RI密封線源のカプセルなどはステンレス鋼のような強固なものから, 一部が薄膜になっているものなど, 用途により様々な種類がある。密封線源を使用する場合は, その物理的強度を考慮した上で定められた使用方法を遵守することは当然であるが, 特に使用前後に密封線源の健全性を確認することが重要である。可能な限り放射線測定器等を使用して確認することが望ましいが, 最低限, 外観に異常がないかの確認をする必要がある。

また, 非密封RIの保管容器等についても様々な種類があり, 収納するRIの種類や数量, 耐用年数等を考慮して適切な容器を選択する必要がある。特に長期間非密封RIを保管していた容器等が「いつのまにか」破損し, 保管していたRIが漏洩していたという事故が見られる。多くの事業所で定められている定期点検や保管状況を勘案した点検を, 形態化させず適正に行うことでこれらの事故を防ぐことができる。

3.3. RI, 核燃料物質の湧き出し

過去に使用を終了し, 管理されてこなかったRIや核燃料物質が発見される事例も多く報告されている。特に数十年前の古いものが発見されることが多い傾向にある。この原因としては不適切な保管場所の変更や, 一般区域へ持ち出し, 時間の経過等により管理対象から外れてしまうことも原因の1つであるが, 担当者らの引継ぎが十分行われないことに起因することが多い。つまり, 引継ぎが不十分, 又は引継ぎ自体が行われないため, 管理下から外れた状態になってしまう。この事例では, 後々になって部屋の整理等を行う際に偶発的に発見されて初めて発覚するため, 現在の管理者や事業所に対して大きな負担となることはもちろん, 被ばく事故や公共への汚染拡大に直結する可能性のある事例であり, 担当者らが代わる場合は, 管理レベルが維持できるよう十分留意して物, 情報, 管理業務等の引継ぎを行わなければならない。

3.4. 放射線発生装置, 放射線照射装置による被ばく

放射線発生装置, 放射線照射装置による被ばく事

故としてよく報告される事例は、使用室等の中に人がいることに気付かず装置を運転させてしまう、又は放射線が照射されていることに気付かず使用室等に入ってしまう事故である。これらの事故は大量な被ばく事故に直結するため、十分な安全対策により防止しなければならない。インターロックや警報等のハード面の充実や、装置運転者や作業者の間で十分意思疎通を行い誤って立ち入らないような運用を行う必要がある。しかしその一方で、人や機器が常に正しく行動、作動するとは限らないという意識を持つことも重要である。重大な事故に直結する事例に対しては、「人はミスを犯すもの」、「機械は故障／機能しないことがある」という意識を持ち、事故発生リスクを0に近づけられるよう、ヒューマンエラーや機器の誤作動に対して二重、三重の安全対策を取った管理体制、設備を確立することが肝要である。

3.5. X線発生装置による被ばく

X線発生装置は構造解析や分析機器など使用目的により様々な型式の装置が存在する。安全性の観点からは、特に安全装置の有無及びその種類が重要となるが、事故の多くはX線の照射中に装置を開けられる型式で発生している。具体的には、X線の照射中に気づかず装置を開け、試料の設置や照射位置の調整を行った際に、手や目、頭部を被ばくする事故である。この事故の防止策としてまず、装置の開閉と連動したインターロック、体を入れられないようにする防護板、X線の発生と連動した警報の設置等のハード面の対策を行い、その上で安全な作業手順の確立と実施、防護具の着用等のソフト面の対策を行う必要がある。特にX線発生装置のように同じ作業を繰り返す作業では、日常的に装置を使用していることからくる気の緩みや作業手順の無視などが起こりやすいため、作業手順等が遵守されるよう教育や周知を十分留意して行う必要がある。

3.6. 放射線・放射性物質等以外の危険因子について

安全管理を考える上では当然、放射線・放射性物質等以外の危険因子にも注意を払う必要がある。特に放射線・放射性物質等を扱う施設では安全意識がそれらに集中し、他の危険因子に対する意識が薄れがちになる。放射線・放射性物質を扱う施設であっ

ても、その他の施設であっても、放射線以外の危険因子の取扱いは基本的には同じである。発火物や可燃物等の火災につながる物品や化学薬品が放置、煩雑に置かれていることはないか？遮蔽体等の重量物の転倒防止や運搬時の落下防止対策はとられているか？また、RIや核燃料物質も1つの化学物質であり、化学毒性にも留意しなければならず、液体シンチレータ廃液も大量に保管していれば消防法や自治体の条例で定める危険物に該当する場合もある。このように安全を考える上では、「被ばく」だけにとらわれず、放射線・放射性物質以外の危険因子にも注意を払い、広い視野で安全対策に取り組む必要がある。

4. 放射線・放射性物質等の安全な取扱いと安全文化

本稿では、放射線・放射性物質等を扱う場合によく見られる事故事例や危険因子について紹介したが、ここで紹介している事故は放射線に関する高度な知識がないと防げない事故ばかりではなく、それ以外の危険因子の取扱いと同様に、安全確保のための意識を持ち、ごく一般的な留意事項を守ることで防げる事故も多い。具体的な事故防止策等は、放射線・放射性物質等に関係のない他の分野での対応が大いに参考となる。

さかのほれば1999年の(株)JCOの臨界事故は、日本で初めて被ばくによる死亡者を出した重大な事故であった。事故の原因は、安全性を考慮した正規のマニュアルではなく、効率を重視した裏マニュアルに沿って日常的に作業を行い、更に効率を重視して裏マニュアルからも逸脱した作業を行ったことである。これほどの重大な事故においても、原因はここで紹介した事故事例と同様に、安全意識や決められた作業を守るという基本的な姿勢の欠如にあった。「面倒だから」、「こっちの方が早い」、「勿体ない」と効率だけを考えた作業を選択したり、「指示された」、「周りの人がやっている」、「昔から行われてきた」と安全性を確認しないまま作業を行ったりしてはいないか？いかなる場合においても安全が最も優先され、安全への意識を持ち、安全確保のための行動が求められる。

2015年5月に原子力規制委員会から、安全を認識して、継続的に安全を達成するために「原子力安全文化に関する宣言」が出されており、8つの行動

指針が示されている。この宣言の中で安全最優先の原則や経営層に要求される姿勢等が示されているが、使用者らに対しても、100%の安全はないという認識や安全に対して常に問いかける姿勢、安全に関する課題に対して最悪の状態を考慮した迅速な行動の必要性が示された。このような認識、姿勢、行動は、放射線・放射性物質等の分野においても、それ以外の分野においても安全を確保する上で必要不可欠であり、本稿を自らの取り組む姿勢や業務、実験内容を見直すきっかけにしていきたい。

最後に、安全確保は1人で達成できるものではなく、関係者全員が協力し、相互に安全に対する意識を高め、継続的に活動する（＝安全文化を醸成する）ことで初めて達成できるものである。管理者と使用者、又は使用者同士が安全確保に向けて同じ目線で互いに尊重し、協力した行動をとることが肝要であることも忘れてはならない。

参考文献

- 1) THE UNIVERSITY OF TOKYO 環境安全 No.151, 東京大学環境安全研究センター (2016)
- 2) 事故防止と緊急時対応の手引 - 放射性同位元素等使用事業所のために -, 放射線障害防止中央協議会 (1989)
- 3) 3版 放射線安全管理の実際, 日本アイソトープ協会 (2013)
- 4) Yamaoka Y., *RADIOISOTOPES*, **19 (10)**, 482-487 (1970)
- 5) JIS Z 4821-1 密封放射線源 - 第1部: 一般要求事項及び等級
- 6) 石橋明, 事故は、なぜ繰り返されるのか - ヒューマンファクターの分析 -, 中央労働災害防止協会 (2006)

(※1 日本アイソトープ協会

※2 東京大学)