

業者数も 1000 社以上のため放射性物質を検出できるシステムを整備するは困難が予想される。そのため、最終需要所となる電気炉メーカーのゲートで混入防止ため放射性物質の検出モニタが重要である。

また、一部の電気炉メーカーでは医療用廃棄物を金属スクラップ用の電気炉を用いて溶融処理することが実施されており、最近、電気炉メーカーのゲートモニタから金属スクラップ以外の医療用廃棄物中に放射性物質が混入された問題が散見された。この医療用廃棄物中の問題は、金属スクラップへの放射性物質の混入防止システムを徹底する上でも重要な課題である。

2-4 医療用廃棄物中の問題

医療用廃棄物中には、核医学診療として Tc-99m 等の放射性医薬品を投与した患者の排泄物が付着したオムツ等が混入する可能性がある。これらのオムツ等には、糞尿中に放射性物質が含まれており、放射線測定器で測定することにより自然放射線レベルと比べて有意に高い放射線が検出される場合がある。検出される放射線レベルは投与した放射性医薬品が、Tc-99m であれば 60 時間後には 1/1000 以下に減衰しており、電気炉で熔解処理されても、放射線レベルは無視出来るレベルに減衰される。しかし、これらの医療用廃棄物中への混入により、ゲートモニタでの放射性物質の検出増加が懸念され、さらには医療用放射性物質の安全管理に対する不安と不信が増長される恐れがある。

また、医療廃棄物を取扱う業者は廃棄物処理及び清掃に関する法律に基づき、集荷する廃棄物に放射性物質が検出された場合は、放射性物質及びこれらによって汚染された物が、混入している廃棄物を集荷対象から除外することが定められている。さらに、最近の廃棄物処理法の改正に伴い排出者責任の強化が実施されたことで、発生元である病院における混入防止対応が重要である。そのため、関連学会・団体により 2001 年 6 月に自主的な放射性医薬品を投与された患者のオムツ等の取扱いについてのガイドラインとマニュアルを作成し、核医学関連施設に対して混入防止対策の周知徹底を実施している。しかし、ある病院において、医療用廃棄物の放射性物質混入の状況を測定した結果、一部の医療用廃棄物から管理区域より退出した核医学投与患者からの紙オムツ等から有意な放射線が検出される状況もあり、合理的な安全管理レベルを整備する必要がある。

なお、廃棄物処理法では、廃棄物を排出される病院等の排出事業者は、自ら廃棄物を適正に処理することが定められており、許可を受けた処理業者に委託して処理することができる。これらの医療用廃棄物処理業者は、社団法人全国産業廃棄物連合会において感染性廃棄物処理自主基準や医療廃棄物適正処理推進プログラムで、廃棄物を安全かつ適正に処理するために育成している。しかし、医療用廃棄物処理の委託業者は、小規模の零細処理業者が多く放射線に関する十分な知識と技術を徹底することは困難であり、排出者責任である病院側の安全管理が重要である。

2-5 身元不明線源の問題

身元不明線源は、IAEA では Orphan Sources の名称で、直訳するとみなしご線源で

あり、沸きだし線源と言われる場合もある。なお、これらの線源は、IAEAでは放射線安全管理規制から過去にも管理対象を受けていない線源として、わが国では多くは1950年代以前のRa-226が相当する。さらに、過去には放射線安全管理規制による管理を受けていたが、紛失や模擬線源と誤って持ち出された線源や、盗難あるいは不当に処分された線源などである。わが国では前者の紛失線源の事例は散見するが、後者の事例は少なく外国では盗難や不当に処分された線源により、多くの被ばくと死亡事例がある。しかし、Ra-226など身元不明線源の発見後の対応によっては、発見者からの適正な連絡やさらに不当に処分される状況も懸念されるため、有効かつ柔軟な対応を整備する必要がある。

現在、これらの身元不明線源の多くは、金属スクラップのゲートモニタや放射線施設の放射線監視モニタ等で検出され、その線源の存在が確認される。そのため、現行の放射線安全管理規制下でない、一般区域として放射線安全管理の知識と技術のない状況で放射性物質が発見される。そのため、身元不明線源の発見後の対応が重要である。この場合は、速やかに人の被ばくを避けて線源を安全な場所に保管し、しかるべき関係機関への連絡体制が有効に機能する必要がある。特に、身元不明線源が自主的な回収促進できるシステムとして、発見者からの連絡に対して、放射線安全管理上の技術的な援助や法的な相談、線源回収等の経費的な対応が整備されることが重要である。

3. 放射線事故・異常事例からの教訓

3-1 放射線事故

医療施設における放射線事故により、重篤な放射線障害者や死亡者が発生する場合の多くは、ICRP勧告やIAEA報告に示すとおり放射線治療患者への過剰照射である。特にその要因の多くが線量測定評価の誤認であり、最近でも1996年にコスタリカの病院でCo-60遠隔放射線治療装置を用いて、60%程度の過剰照射を115名の患者に行い、明らかに過剰照射のため13名が死亡した。また、同様な過剰照射は2001年5月にパナマの病院でもCo-60遠隔放射線治療装置を用いて、2倍近い過剰照射を28名の患者に行い、明らかに過剰照射のため少なくとも5名が死亡している。わが国でも2001年4月に密封線源ではないが、T病院で診療用高エネルギー発生装置を用いて、35名の患者に対して35%の過剰照射が行われ、過剰照射による障害が懸念される症例の患者が8名発生した。そのため、諸外国では1945年から2000年までに主な放射線被ばく事故の154件中に、密封線源が最も多く83件の被ばく事故が発生し、439名が0.25Sv以上の全身被ばくまたは6Sv以上の局所被ばくと52名の死亡がある。

また、わが国では放射線障害防止法の事故届によると、1958年から2000年の43年間に131件の事故届がある。この内51件が医療機関であり、この事故届の大半は密封小線源の紛失が38件で大半を占めている。また、38件の線源紛失となった放射線源の放射性核種は、Ra-226が24件、Co-60が8件で全体の85%を占めており、紛失線源の事故時の数量は、0.1GBq以下が14件と1GBq以下の線源が全体の9割近く占めている。そのため、実際に放

放射線障害が生じた事例としては、治療用 Co-60 密封線源 (37GBq) を模擬線源と誤認し、医師が直接手に持って軽い皮膚障害が生じた事故が 1 件ある。

3-2 最近の異常事例

最近の医療機関で密封線源の事故・異常事例として報道されただけでも 12 件あり、7 件が未許可線源の所持 (身元不明線源またはいわゆる沸き出し線源) と線源の紛失が 4 件であり、1 件が屑鉄業者からの発見である。5)

特に、Y 病院では職員の一般住居である実家の納屋に、戦前からの Ra-226 線源 (推定 74MBq) を未許可で所持していたことや、K 市内の元個人病院長宅の 2 階物置に球形の鉛容器に、Ra-226 が既に 25 年以上経過して一般住居場所に放置されていた事例がある。また、Q 病院では、非管理区域の皮膚科婦長室から Ra-226 (推定 74MBq) を未許可で所持や、O 病院でも、放射性医薬品貯蔵室から Sr-90 を未許可で所持し、T 病院ではラジウム保管室から昭和 30 年年代後半に、他の医療機関から持ち込まれたと考えられる Ra-226 (2 個) を未許可で所持していた。同様に N 病院でも、非管理区域の倉庫内の保管庫から Ra-226 (185MBq/個) 10 個を未許可で所持しており、T 病院で RI 貯蔵箱から Co-60 の管 3 本と平板 1 個を未許可で所持していた。さらに O 病院ではカルテが置かれている一般区域である倉庫において、一部カルテが Ra-226 で汚染されていた事例がある。この様に最近の医療用放射性物質の異常事例では身元不明線源の問題が多発しており、Ra-226 の古い製造線源では密封線源容器の健全性が懸念され、Ra-226 の徹底した線源回収を早急に確立する必要がある。

4. 医療用線源と国民の安全

4-1 医療用放射性物質の特徴

医療で用いられる放射性物質の特徴は、医療行為として、放射線治療と放射線診断の目的で意図的に放射線を患者に対して、直接照射し外部被ばくを行う。または、放射性医薬品である放射性物質を体内に投与し、内部被ばくを行うことである。医療における放射性物質の安全管理は、これらの患者を中心とした医療行為に関連した対応が必要である。また、医療における放射線安全管理の目的は、患者にとって必要な放射線診療を不当に制限することなく、放射線診療に係わるすべての「人」の安全を科学的な根拠をもって、合理的に管理することである。具体的には、線源は患者に挿入あるいは侵入され、放射性医薬品として投与される。そのため、線源は場合によっては、患者の生活範囲と共に移動し、線源管理は、人の人権と医療行為としての患者を中心とした線源管理サイクルの確立が重要である。

4-2 新しい概念の防護対策

ICRP は放射線防護体系として、現在、放射線被ばくを引き起こす行為によって生じるリスクと、介入によるリスクの減少を行う行為と介入により、線量限度を制御可能な限定範囲内の線源や環境条件に対して適用している。しかし、この線量限度はたびたび安全

と危険の境界を意味するものと誤解されており、放射線事故や異常事態が発生すると、公衆に対する線量限度と被ばく線量が大きな混乱を引き起こし、不安の原因ともなっている。

I C R Pは 21 世紀における防護哲学として、新たな防護体系の展開を進めている。6) その提案は、集団線量と費用便益分析による防護から、個人を重視する。現在、個人の受ける線量は自然放射線レベルの 1/10 程度であり、世界の多くの国々では自然放射線レベルの 1/100 以下の場合、法規制から免除している。このような実状を考慮して個人の受ける被ばく線量を自然放射線レベルと比較して 1/100 以下であればとるにたらない被ばく線量として、防護対策は不要とする。さらに自然放射線レベルの 1/1000 以下では無視できる被ばく線量であり、I C R Pの防護体系から除外する等のクリアランスレベル、介入免除レベル、除外レベル等の諸防護対策の導入が検討している。6) わが国の医療用放射性物質の密封小線源や、放射性医薬品の短半減期核種及び放射線事故・異常時等の対応には、これらの新しい防護概念は、合理的であり期待される。

また、理解されやすい防護体系として、自然放射線レベルでの基準は、日常生活において放射線の被ばくを認識していない公衆に対しては説明しやすいと考える。

特に、わが国の密封小線源事故の大半は、被ばく線量は少なく、事故評価のレベルについて、ヒアリ・ハット事例を含め、過去における医療施設での放射線事故・異常事例の調査を行い、原因究明、事故評価、事故防止対策等の検討を整理することにより、介入免除レベル等の放射線事故に伴う評価基準と対策レベルを公表する際にも、有効な概念と期待される。

4-3 国民の理解と安心

身元不明線源が、何からの状況により一般区域で発見された場合、発見者がどこに連絡するか。また連絡を受けた者が同様な対応を行うかによって、その後の対応は大きく異なる。多くの場合は放射線事故として、マスメディアの新聞報道やテレビ放映の影響力は、計り知れないものがある。特に、放射線トラブルに関する報道は、国民が放射線に対して予想以上の危険性を抱き放射線不安は高まる。このことは、茨城県東海村 JCO 臨界事故報道等でも多くの風評被害で経験したことである。そのため、放射線診療に対する社会的信頼が大きく失われてしまう。また、いったん事故報道が行われると、関係者の多大な労力と経済的損失及び放射線安全管理者の心労は、計り知れないものとなり、風評も伴い莫大な間接的損失となる。また、最近の医療事故に対する国民感情も患者意識の変化によって、国民の望む安全と安心に対応すべき国民の視点に立った安全管理が重要である。

なお、医療用の身元不明線源が発見の際に、放射線に対する十分な対応が出来ない場合は、放射性物質らしき物を発見した時の相談先として、保健所、警察署、消防署、地方自治体等が想定される。そのため、これらの機関の担当者が放射線に対する正しい認識と初期対応マニュアルが必要である。また、放射線関連施設や放射線専門機関が積極的に援助できる放射線安全対策ネットワークシステムが重要である。また、日頃からの放射線安全管理を徹底し、万一の事故発生に備え放射線事故防止の意識を高揚し、国民への適正な放

射線事故に対する理解を促進することが重要である。

D. 考察

1. 線源の安全管理基準

1-1 線源の紛失防止対策

密封された小線源の紛失防止対策は、線源確認であり定期的にまた線源の出入庫の際には、線源の数量・破損等を確認して貯蔵・保管する。また、線源の確認方法としては、目視検査、放射線測定器により確認し、記録簿に記入し、この際の確認者は複数によるダブル・チェックを行うことで誤認がさらに減少できる。特に模擬線源であることを明確に分別して保管することで誤認が防止できる。なお、現在保管中の線源で、日常の診療において使用せず、今後も使用する予定のない線源については、速やかに廃棄の業の許可を受けた日本アイソトープ協会に譲渡することが、紛失防止の上で最も望ましい方法である。

なお、線源が紛失された場合の搜索は、線源の紛失状況によって異なるが、診療用放射線照射器具記録簿等の記載状況を確認し、線源の取扱い関係者及び確認者から紛失状況を聴取する。搜索は病院内が予想される場合は、放射線測定器を用いて放射線管理区域内の貯蔵室、治療病室、廃棄保管庫、トイレ、排水設備等をサーベイする。また、患者に挿入あるいは付着された状態で、一般病室や患者の居宅に移行した可能性のある場合には、患者の衣服や病室及び病院内のゴミ、下水等をサーベイする。なお、患者が帰宅した場合は、患者の居宅を中心にゴミ処理施設や下水処理施設など広範囲なサーベイが必要であり、原則的には、紛失した線源が発見されるまで搜索することが必要である。

1-2 R a-226 の回収促進

R a-226 は、医療機関の密封小線源利用施設を代表する核種として、1970 年前までは 8 割以上使用されてきた。その後、ICRP 勧告等で R a-226 は、密封線源の中でおそらく最大の潜在的危険を有するであり、線源廃棄が強く勧告されている。なお、医療施設で R a-226 線源を保有し続けるかぎりには、施設管理者は R a-226 の容器に標識と核種や数量及び保有責任者等が、容易に確認できるように永久的なラベルを張り付ける。また、定期的に R a-226 の確認と線源容器の健全性の試験等を行い、その記録を保管する必要がある。なお、最近の密封線源の問題でも R a-226 の保管上の問題が多く、身元不明線源として、一般区域や金属スクラップから発見されている。この様な R a-226 はまだ数百個以上が身元不明線源として存在している可能性が高く、これに関連して関係機関や医師会においても速やかに廃棄するなどの適切な措置が提示されている。R a-226 の回収を促進するためには、行政機関と専門団体及びマスメディア等の協力が必要である。

1-3 線源のコード化

線源容器には、標識や核種と数量の表示が定めている。さらに、全ての密封線源に対して、共通の線源コードを刻印または、認識票を取り付けることを提案する。この線源コード番号は、例えば日本アイソトープ協会において中央登録を行い、線源の核種と数量、形

状、製造元、購入先、使用保管場所、廃棄等について、線源コード番号を識別することで、現在の線源の保管状態と、その線源の履歴等が判明できるIT化に対応した線源コードを作成し、線源管理サイクルを構築することが重要である。

2. 安全教育

2-1 教育プログラム

放射線事故の再発防止活動の本質は教育活動にある。放射線管理者、医師、技師、看護師等のそれぞれの立場に対応した、放射線安全の教育訓練が必要である。なお、教育訓練には、予想される事故に対応したいくつかのシナリオによる疑似事故を準備して、頭と体で覚える定期的な予行訓練が有効である。特に人間は、ミスを犯すことを前提に、深層防護の考え方が有効である。

2-2 コミュニケーション

事故を未然に防止し、事故を最小限な影響に止めるためには、関係者とのコミュニケーションが重要であり、日頃からの仕事の確認と連絡体制を円滑にする。医療関係者は、多くの職種があり、異なる職種とのコミュニケーションを日常から行うことが有効である。

E. 結論

身元不明線源の対応は、R a-226 が放射線安全規制の整備されていない約 50 年間に使用されており、まだ多く存在している可能性が高い。これらの線源の回収を促進し、安心できる線源保管の方策を整備することが重要である。また、金属スクラップへの放射性物質の混入防止のため、多くの電気炉メーカーでは自主的に放射線監視用のゲートモニタを設置しており、これらのゲートモニタに医療用放射性物質が検出されることのないようにすべきである。そのためには、関連専門学会等の協力と排出責任者である病院の自主的な管理体制を充実することが重要である。また、人間はミスを犯すことを想定して、これらの医療用放射線物質の事故または異常事態が発見された場合の対策につて、医療関係者や放射線防護の専門家等の協力を得て、放射線安全管理対策ネットワークを構築し、国民に対してわかり易く公表できる対応が重要である。

謝辞

本研究については、穴井 重男（九州大学付属病院）、井原 智（杏林大学医学部）、大野 和子（愛知医科大学）、加藤 二久（東京都立医療技術大学）、鈴木 昇一（藤田保健衛生大学）、前越 久（藤田保健衛生大学）、中里 一久（慶応大学医学部）、中島 智能（日本アイソトープ協会）の協力・助言を頂いたことを感謝します。

F. 研究発表

1. 論文発表

1. 論文発表

- 1) 菊地 透：放射線安全研究への様々なニーズ*医療の現場から、放射線科学、44(10):334-337, 2001.
- 2) 菊地 透：血管内放射線治療における法令の要点、INNERVISION, 17(2):23-25, 2002.

G. 知的所有権の取得状況

特になし

参考文献

- 1) 中島 智能：医療機関における放射性同位元素等の利用状況*放射線利用統計から、医療放射線防護 NEWSLETTER No. 29, 2000
- 2) 菊地 透：輸血用血液照射装置の安全管理について、医療放射線防護 NEWSLETTER No. 20, 1998
- 3) 菊地 透：金属スクラップへの放射性物質混入対策について、医療放射線防護 NEWSLETTER No. 29, 2000
- 4) 保物セミナー 2000、要旨集、2000年10月5日、京都
- 5) 穴井 重男：密封小線源の紛失事例分析と防止対策、日本放射線技術学会誌、Vol. 57, No. 12, 2001
- 6) 菊地 透：放射線防護における I C R P 新勧告案の動向とその課題、日本放射線技術学会誌、Vol. 58, No. 3, 2002