

JAMMRA

Japanese Association for Medical Management of Radiation Accident

放射線事故医療研究会会報

トピックス

ポロニウム210の事件について —毒物としてのポロニウム210—

財団法人原子力安全研究協会
研究参与 古賀 佑彦

2006年11月23日に発生したポロニウム210によるリトビネンコ氏殺害のニュース以来、世界中で数多くのコメントが発表されている。わが国においても日本放射線管理学会、放射線医学総合研究所、日本保健物理学会などのホームページや緊急被ばく医療REMnetなどから様々な情報が得られる〔1〕、〔2〕、〔3〕、〔4〕。

ポロニウムは1898年にキュリー夫妻がピッチブレンドの中から発見し分離したウラン系の放射性

核種であり、親核種がラドンであるために大気中にも存在している。ラドン222からポロニウム218、ポロニウム214、そしてポロニウム210になるが、その半減期はポロニウムの中で138日ともっとも長く、ごく微量ながら誰でも体内にポロニウム210を持っていることになる。ポロニウム210はアルファ崩壊によって鉛206になって安定する(図1)。人工的にもビスマスに中性子を照射することで作り出すことができ、原爆の起爆剤、宇宙活

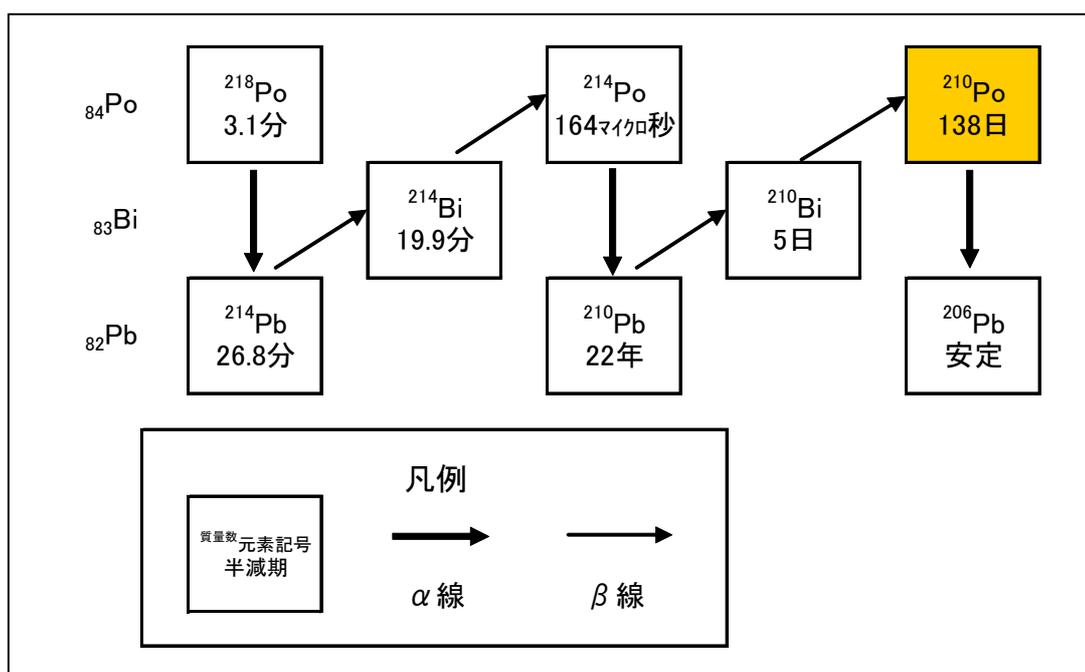


図1 主なウラン系列

参考：「アイソトープ手帳10版机上編」（社団法人日本アイソトープ協会、2002、p. 11）

動の電池用に使われたことがある。また、民生用には静電気除去装置の中で使われることもあるという。

英国のHPA (Health Protection Agency)は事件発覚後に警察と協力して広範囲にリトビネンコ氏の行動範囲、ポロニウムに汚染した可能性のある場所のサーベイと、その期間内に滞在した人々の健康影響の調査を行い、公衆の防護を最優先課題として頻回にその結果を報告して不安軽減に努めてきている(図2)。表1は本年3月27日付けでプレス発表された結果をまとめたものである。その後一月以上追加発表はないので、調査は終焉に向かったのかもしれない。少なくとも、オープン・パブリックスペースにおいては公衆の健康影響はないことを断言している[5]。尿中濃度によって4段階にカテゴリーを分け、6 mSvまでは公衆リスクも健康影響もなしとしている。いずれにせよ、調査された738名中137人がポロニウムに汚染されたことになる。その中でも17名は6 mSv

を超える線量を受けたことが証明された。まったく無防備であった場合の内部被ばくの機会の例として記憶されるべきであろう。

また、HPAは3月6日付けのプレス発表で、Harrisonらが2007年1月の放射線防護誌に発表した「毒物としてのポロニウム210」をサマライズしている[6]。以下にHarrisonらの原文[7]にあたりながら、その内容を紹介しよう。

Harrisonらは、体重70kgの成人の場合、ポロニウム210が血液中に0.1~0.3GBq以上吸収されると、1か月以内に死亡すると結論している。経口摂取されたポロニウム210の約10%が血液中に移行すると考えられるので、1~3 GBq以上摂取すると致死性である。水溶性であり、弱酸溶液内で容易に単純塩を形成する。比放射能が約140TBq/gと極めて高いので、致死量に達する1 GBqは塩化物で約10µgあればよいことになる。

血中に吸収されたポロニウムは赤血球、血漿蛋白にはいり血流によって運ばれ、おもに軟部組織



図2 The polonium trail: Key location

(出典: BBC NEWS Special Reports, http://news.bbc.co.uk/1/hi/in_depth/6267373.stm)

表1 Po-210事件の健康影響調査結果

カテゴリー	人数	尿中濃度	放射線量	接触の有無	公衆リスク・健康影響
1	601	<30mBq*	—	なし	なし
2	85	>30mBq	<1mSv	あり	なし
3a	35		1mSv<~<6mSv	あり	なし
3b	17		6mSv<	あり	短期的にはない、 長期的にも最小
計	738	*:通常の尿中排泄濃度は5-15mBq/日			

に沈着する。とくに網内系内の濃度が高く、肝、碑、骨髄や腎などの主要臓器に早期に取り込まれる。皮膚では毛嚢に沈着する。強力なα線はこれらの組織内で大量の生きている細胞の破壊をもたらし、急速に健康状態を悪化させる。このような線量を受けた人は急性放射線症候群を起し、多臓器不全によって死の転帰をとる。一旦十分な量のポロニウム210が血中にとりこまれ、摂取後数時間内に組織に沈着したら、もう治療は成功しないであろう。たとえ骨髄を救えたとしても、他の臓器の障害が致命的である。この結論は、基本的には利用可能な動物実験データから得られ、ポロニウム210の人体での生物学的動態（職業被ばくにおけるバイオアッセイなど）に関するデータと、治療照射、事故被ばく、原爆生存者などの外部照射の影響のデータで補完されたものである。ヒトにおけるポロニウム210の影響に関する情報は限られている。Harrisonらによると、Illyinは2001年に530MBqを誤って吸入したロシアの作業者が13日後に死亡した例を報告している。この例では吸入当日に肺に20Gyが吸収されたと評価されている。肺の沈着量は13.3MBqと見積もられた。この例では腎にも大線量が吸収されており(4.5MBq沈着した)、早期死亡の原因と見なされている。骨髄は死亡時点までに2Gyと比較的に少ない線量であった。なお、リトピネンコ氏のケースは、犯罪捜査の段階にあるので利用できないということである。

参考文献

- [1] 英国で発生したポロニウム210事件に関する情報（放射線医学総合研究所）
<http://www.nirs.go.jp/hibaku/info/061204.htm>
- [2] 放射線一口メモ -ポロニウム210-（日本放射線管理学会）
<http://www.ric.nagoya-u.ac.jp/JRSM/news/20070115.html>
- [3] ポロニウム情報シート（日本保健物理学会）
<http://www.soc.nii.ac.jp/jhps/>
- [4] ポロニウム210事件について「緊急被ばく医療」ニュースレターNo27,7-8,2007
<http://www.remnet.jp/newsletter/21/page4.html>
- [5] http://www.hpa.org.uk/hpa/news/articles/press_releases/2007/070315_polonium-210.htm
- [6] http://www.hpa.org.uk/hpa/news/articles/press_releases/2007/070306_polonium-210.htm
- [7] J Harrison, R Leggett, D Lloyd, A Phipps, B Scott . Polonium-210 as a Poison. J Radiol Prot 2007; 27: 17-40.

IAEAガイドラインより

IAEAおよびNCRP文書に見る放射線テロにおける第一対応者のためのガイドライン

国立保健医療科学院生活環境部
部長 鈴木 元

1. はじめに

核・放射線テロが万が一実行されたとき、最初に現場に到着するのは警察や消防あるいは自衛隊などの第一対応者と総称される人々である。これら第一対応者の部隊には、必ずしも放射性物質の専門家や放射線被ばく管理の専門家が随行しているわけではない。第一対応者が過度のストレスに曝されることなく、かつ、安全に活動できるためには、普段からの教育訓練が重要であると同時に、明確なガイドラインが必要である。しかるに、現在の我が国の核・放射線テロに対する対処方針は、核施設に対する攻撃を念頭に策定されている。このため、現在の対処方針では、原子力の専門家が現場に居ることが前提となっており、第一対応者はこれらの専門家の指示に従い、原発や再処理施設等の原子力災害時マニュアルに準じて行動する形になっている。しかし、万が一、都市部において核・放射線テロが実行されたときには、第一対応者が頼るべき原子力の専門家は現場におらず、かつ頼るべきガイドラインがない事になる。本小論では、国際原子力機関IAEAや合衆国放射線防護測定委員会NCRPのガイドラインを紹介することにより、汎用性の高い第一対応者のガイドラインのあり方を考えてみたい。

2. 線源の危険レベル

IAEAは、医療や工業や鉱業などの分野で使用されている線源を、放射能の量ベックレル(A)と、その核種の確定的放射線影響を起こす危険度(D)の比(A/D)に従い、カテゴリ1からカテゴリ5に分類している^{(1),(2)}。Dの値は、核種毎に定められている(表1)。A/D比が1以上10未満ならカテゴリ3、10以上100未満ならカテゴリ2、100以上ならカテゴリ1となる。カテゴリ2、3のガンマ線源が遮蔽体から出された状態で放置された場合には、線源の近傍では分のオーダーで致死的な被ばくを受ける可能性がある。また、線源にさわった場合には、重度の放射

線熱傷を被る可能性がある。カテゴリ1の線源近くでは、秒のオーダーで致死的な被ばくを受ける可能性がある。危険度が4あるいは5の活動で用いられている線源を盗み出して用いても、放射線学的な脅威はほとんど無い。工場や医療現場などには、カテゴリ3以上の線源が設置されており、一部は可動性をもっている。これらの線源がテロに使用される可能性はゼロではない。

3. 放射線テロの形態と対応

放射線テロが発生した場合には、第一対応者は自己防衛のためと、住民対応のため、ゾーニングを行う。その原則は、放射線テロの形態によりア prioriに決定される暫定的な安全境界線(一般公衆立ち入り禁止区域)(表2)と、現場の空間放射線レベルおよび表面の汚染密度の測定結果により定義される安全境界線および危険境界線を設定することである(表2、表3)。危険境界線は、放射線防護の専門家の支援無しに進入してはいけない区域の外縁である。IAEAは、作業中の蓄

表1. 代表的な核種のD値

核種	D値(TBq)
コバルト60 (60Co)	0.03
セシウム137 (137Cs)	0.1
イリジウム192 (192Ir)	0.08
ストロンチウム90 (90Sr)	1
プルトニウム238(238Pu)	0.06
アメリシウム241(241Am)	0.06

D値は、核種毎にテラ・ベックレル(10¹²Bq)単位で表されており、放射線による急性障害が起きる危険度の指標となる。例えば、0.3TBqのコバルト60線源は、A/D値が10となり、カテゴリ2に分類される。接頭子として、10³はキロ(K)、10⁶はメガ(M)、10⁹はギガ(G)、10¹²はテラ(T)、10¹⁵はペタ(P)が用いられる。

積被曝線量ではなくサーベイ・メータで直読できる線量率で安全境界線のゾーニングを行う（表2）が、NCRPは汚染密度も考慮に入れている（表3）。

3.1 放射線源放置テロ

上記危険度分類の上位3段階に利用されている線源がテロリストによって持ち出され、遮蔽物を取り除いた状態で公共の場に放置される形式のテロをここでは放射線源放置テロと呼ぶこととする。

テロではないが、盗難あるいは紛失した放射線源が原因で死者が発生するような被ばく事故は、世界中で年間1-2件の頻度で発生している。その多くが危険度1から3の線源が絡んだ事故であ

る。放射線事故の歴史をみると、盗難・紛失線源事故の場合は、患者が病院を受診して初めて事件が発覚する。すなわち、放射線源と知らずに放射線治療用の線源を部分解体したスクラップ業者や、放射線源と知らずに金属棒や金属塊（線源）を拾った第3者が、2週間後に衰弱感や感染症や原因不明の熱傷症状で病院を訪れ、初めて被ばく事故の発生が疑われる。工員が誤って非破壊検査用の線源を遮蔽体に格納しないまま長距離バスの荷台に積み込み、半日間バスに同乗した人々が被ばくした事故も報告されている。放射線源放置テロは、同様の事態を意図的に引き起こす行為である。

放射線源放置テロでは、テロリストからメディアなどに対して放射性物質を公共の場、例えば通

表2. 放射線緊急時の暫定的な安全境界線の半径

状況	暫定的安全境界線
屋外	
未遮蔽あるいは損壊された危険性の高い線源	半径30m
危険性の高い線源からの放射性物質漏洩	半径100m
危険性の高い線源を巻き込んだ火災・爆発・煙霧	半径300m
ダーティ爆弾（未爆発、爆発後）	半径400m
屋内	
危険性の高い線源の損壊、遮蔽消失、漏洩	現場の部屋と両隣および上下の部屋
危険性の高い線源を巻き込んだ火災等で、ビル中に換気システムなどを介して漏洩する恐れ	該当ビル全体+屋外の上記半径
放射線学的モニタリングによる拡大措置	
地上高1mの空間線量率 100 μ Sv/h	左記の測定値が計測される地点

IAEA EPR-First Responder 2006より収録。

表3. 核テロ・放射線テロ時の放射線学的な境界線設定指標

	地上高1mでの空間線量率	核種表面汚染	核種表面汚染
安全境界線	100 μ Sv/h (約10 mR/h)	1,000 Bq/cm ²	100 Bq/cm ²
危険境界線	100 mSv/h (約10 R/h)	not defined	not defined

NCRP Report No. 138より改編収録。IAEA EPR-First Responder 2006では、空間線量率に基づく安全境界線、危険境界線のみが定義されている。

勤時間帯の電車等に放置した旨の通報が行われるであろう。放射線源放置テロは、通常、線源それ自体は密封された状態であり、放射性物質が漏洩する状態ではない。線源を発見し、線源を遮蔽容器の中に回収できれば、現場に放射性物質が残存することはない。しかし、放置された線源の発見と回収に多くの時間と資源が費やされる。線源が発見され、全てが回収されるまでは都市全体に大きな混乱が起きるであろう。さらに、ニュースを聞いた多くの人々が、被ばくに対する不安のため医療機関に殺到すると思われる。

線源の設置場所が判明したなら、表2のガイドラインに従い、とりあえず半径30mの安全境界線を設定し、公衆の内部立ち入りを禁止する。放射線学的なモニタリングが可能になったなら、表3の指標に従い安全境界線、危険境界線を再設定する。線源は、証拠品として重要であるが、その回収は、放射線防護の専門家に任せる。第一対応者は、線源から照射されているガンマ線（線源によってはベータ線、エックス線）からの被ばくに対して防護すればよい。アラーム付きの個人線量計を装着する必要があるが、ガス・マスクを着用する必要はない。

3.2 臨界テロ

上記の放射線源放置テロと異なり、使用される放射性物質は未使用の核燃料棒や核燃料ペレットあるいは液状の核燃料物質である。臨界テロは、繁華街に駐車した車両等に臨界反応を一定時間継続させるような装置を放置する形式のテロである。放射線源放置テロは、線源の入手さえ可能なら特別な専門知識なしに実行できるのに対し、臨界テロを実行するためには、原子力工学の基礎知識が必要で、臨界反応を一定時間持続させる装置を開発する能力が必要である。臨界テロでは、ガンマ線とともに中性子線が照射される。臨界反応が開始するまで放射線は微弱であり、事前に発見されにくいこと、また臨界条件の誘導を遠隔で操作できた場合にはテロリストの被ばくはほとんどない。但し、臨界条件の誘導を装置脇で行った場合には、東海村JCO臨界事故の場合と同様に、テロリストは瞬時に致死線量の被ばくを受ける。ガンマ線と異なり、中性子線は鉛遮蔽板では遮蔽できない。核分裂生成物が漏出するが、その量は微量で問題にはならない。現場周辺に沸騰した核燃料物質が飛散する可能性がある。

表2には収録されていないが、IAEAは以下のガイドラインを発表している。ガンマ線および中性子線測定結果がでるまで、とりあえず半径500mの安全境界線を設定し、さらにその外側に治安警備線を設定し、公衆の内部立ち入りを禁止する。第一対応者は、ガンマ線と中性子線からの被ばくを防護すれば良く、ガス・マスクを付ける必要はない。

3.3 ダーティ爆弾テロ

危険度の高い放射線源を通常の爆発物で爆破し、環境に拡散させるテロをダーティ爆弾あるいはradiological dispersal devices, RDD, (放射性物質飛散装置)と呼ぶ。危険度の高い線源としては、IAEA-TECDOC-1344 Categorization of radioactive sources (放射活性をもつ線源の分類)のカテゴリー1から3に分類される線源や、使用済み核燃料棒などが考えられる。国内で登録されている線源が盗み出されて使用される場合と、国外から放射能熱発電機の線源や工業用・治療用線源などが密輸され使用される場合が考えられる。爆薬を用いないで医療用や研究用の液体状の放射性物質を散布するテロもあり得るが、これらの線源は、IAEA-TECDOC-1344のカテゴリー分類で4ないし5に分類されており、使用されても実質的な人体影響は発生しにくい。

ダーティ爆弾による人体損傷は、通常爆弾の炸裂による爆風や破片などの飛散によってもたらされる。一般に飛散した放射性物質が原因で急性放射線障害が発生するリスクは、大きな線源の破片に近づかない限り、低いと思われる。未爆発のダーティ爆弾が発見された場合、および実際に爆発した際には、とりあえず半径400mの安全境界線を設定し、立ち入りを禁止する(表2)。この範囲は、爆発に伴い瓦礫や破片が飛散する範囲であり、線源の一部が飛散している可能性がある。爆発規模が大きかった場合には、安全境界線を拡大する。使用された放射性物質がベータ線やアルファ線しか出さない核種である場合、および、ベータ線やアルファ線しか出さない核種とガンマ線を出す核種が混在している場合には、空間線量率の測定だけでは正しく評価できない。たとえ空間線量率が100 μ Sv/h以下であっても、専門家による放射線モニタリングが済むまで、安全境界線を縮小してはならない。第一対応者は、粉塵に放射性物質が混入されている危険性があるため、詳細

が判明するまでレベルC以上の装備で活動する。

4. 安全境界線からの出口管理の方針

出口管理には、住民に対するガイドラインと第一対応者および作業に用いた車両や機材の管理に関するガイドラインがある。IAEAは、大量の住民が汚染した場合を考慮して、簡便にスクリーニングするための基準を設定している。すなわち、GMサーベイメータを衣服から10cm離して測定し、その線量率1 μ Sv/hを基準としている。放射線管理の専門家がいる場合には、表面の線密度も判断基準に入れているが、マス・スクリーニングは線量率一本である(表4)。また、除染施設が設営できない場合も考慮し、自宅でのシャワーを指示する柔軟性も示している(表4)。

汚染地区で使用した車両や機器、汚染患者を搬送した車両の使い回しに関して、今回初めて明確な方針が示された(表5)。

5. さいごに

はじめに紹介したように、我が国には都市部の放射線テロに関する明確な対処方針がない。ここに紹介したIAEAのガイドラインは、昨年発表されたものであり、未だに我が国の法体系の中に取り込まれていない。しかし、このガイドラインから大幅に外れた独自のガイドラインを制定するとは考えにくい。個々の組織や団体が独自に暫定的なガイドラインを策定するに当たっては、将来の混乱を避けるためにも、IAEAのガイドラインとバッティングしないようお願いしたい。

表4. 体表面汚染の判断基準および方針に関するガイドライン

測定値	< 1 μ Sv/h*	> 1 μ Sv/h* β γ 10,000 Bq/cm ² ** α 1,000 Bq/cm ² **
方針	<ul style="list-style-type: none"> ・自宅に帰ったなら直ぐさま衣服を替え、シャワーを浴びよう指示 ・ニュースでさらなる指示を待つ ・帰宅許可 	<ul style="list-style-type: none"> ・臨時の除染所へ送り、除染し、再度検査する ・臨時の除染所が開設されない場合 <ul style="list-style-type: none"> ・自宅に帰ったなら直ぐさま衣服を替え、シャワーを浴びよう指示 ・ニュースでさらなる指示を待つ ・帰宅許可

* GMサーベイ・メータのプロープのベータ線窓を開けた状態で、プロープをサランラップで巻いて測定。身体(衣服)から10cm離れた測定値。

** 放射線防護の専門家が、現場の汚染放射性物質に応じて測定し、評価する場合のガイドライン値。IAEA EPR-First Responder 2006より収録。

表5. 汚染機器や車両の使用方針

10 cm離れた部位の線量率*	方針
1 μ Sv/h以上、10 μ Sv/h未満	この状態のまま、本テロ事案に使用し続ける
10 μ Sv/h以上、100 μ Sv/h未満	救急搬送でやむをえない場合は、使用者は手袋などでベータ線の被ばくを防御しながら、2時間以内の作業で使用する。それ以外の場合は、除染のために隔離する。
100 μ Sv/h以上	除染のため隔離する。緊急事態でやむをえない場合、放射線防護専門家の判断により、使用する場合もある。

* GMサーベイ・メータのプロープのベータ線窓を開けた状態で、プロープをサランラップで巻いて測定。機器あるいは車両の床やシートから10cm離れた測定値。

IAEA EPR-First Responder 2006より収録。

自治医科大学RIセンター
管理主任 菊地 透

1. はじめに

医療分野では100年以上前からアイソトープ・放射線を用いて、国民（患者）の生命や健康の維持・向上に努めている。そのため、これらの医療用放射線源を安全に有効に利用するための放射線安全管理が重要である。

最近、放射線源を暴力や破壊活動の目的に、放射能テロ（ダーティボム：放射能爆弾）を企てる不穏な動きがあり、その防止とセキュリティ対応に関して国際的に高い関心が寄せられている。そのため現在、わが国を含め多くの国々では、国際原子力機関（IAEA）の「放射線源のセキュリティ確保（暫定指針）」（TECDOC-1355,2003）を中心に、具体的な検討作業が進められている。

今回は、わが国で医療用放射線源として使用している、遠隔照射治療装置、ガンマナイフ、血液

照射装置、アフターローディング装置などが、IAEAの放射能テロ防止のセキュリティ対策として、最も厳しいカテゴリ1と2の線源に該当しており、これらの医療用放射線源のセキュリティと放射線安全管理に関する話題を紹介する。

2. 新たな悪意を持った被ばくの懸念

医療放射線源は、医療行為としてその利用は不可欠の存在として、人類は多大な恩恵を受け続けている。そして、医療放射線の前提条件は人類（患者）に利益があることであり、医療放射線安全管理は、医療行為そのものを妨げてはいけないことである。ある意味では、医療放射線は必要な善意を持った被ばくである。

しかし、その医療放射線源を用い、テロとして



線源のセキュリティー

- 1) 日常の監視体制
- 2) 監視ビデオの設置
- 3) 床との固定など



装置全景(137-Cs)

写真1 輸血用血液照射装置

通常爆発物を用いて放射性物質を散布する (radiological dispersal device : RDD)、ダーティボム (dirty bomb)、ダーティ爆弾とも呼ばれる放射能テロは、人類に悪意を持った新たな被ばくである。なお、放射能テロは放射性物質を通常爆弾の破壊力で生活環境に撒き散らし、人々に放射線被ばくと放射能汚染への恐怖を引き起こす効果がある。たとえ撒き散った放射性物質による汚染レベルは低くても、放射能汚染の恐怖と不安により社会的な混乱が生じる。そのため、治安や経済活動を妨げ復旧には多大な労力と経費を必要とする。放射能テロは、直接的な生物影響や建物の破壊より、住民の不安などの心理的效果が高く、パニックを起こし易く、放射能汚染の不安と影響は長期間持続する。さらに、最近の話題としてのロシア元情報将校の暗殺に²¹⁰Poの放射性物質が使用され、この暗殺事件とポロニウムの放射能汚染騒動は、新たな放射能の恐怖として懸念されている。

3. 医療放射線源セキュリティ対策

放射能テロへの国際的な対応を強化するために、IAEAの「TECDOC-1355」に具体的な放射線源のセキュリティ対象機器として、RS-G-1.9で「線源の 카테고리分類」を示している。表1に示すように、放射線源の安全が失われることで発生する社会的・経済的な影響評価区分として、AからDの4段階にセキュリティグループを分類している。また、放射線源による生命への危険性を考慮した5段階の 카테고리として、放射線装置機器、放射線量、核種による区分を示している。カテゴリー「1」の線源の危険性は、人が遮へいなしの状態に接近すると、数分から1時間で死に至る最も厳しい区分である。カテゴリー「2」は同様に数時間から数日で死に至るため、文部科学省からも、カテゴリー「1」と「2」は、国が明確に把握すべき線源として、臨時の調査が実施されて2007年1月31日までに核種、数量、所在場所について報告された。

表1. 対象とする放射線源の区分
(線源の 카테고리 : RS-G-1.9)

グループ カテゴリー	線源の危険性	機器の具体例(国内)
A-1	数分から1時間で死に至る。 (遮蔽なく接近)	・照射装置(滅菌、研究用) ・遠隔照射治療装置 ・ガンマナイフ ・血液照射装置
B-2	数時間から数日で死に至る。 (遮蔽なく接近)	・工業用非破壊検査装置 ・アフターローディング照射装置
B-3	数日から数週で死に至る。 (遮蔽なく接近)	・工業用ゲージ(レベル計等) ・原子炉起動用中性子線源 ・照射装置(研究用等)
C-4	一時的な症状が出る (接触、または何週間、接近)	・低線量近接照射治療装置 ・校正用線源 ・厚さ計、タバコ量目制御装置
D-5	永久的な障害が起こる 可能性はない。	・永久インプラント線源 ・眼科小線源 ・水分計

今後は、線源登録制度の導入や破壊活動、線源の紛失、盗難および許可のない場所への移動防止などの線源セキュリティ対策の具体的な検討が行われている。それにしても、医療放射線源が最も厳しいカテゴリ「1」に該当する線源の8割以上を占めており、この対象線源が患者のがん治療用の遠隔照射治療線源、ガンマナイフ、または輸血用血液照射装置である。また、カテゴリ「2」には、医療用の密封線源治療用のアフターローディング装置が含まれている。

表2に、わが国における医療用線源として主にカテゴリ「1」に属する60-Coと137-Csの線源と個数を示す。1999年と2005年では、60-Coと137-Csの台数が異なっているのは、60-Co線源の遠隔照射治療装置の利用が減少した半面に、輸血の際のGVHDを防止する目的で137-Cs線源の輸血用血液照射装置が増加したためである。

なお、医療機関は多くの人出入りが有り夜間の入室も比較容易であり、輸血用血液照射装置(写真1)は輸血部などに設置場所が明確に示されており、1500kg以上の重量物であるが特殊な

重量物移動器具を用いることで、不法にカテゴリ「1」に属する50TBqから200TBqの比較的大線源を、入手することも可能である。

4. おわりに

医療機関においては、医療放射線源のセキュリティとして、医療用の移動可能なアフターローディング装置の線源管理と、輸血用血液照射装置のセキュリティ対応は、24時間のビデオ監視や線源管理と照射装置を移動困難な状態とすることを提唱する。この対応によって放射能テロの線源として、悪意をもって侵入する者への予防と防止にかなりの効果が期待できると考える。また、緊急被ばく医療体制の理解を深め、さらに定期的な研修コースや実地演習などを整備することで、国民の放射能不安を低減し、極度のパニックを防ぐことができると考える。そのためには、医療放射線源を安全に利用し、セキュリティ対応を高め、医療関係者自身がセキュリティと放射線安全管理の重要性を認識することが重要である。

表2. 医療用放射線源の状況
(年度別の数量区分TBq毎の個数)

数量TBq	1999年		2000年		2003年		2005年	
	Co	Cs	Co	Cs	Co	Cs	Co	Cs
—37	21	4	30	10	20	11	8	7
37-74	48	23	67	45	55	47	51	46
74-111	71	12	73	29	57	26	48	25
111-185	85	1	70	2	48	3	38	4
185以上	36	6	44	13	61	19	77	27
合計	261	46	284	99	241	106	222	109

提 言

放射性物質汚染レベル分類（二次被ばくに関する目安レベル）について

財団法人原子力安全研究協会
研究参与 古賀 佑彦

はじめに

原子力発電所等において放射性物質による汚染傷病者が発生したとき、脱衣や創傷部位、汚染部位の一次的な除染処置が行われ、さらに適切な医療機関での処置が必要と思われた場合には、消防署等に連絡して搬送を依頼する。飛程からみて救助や搬送にあたる者への被ばく源としてはγ線を考えればよいであろう。

緊急被ばく医療に携わる救急隊員や医療関係者は、二次被ばくによって自分自身が放射線の影響を受けるのではないかという不安をもっている。とくに傷病者からどの程度の量の放射線が放出されるのかが不明なときほど、不安は増強されるのが普通である。

このような不安を少しでも軽減する目的で、筆者は患者の「汚染レベル」〔1〕、「二次被ばくレベル」〔2〕といった表現で、搬送や医療関係者の二次被ばく量を予測できるようなシステムを提案してきた。放射能の単位であるベクレルや放射線の量の単位・シーベルトという専門的な名称をできるだけ用いずに、単純にレベル0、1、2という数値に置き換えたものである。しかし、その根拠は放射線管理要員による正確な線量率測定に依存するものであった。そして、レベル0は汚染・二次被ばくがない、1は被ばくを無視できるという表現を用いてきたが、「無視できる」あるいは「容認できる」線量はいかほどかという合意を得る手段を見いだせなかった。

Informed questionnaire

医療の現場では、とくにリスクを伴う可能性のある処置をする際に、医師はその処置の必要性や達成されたときの利益とともに、考えられる様々な不利益に関する情報を十分に患者に伝えた上で患者に同意を求めるといったインフォ

ムドコンセントが定着しつつある。このやり方を、ある集団に対して行おうというのがinformed questionnaireである〔3〕。緊急被ばく医療に関する講演会や講習会等の様々な会合において、放射性物質による汚染傷病者取扱時に予想される二次的な被ばく量に関する情報と、その被ばくに伴う種々のリスクとその大きさの見積もり、現行法令で定められている線量限度、自然放射線の大きさ、様々な医療被ばくの大きさ、リスク見積もりに関する疫学的な手法の限界、さらに、ある特定の個人が緊急被ばく医療に実際に関与する機会は極めて少ないという現実などの情報（図1）を説明した上で、その場でアンケート用紙に容認できる線量レベルを記入してもらうという方法である。

2006年11月から2007年3月までのあいだに、全国の21か所において総計885名の方々の意見を集計することができた（表1）。全体で約88%の方々は1 mSv以下であれば容認できるとい

緊急被ばく医療に係わる二次被ばくは、どこまでなら許容できますか？

	mSv	がんのリスク	線量限度
A	1000	0.05	
B	100	0.005	緊急作業時
C	10	0.0005	作業者年限度
D	1	0.00005	公衆年限度
E	0.1	0.000005	
F	0.01	0.0000005	
G	0.001	0.00000005	
H	0.0001	0.000000005	

しきい値なしのLNT仮説で、人のがん影響は確認されていない

*：年限度は平均20mSv

自然放射線は年2.4mSv

なお、放射線診断で受ける放射線量はおよそC-Fの範囲

現在の日本人の死亡原因の約30%はがん。つまり、だれでも、がんで死ぬ確率は0.3あるので、上記のリスクの数値はそれに乗せられる。

実際に緊急被ばく医療に係わる機会は、極めて少ないことも考慮すべき

図1 informed questionnaireの際に与えた情報

う回答であった。これは、法令上の公衆の線量年度の数値までなら、緊急被ばく医療に携わるさいには容認できるという合意が成立すると考えてよいという結果と言えると考えた。

二次被ばくに関する目安レベル

関係者の二次的な被ばく量は、患者から放出される γ 線の線量率とその場での作業時間の積でまゐる。したがって、搬送直前に測定した線量率データがあれば、二次的な被ばく量を簡単に予測できることになる。IAEAのマニュアル〔4〕で示された方法を採用し、汚染部位から10cmの距離における線量率を測定することとした。測定結果に応じて、たとえば1 μ Sv/h以下であれば、容認できる線量として合意された1mSvに達するまでに1000時間の余裕があることになる。このレベルを目安レベル1とする。以下、線量率が一桁上がることに時間は一桁小さくなり、レベルの数値を一つあげる（表2）。レベル0は汚染ゼロではないが、二次被ばくをゼロとしても差し支えないものと分類する。搬送に関してはスタンダードプレコーションでよいが、医療機関の処置室においては限定的な汚染拡大防止措置を準備するものとする。まったく汚染のない（感度の高いサーベイメータでもバックグラウンド）場合には（-）の表示になる。線量率が0.1mSv/hを超えた場合（レベル

4）には、防護専門家の応援を要請することにする。

考察

線源の大きさが不明のときには万一の事態に備えた対策を行うのが当然であり、二次災害を防止するという意味でもこれは重要である。そのため、作業者にアラーム付きの個人線量計を装着させて、積算線量をチェックしながら処置にあたるのが普通であるが、線源部位から一定距離における線量率測定をすれば被ばく量は予測できる。その場合でも、個人線量計の装着は確認のためにも必要である。

線量率の測定法について、当初は30cmの距離における測定を提唱していたが〔1〕、〔2〕、IAEAが2006年11月に公表したマニュアル〔4〕によると、汚染患者が多数発生したときの除染順位を決めるトリアージ目的として、10cmの距離における線量率測定が定められている。10cmという距離は β 線の寄与も考慮したものであり、 γ 線測定に関しては、汚染部位が広い場合には測定値が過小評価に振れるおそれもある。しかし、将来の混乱を避けるためにも、IAEAの測定法を採用することにした。これらの測定は、原子力発電所等における放射線管理要員によって行われている日常的な測定業務の一環として行うことが可能である。

Informed Questionnaire

mSv	医師	学生	技師	看護	病院	電力	消防	自衛	行政	他	公衆	計
1000	2	6	3	0	0	2	2	3	0	1	0	19
100	30	25	43	15	14	27	14	6	4	30	2	210
10	59	29	50	26	30	55	29	5	14	37	7	341
1	35	14	24	42	23	24	6	0	7	26	7	208
0.1	9	1	5	7	5	2	4	0	5	3	2	43
0.01	0	5	3	7	6	0	2	1	0	1	1	26
0.001	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4
0.0001	0	2	1	0	0	1	0	0	0	1	0	5
不許	1	10	3	1	1	2	4	0	0	0	0	22
無回答	0	0	2	1	1	1	1	0	0	1	0	7
計	137	93	134	99	80	114	64	15	30	100	19	885

2006.11.7-2007.3.24

表1 容認可能な緊急被ばく医療に係わる二次被ばく

表2 二次被ばくに関する目安レベル

搬送や医療に携わる方々は、各時間内なら1mSvを超えない

レベル	時間	線源から10cmの線量率	搬送機関	医療機関
4	防護専門家の 応援要請	0.1mSv/hを超える	汚染拡大防止	汚染拡大防止
3	10時間	0.1mSv/h以下		
2	100時間	0.01mSv/h以下		
1	1000時間	0.001mSv/h以下		
0	無制限	線量率計ではバックグラウンド	スタンダードブ レコーション	限定的汚染拡大防止
-		汚染なし		通常業務

患者受取時からの時間が分かれば、最大線量を推定できます

30

容認できる線量を1mSvにおいたことに対して、放射線管理目的にはもっと小さい値を設定すべきという意見もあったが、緊急被ばく医療に携わる機会は極めてまれなこと、非日常的なことであって、日常の放射線管理のように線量限度の1/10や1/100といった管理目標値を設定する状況とは異なるものとする。

救急車による搬送途中で汚染傷病部位を開放して処置しなければならない事態が起こったとしても、汚染拡大防止のための養生や救急隊員が適切な装備をしていれば、二次的な汚染を防止できるし、車内における放射線源の総量には変化はなく、線量率が変化することはないので二次被ばくの予測値を変更する必要もない。

傷病者発生場所が特殊で救助隊による救出が必要な場合の被ばく防止策は別に考えなければならない。しかし、救出され、医療を受けるために搬送される時点において、このシステムを使うことができるはずである。

結語

放射性物質による汚染傷病者が発生したとき、傷病者の一次的な処置をほどこし、汚染部位を密封状態にした上で、線源部位から10cmの距離で線量率を測定し、その大きさに応じて緊急被ばく医療に関して容認できる線量(1mSv)に達するまでの余裕時間で分類した目安レベルを

提案した。

文献

- [1] 古賀佑彦：「放射線管理面から見た放射性物質による汚染傷病者のトリアージの提案」2005.9.3 平成17年度緊急被ばく医療全国拡大フォーラム講演録集。(財)原子力安全研究協会 2005
- [2] 古賀佑彦：「一般の救急医療として扱うための課題」2006.8.26 平成18年度緊急被ばく医療全国拡大フォーラム パネルディスカッション 緊急被ばく医療全国拡大フォーラム講演録集。(財)原子力安全研究協会 2006
- [3] 古賀佑彦：合意形成の手法としての Informed questionnaire 原安協だより 216号、p.11-12, 2007.2.25
- [4] Manual for First Responders to a Radiological Emergency IAEA 2006

【 JAMMRA 第16号 目次 】

トピックス	1
ポロニウム210事件について—毒物としてのポロニウム210— 古賀 佑彦（原子力安全研究協会）	
IAEAガイドラインより	4
IAEAおよびNCRP文書に見る放射線テロにおける第一対応者のためのガイドライン 鈴木 元（国立保健医療科学院）	
IAEAガイドラインより	8
医療放射線源のセキュリティと安全 菊地 透（自治医科大学）	
提言	11
放射性物質汚染レベル分類（二次被ばくに関する目安レベル）について 古賀 佑彦（原子力安全研究協会）	
【編集後記】・【お知らせ】	14

【 編 集 後 記 】

早いもので、国（文部科学省）の委託を受けて緊急被ばく医療の教育（フォーラム）、研修及び関係者が顔の見える関係を地域で構築することを目的に、地域の緊急被ばく医療ネットワーク検討会を開催するために、原子力施設の立地道府県、隣接県に出かけて丸六年が経過した。

回数にして500回近く全国各地に出向いたことになる。この中で、いくつかのことを感じる事ができた。まず季節感である。地域により同じ日本でも冬の有り様は異なる。吹雪が吹き荒れる青森県から鹿児島に行くと、空港から市内に向かう風景は穏やかな冬の日差しのある田園風景である。

次は、各地の表情が歴史に裏打ちされた、強い個性を持っていることである。各地に行くと人々の暮らし、風景に歴史を感じ、我が国は洗練された、豊かな文化を有し知的財産を持っている国だなあと思うことが多い。

その豊かな各地域の医療はいま危機にさらされている。一言で言うと医師をはじめとする医療資源が確保されにくい状態に陥っている。日常の医療体制が崩壊しつつある（既に崩壊してしまったところも散見される）なかで、頻度的にまれな緊急被ばく医療に取り組んで頂くよう協力を依頼するのは心苦しい面がある。しかしこの六年間の研修、フォーラム、ネットワークの構築を通じて顔の見える関係ができ、協力を頂いているのは有り難いことである。この顔の見える関係は崩してはならない。

また、この六年間に緊急被ばく医療関係で新たに出てきた課題として、放射性物質の関与する意図的な事故がある。この号ではそれらに関し専門の方々にご執筆をお願いした。興味を持ってお読み頂ければ幸いである。

（文責：衣笠 達也）

【 お 知 ら せ 】

- ① 第11回放射線事故医療研究会の開催について
開催日時・場所：平成19年8月25日（土）午前、コラッセ福島「多目的ホール」（福島県福島市三河南町1-20）
※ 開催案内・参加申込書は会員に後日郵送致します。
- ② 放射線事故医療研究会ホームページの更新について
・ JAMMRAバックナンバー（第12号以降）をご覧頂けます。
・ 第11回放射線事故医療研究会の開催案内を掲載致します（7月中旬頃）。

発 行：放射線事故医療研究会（編集委員会 代表 鈴木 元）

事務局：〒105-0004 東京都港区新橋5-18-7（財）原子力安全研究協会 放射線災害医療研究所内

TEL: 03-5470-1982 FAX: 03-5470-1990 MAIL: jammra@nsra.or.jp

URL: <http://www.nsra.or.jp/JAMMRA/>