

放射線テロへの緊急対応

近藤久禎 平間敏靖 明石真言 放射線医学総合研究所緊急被ばく医療センター

SUMMARY

1. 放射線の特徴は、五感では感知できないこと、測定器で検知できること、症状は遅れて現れることなどである。
2. 被ばくの様式には、外部被ばく（全身および局所）、体表面汚染、内部被ばくがある。
3. 想定されるテロには、核兵器、Radiation Dispersal Weapon、原子力発電所や核物質輸送に対するテロが挙げられる。
4. 適切な防護・除染を行うことにより、医療従事者は安全に作業することができる。

I

NBC災害の中での放射線災害

近年、想定されるテロの中で、NBC物質を用いたテロが問題になっている。テロに用いられる兵器として、NBCが注目されるのは、通常兵器に比してはるかに安いコストで、大きな被害を与えることができるからである。2km²の範囲に被害を及ぼすためのコストは、通常兵器であれば2,000 \$、核兵器では800 \$、化学兵器で600 \$、生物兵器で1 \$と、見積もられている。

NBCに起因する災害は、共通の特徴を持つ。大量被災者が想定されること、Mass Gatheringにおいて脅威となること、めったに起こらないイベン

トであるにも係らず、対応に特別な知識が必要であること、診療に携わるものの防護が必要であること、患者の除染が必要であることなどである。

これら共通の特徴を有する反面、放射線は、五感では感知できないが、検出器を用いることで、汚染や空間の線量率が検知できること、症状は遅れて現れることなどの特徴ある性質を持つ。

今回は、テロ対応という視点より、放射線の性質、想定されるテロに関して整理し、放射線災害への対応について述べていきたい。

II

放射線と放射線災害

放射線について、議論するとき、放射線と放射性物質の関係について理解することが必要である。放射性物質とは、放射性核種とも言い放射線を出す物質である。放射性物質を電球とすると、放射線は光線であるといえる(図1)。したがって、放射線に関係するテロが発生した場合も、患者が放射線のみを浴びたのか(外部被ばく)、放射性物質により汚染されたのかで対応は異なる。汚染には、放射性物質が体表面に付着する体表面汚染、放射性物質の体内への取り込むによる内部被ばくに分けられる(図2)。外部被ばくは γ 線やX線によるものは、患者は放射線を出す能力(放射能)を持たず、被ばくによる症状のみが問題となる。中性子線によるものでは、ナトリウムなどの体内の安定原子が放射化される。体液や排泄物から放射線の防護、管理が必要となるが、医療従事者に影響を及ぼす量ではない。また、汚染を伴う患者では、患者からの二次汚染の防護が必要となる。

また、放射線災害は、被ばくしたこと自体をすぐには認識できないことが多いために対応が遅れることが多いこと、一般に放射性核種・放射線に対する知識の少なさから生じる誤解が多いこと(不安や放射性核種による汚染対策など)、責任・法的問題が多く含まれること、対応に専門的知識・機器を要すること、などの特殊性がある。対応の際には、これらのことを考慮し、取り組まなければならない。

このような放射線災害に対して、わが国では、スクリーニング、簡単な除染、応急処置などを行う、初期緊急被ばく医療、高度な除染、内部被ばくの検査などを行う二次緊急被ばく医療、重症被ばく患者や内部汚染の患者のケアを行う三次緊急被ばく医療の3段階の緊急被ばく医療体制が整えられつつある。現行では、初期医療施設を事業所

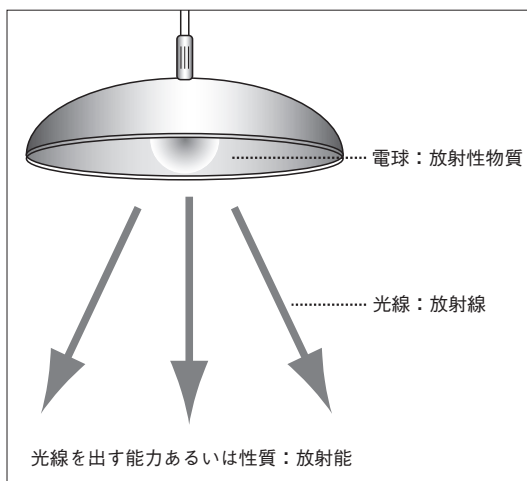


図1 放射性物質と放射線

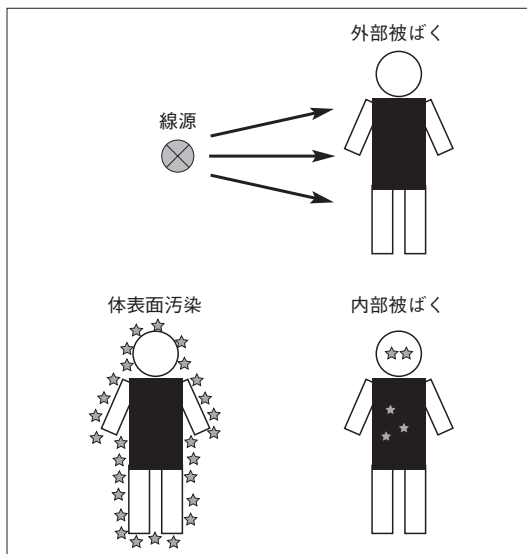


図2 被ばくの形態

内施設や避難所の救護所、近隣の病院、二次医療施設を地域の基幹病院、三次医療施設を放射線医学総合研究所(放医研)など放射線障害専門病院としている。この体制は、主に原子力災害を想定して設けられているため、原子力施設の立地県においては、整備されてきているが、そのほかの地域では、ほとんど整備されていない。

III

想定される放射線を用いたテロ

放射線を用いたテロとして、想定されるものは、核兵器、Radiation Dispersal Weapon、原子力発電所や核物質輸送に対するテロが挙げられる。核兵器とは、核爆発を利用した兵器であり、爆風による外傷、熱線による熱傷、放射線による急性放射線障害、晩発影響を引き起こす。原爆のエネルギーは、爆風が50%、熱線に35%、放射線に15%であり、被害もこれに応じると考えられる。核兵器は、非常に高度な科学技術が必要なため、テロにおいては、容易には用いられない。

Radiation Dispersal Weaponとは、核爆発を伴わない放射性物質の散布により被害を与える兵器である。医療用線源、工場での線源、放射性廃棄物などのアクセスしやすい資源から、比較的低い技術で作成することができるため、テロで用いられる可能性が高いものとされている。放射性物

質の散布により被災者は、放射線障害、汚染による被害に加え、精神的ダメージを被る。

また、原子力発電所や核物質輸送に対するテロも警戒されている。アメリカの同時多発テロにおいても、原子力発電所も標的とされたといわれている。テロも含めた、災害への対応として、原子力発電所では、原子炉の格納容器を頑強なものにすることや、複数の場所から原発の運転を制御できるようにするなどの工夫がされている。輸送についても細心の注意のもとになされている。原発へのテロは、基本的には、原子力発電所での事故に応じるものと考えられる。また、輸送物へのテロも、その事故に対する対応に準じるものであろう。しかし、偶発性の事故よりは、悪意により引き起こされた事故の方が、甚大な被害を及ぼすことが予想される。

IV

放射線の人体影響

放射線の人体影響として主なものは、被ばく後早期に現れる急性放射線症と、数年以降に現れる晩発影響がある。

被ばく後数時間から数週間に起こる臨床症状の総称を急性放射線症 (Acute radiation syndrome, ARS) といい、その病態は多くの組織や臓器の複合障害と位置づけられている。一般に急性放射線症は、 γ 線の場合約1Gyの線量を全身に被ばくすると起きるとされ、被ばく線量に依存して現れてくる臨床症状から血液・骨髄障害、消化管障害、循環器障害、中枢神経障害の4つに分けられる。また、急性放射線症は時間的経過から前駆期 (Prodromal phase)、潜伏期 (Latent phase)、発症期 (Critical or Manifestation phase)、回復期もしくは死亡 (Recovery phase or Death) に分けられる。

前駆期は被ばく後数時間以内に現れ、食欲低下・悪心・嘔吐・下痢が主な症状で、およそ1Gy以上で現れることが多い。これらの症状は線量が高いほど現れるまでの時間が短く重症である。またこの症状が、大まかな被ばく線量推定にも役立つことが多い。すなわち1~2Gyでは、嘔気は10~50%の被ばく者に2時間から数時間後に現れるが、4Gyを超えるとほぼ全員に現れ6Gy以上では30分以内に現れる。

晩発影響とは、被ばく後数年以降にあらわれる障害であるが、白血病や固形癌などにかかるリスクが、被ばく後増加することが、主である。0.05~0.1Gyより、線量に応じて癌のリスクが上昇するといわれている。

V

診療の流れ：トリアージ，防護，除染

実際の患者診療に関しては、ここでは、病院における放射線被ばく患者の受け入れのについて説明していきたい。患者の受け入れは、以下のフローに従う。

1 受け入れ準備

被ばく患者を受け入れる際の要点は、以下のようである。

- ①消防機関などからできるだけ情報を得る。
- ②汚染拡大を防止するため、床や器財にシートなどを敷く。
- ③受け入れ時の患者の流れを想定し、機材資材を配置する。
- ④汚染地域と、非汚染地域を想定しておく。
- ⑤医師，看護婦，サーベイ要員などの人的体制を整える。
- ⑥患者に汚染の疑いがあれば、医療従事者は、**防護服**を着用する。

※医療従事者の防護について（図3）：過去の経験によると、被ばく患者，汚染患者を診療した医療従事者が健康に影響を受けるほどの外

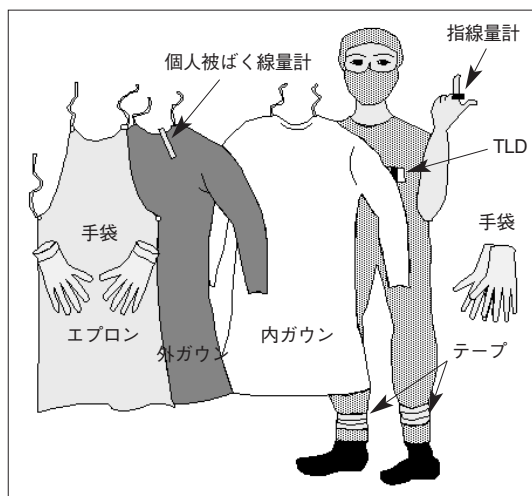


図3 防護服

(Robert H, et al. : Redio Graphics, 14 : 387-396, 1994より改変)

部被ばくを受ける可能性は、無視できるほど低い。防護は、放射線の防護のためではなく、患者から二次汚染を防止するため、また、放射性物質を体内に取り込まないことを目的に行う。マスク，手袋，手術用ガウンなどを用いる。被ばくに対しては、個人線量計を装備し、on timeに個人の被ばく線量を把握できるようにすることによって、過剰被ばくを防ぐ。また、適宜、空間の放射線量率を測定し、その作業の安全性を担保することも重要である。

2 トリアージ

いかに高線量の被ばくを受けた場合においても、放射線の影響が、現れるのには、時間がかかる。また、救命に関わるような緊急の放射線に特異的な治療も存在しない。そこで、トリアージは、**全身状態，合併損傷の評価を基本**に行う。

被ばくに関しては、汚染の有無，高線量の被ばくの有無について判断する。汚染についてはサーベイにより、高線量被ばくの有無については前駆症状の有無および問診によって高線量被ばくの可能性のある地域にいたかどうか把握することによる。

3 脱衣・全身状態の安定化

患者の生命に危険がある状態であれば、放射線による障害，汚染への対応よりも**全身状態の安定**を優先する。また、汚染の可能性のある患者で、服を着たまの患者は、直ちに脱衣させる。脱衣により、体表面の汚染は大部分除去することができる。

4 サーベイ，生体試料採取

体表面汚染サーベイは、全身状態の安定のための処置と平行して行う。サーベイ要員（放射線技

師など)が、GMサーベイメーターなどを用いて行う。サーベイは、内部汚染による可能性の高い、創部、口や鼻などの開口部を優先して行う。

また、内部被ばくの有無を確認するため生体試料とし、血液、尿、綿棒などを用いて鼻腔スワブを採取する。鼻腔スワブは、吸入による内部被ばくの検査および線量評価として重要である。血液からは、リンパ球数の測定や、染色体検査を行うことができ、被ばく線量の推定に用いることができる。貝殻ボタンなど患者が身に付けていた物は、被ばく線量推定に役に立つので、これも保存しておくことが必要である。

5 除染

除染は、汚染部位からの被ばく線量を減らすこと、体内汚染の防止すること、二次汚染を防止すること、正確な体内汚染の評価を目的に行われる。実際の作業は、ふき取りや、水洗いで、汚染物質をぬぐいとることである。この際、汚染を広げないように注意して行う。皮膚の汚染に関しては、皮膚に物理的および化学的に障害を起こさないことに留意しなければならない。そのために、汚染部はやわらかいブラシやスポンジやさしく洗う。必

要であれば、温水を使用するが、この際にも、水を飛ばさない、使用した水は保管し分析するといった点に留意する。水は、とりわけ眼、鼻、口、耳などの開口部に飛ばさないよう注意する。石鹸が必要な場合は、非刺激性(中性)もしくは外科用せっけんを用いる。汚染面積が広い場合には、専門家の指導の下でシャワーを使用することもある。創部の除染は、汚染を広げないように、汚染部位以外をドレープなどで覆い行う。生理食塩水などで、創部を洗浄する。除染は汚染レベルが下がらなくなるまで行う。

6 内部汚染の検査

内部汚染は、前述した鼻腔スワブ、血液、尿などの生体試料より判断する。Whole Body Counterのある施設では、それを用い γ 線を出す放射性物質を測定することができる。

7 後方搬送の検討

内部汚染を伴う例、広範囲の重症の汚染例、高線量被ばく例、被ばくの形態が不明な例は、放医研などの三次機関への搬送を検討する。

おわりに

実際に放射線によるテロが起これば、通常の爆発物によるものと異なり、救助者の防護や被災者の除染が必要になってくる。これは、方法に多少の差異はあるものの、生物兵器や化学兵器への対応と、類似している。しかし、放射線による汚染は、サーベイメーターで検出することができるので、適切な防護・除染を行うことにより、医療従事者は安全に作業することができる。

今回は、放射線による災害、テロについて、放

射線の性質、想定される災害、医療対応について、述べてきた。しかし、実際のNBCテロにおいて、もっとも対応に苦慮するのは、原因物質の特定であろう。放射線テロが起きた場合、五感で感じられないこと、症状の発現が遅れることなどの放射線の特性は、原因物質の特定を遅らせる一因となるであろう。しかし、放射性物質の汚染は、どういふ放射線を出すかにより使用するサーベイメーターが異なるが、判断できる。このことは、放射

性物質によるものとの特定をするだけでなく、除外診断としての価値もある。したがって、放射線に対してのサーベイは、不明物質によるテロにおいても、重要となるだろう。

このように、放射線の防護、サーベイは、放射線による災害・テロ対応では、非常に重要である。しかし、それを実施する上では、放射線防護・管

理の専門家の協力が不可欠である。日本の緊急被ばく医療体制は、主に、原子力発電所での事故を想定しているため、原子力施設立地道府県以外においては、充実していない。したがって、テロ対策には、このような資源を生かした、連携、協力が必須となる。このような体制の整備が、今後の課題といえるだろう。

(参考文献)

- 1) 明石真言：放射線事故における患者処置の基本<1>。放射線科学，39：136-144，1996。
- 2) 明石真言：放射線事故における患者処置の基本<2>。放射線科学，39：223-227，1996。
- 3) 明石真言，下村 智，蜂谷みさを：放射線核種の除染（第一部）。保健物理，33：41-56，1998。
- 4) 明石真言，下村 智，蜂谷みさを：放射線核種の除染（第二部）。保健物理，33：171-188，1998。
- 5) 長瀧重信，前川和彦（監）：緊急被ばく医療の基礎知識。（株）タカトープリントメディア，東京，2000。
- 6) 近藤久禎：放射線事故（東海村臨界事故）。Emergency nursing，14：502-506，2001。