

消防職員への放射線教育の実施

上村実也

応用分析技術系

1. はじめに

熊本県消防学校では、毎年、特殊災害科や警防科等の課程において、NBC対策関連の講義及び実習が企画・開催されている。これらの課程の中で、放射線災害時の対応に関する講義を担当した。

講義実施日：平成25年11月20日（水）13:00～17:00

平成26年 3月 6日（木）13:00～17:00

2. 講義において工夫した点

講義内容を考える上で、話題のミスマッチを防ぐために、あらかじめ、受講者の受講動機（当該研修課程における到達目標、受講者からの質問事項等）と、受講者の放射線に関する知識の度合いについて調査した。

調査の結果、受講者は、熊本県内（熊本市、有明広域人吉下球磨、水俣芦北、八代広域、天草広域連合、山鹿植木、宇城広域連合、菊池広域連合、阿蘇広域、上球磨、上益城及び高遊原南）の消防職員（消防士、消防副士長、消防士長、消防指令補）で、年齢は、27歳～44歳と広範に及び、ほぼ全員が放射線に関する知識を有していないことがわかった。また、質疑事項として以下の事項が寄せられた。

- ① 災害に対する各消防本部の装備や資器材、活動指針等について
- ② 特殊災害発生時の安全管理体制、関係機関との連携について
- ③ 多数傷病者発生時の報道対応、現場トリアージ、指揮要領
- ④ 警戒区域の設定要領について
- ⑤ 現場での安全管理について
- ⑥ 効果的な訓練方法について
- ⑦ 各種災害での現場指揮
- ⑧ NBC災害時の対応について

3. 講義の概要

前述の事前調査結果を基に、本論への導入として、まず、放射線の利用状況と熊本県においても起こり得る放射線事故事例を説明し、放射線事故の特性のうち「人々を簡単に不安に陥れる」の最大の理由は、放射線に関する知識が乏しいためであることを解いた。続いて、教室内及び肥料からの放射線の量をサーベイメータで測定することで、受講者の関心を引き寄せた。

本論では、話題を①基礎知識、②放射線災害時の対応と③活動の要点の三項目に分けて順次説明した。各項目の内容は次のとおり。

(1) 基礎知識

① 放射線の利用

放射線や放射性物質は、原子力施設の他、病院、研究所、大学や工場等において医療をはじめ、工業や農業等に広く利用されている。病院等で利用される放射性物質は、宅配貨物として輸送されてい

る。

② 放射線事故

放射線や放射性物質を取り扱うためには、法令によって、その管理の徹底が義務付けられており安全が確保されている。この管理されているはずの放射線や放射性物質が、人的又は外的要因による何らかのトラブルの発生によって管理状態から逸脱し、これによって環境や人に影響を及ぼし又はその恐れのある事象を「放射線事故（災害）」という。

③ 放射線災害の特性

放射線災害は、人の五感（視覚、嗅覚、触覚、聴覚、味覚）で察知することができず、また、放射能・放射線に関する知識の乏しさから、例えば、人体への影響がほとんどない量の「放射性物質」が撒かれた場合であっても、報道等によって「放射能汚染」という言葉や文字によって人々を簡単に不安に陥れることができ、社会的な混乱を来す特徴がある。また、放射線被曝の量によっては健康に悪影響を及ぼし、放射線を受けた個人の身体的影響（早期障害、晩発障害）が起こる場合がある。

④ 放射線・放射能

「放射能」と「放射線」の関係は、「光源」と「光線」との関係に似ている。

「放射能(radio-activity)」とは、放射線 (radiation) を放出する性質や（放射能の）量「毎秒何個の放射線を出すか（正確には原子の単位時間当たりの壊変数）」のことで、放射能を有するもの（物質、元素）のことを「放射性同位元素(radioisotope)」といい、一般的には「放射性物質」と呼ばれている。「放射線（正確には「電離放射線）」とは、物質を構成する原子を電離するエネルギーを有する粒子や電磁波（電波）のことである。放射線には、アルファ線、ベータ線、ガンマ線等の種類がある。

⑤ 放射線の性質

アルファ線は、原子核から陽子2個、中性子2個で構成する粒子が放射されるもので、質量数が大きな種類（核種）から発生する。

ベータ線は、原子核内の中性子が陽子になるときに原子核から電子が放射されるもので、中性子の数が多い核種から発生する。

ガンマ線は、アルファ線やベータ線の放射に続いて原子核から光の速度と同じ速度で放射される電磁波である。エックス線は、原子核の周囲で発生する電磁波である。放射線の種類によって、物体を透過する能力が異なる。

⑥ 自然放射線

地球は今から46億年前に約1億年間かけて宇宙に漂うガスや塵が激しく衝突したり合体して次第に重力によって周りの微惑星を引き寄せて成長することで出来上がった。特に重たいウランやトリウムなどは、地球内部に沈み込んで、その後の地殻変動によって地表から深い位置や浅い場所及び海水中に存在している。

また、地球に降り注ぐ高エネルギーの放射線（一次宇宙線）が上層大気中で空気との相互作用によって二次宇宙線が発生している。二次宇宙線と酸素、窒素、アルゴン等との衝突によって多くの放射性物質が生成されて、大気の循環によって海水、土壌、空気等に混じって存在している。これらから発生する自然放射線によって、私たちは世界平均で1年間あたり2.4ミリシーベルトを被ばくしている。

⑦ 放射線の人体に与える影響

放射線が人体に当たると、その瞬間に物理的な作用が起こり、これにより生物学的な影響が起こる場合と放射線が当たった後、数時間内に起きる化学的な変化により生物学的な影響が起こる場合がある。

放射線の人体への影響は、身体的影響（確定的影響と確率的影響）、遺伝的影響及び精神的影響に分類さ

れている。確定的影響は、症状が現れる被ばく線量にしきい値があつて被ばく線量が増す毎にその発生確率が上昇するとともに症状が悪化するものである。確率的影響は、しきい値はなく被ばく線量が増す毎に、同じ量被曝した集団において、ガンや白血病で死亡する割合が高くなるというものである。遺伝的影響については、広島・長崎のデータが検証されているが、発生の事実は確認されていない。

⑨ リスク

リスクとは、積極的な行動を行う上で「危害または損失の起こるおそれがあること」あるいは「危害または損失の起きる程度（確率）」のことで、人が行動するときには、どのような場合でも危害や損失の可能性が伴うのでリスクはゼロということはありません。自宅に居続けたとしても、火災、天災等によるリスクがあり、歩いて躓くこともある。家を一歩出ると、交通事故によるリスクが伴う。社会で大事故が起きるとそのリスクに対して敏感になり、その報道がなくなると私達の記憶から消え去ってリスクの評価も下がっていく傾向がある。「放射線」については、わが国では原子爆弾による被害を受けた経験があり、原子力発電所の事故が起こったこと、また、「放射線」は五感（見る、嗅ぐ、聞く、触る、味わう）に感じないことや「放射線」についてあまり知らないことから、「放射線」に対してのリスクを高く感じる傾向がある。

ガンによる死亡のリスクは、おおよそ人口10万人あたり1000人(1×10^{-3})であり、これと同程度のリスクとなる放射線被曝の線量は、ICRP1990による放射線リスク推定値（致死性ガン）が1シーベルトあたり 5×10^{-2} であることから20 ミリシーベルトと計算できる。国立がん研究センターの解析によると、放射線を100 ミリシーベルト程度被曝した場合には、がんの発生割合が1.05倍になるが、この割合は受動喫煙、野菜不足や運動不足によるものと同程度であると報告している。

放射線による被曝については、可能な限り低く抑え、かつ、確定的影響（白内障、皮膚炎等）の発症を阻止し、確率的影響（ガン）の死亡確率を社会的に容認できる割合（他のリスク以下）にするという考え方に基づいて、法令において「線量限度」が決められている。

⑩ 放射線測定

放射線は私たちの五感では察知できないが、放射線測定器を利用することで感度よく検知することができます。なお、放射線測定器の特性を十分に把握して適切に活用する。例えば、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータは放射線災害時における線量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）の測定に使用します。エネルギーが50 keV～3 MeVのガンマ線の線量が測定できる。

(2) 放射線災害時の対応

① 関係法令及び組織

熊本県内で武力攻撃事態等の疑いがある事態が発生した場合には、国民保護法に基づいて県では熊本県緊急事態連絡本部を設置し、国をはじめ関係機関と相互に連携協力を図ることにより、的確かつ迅速に応急措置が実施できるよう初動体制を確立することになっている。なお、原子力災害については、九州電力玄海原子力発電所及び川内原子力発電所における事故を想定した防災計画の策定が進められている。

災害が発生し、国からの警報発令又は知事が県連絡本部の設置の必要があると認めた場合には、県防災センターに県連絡本部を開設するとともに、県連絡本部に必要な各種通信システムを起動し、資機材の配置等必要な準備を開始する（特に、関係機関が相互に電話、FAX、電子メール等を用いることにより、通信手段の状態を確認）。また、危機管理・防災消防総室長から、直ちに、知事の指定した指定地方公共機関に対して、県連絡本部を設置した旨が通知される。また、現地関係機関（市町村、消防機関、警察機関、海上保安庁、自衛隊、医療機関等の現地で活動する機関をいう。）の活動を円滑に調整する必要があると認めるときは、現地調整所を設置し、現地関係機関の間の活動調整及び情報共有を行う。

現地連絡調整所には、警察、消防、海上保安庁、保健所、医療機関、市町村、自衛隊、その他必要な機

関からそれぞれの活動に対して指揮権限を有する者又はその代理者が参加する。

広報については、情報の混乱を避けるために、窓口を本部に一本化し、市町村や警察等と連絡を密にして連携を強化する必要がある。住民に対しては、広報車両、テレビ、ラジオ及びホームページ等を通じて、災害の状況、避難指示、禁止事項、安否情報など必要な情報を迅速に提供することが重要である。

近年、外国からの移住者、旅行者、留学生等も増加しており、外国語での広報についても配慮する必要がある。

救急活動を円滑に行うため、本部は現地連絡調整所を介して災害現場での救助活動に必要な支援を行い、必要により、現地救護所におけるトリアージや応急処置の実施のため救護班を派遣する。

医療活動を行うために、本部では救急告示医療機関の収容能力を超える場合又は超えることが予測される場合は、早期に後方医療施設等への収容等、調整を行い、放射線災害の特性に応じて、その治療方針について専門家の意見を聴取するとともに、治療に必要な情報の提供やワクチン、抗生物質、ヨウ素剤等の薬品類の確保に努める。

災害の原因物質を特定したとき、又は、HGVI等の簡易検知器で結果が出た場合には、速やかに本部又は現地連絡調整所に連絡する。被害の拡大を防止するためには、被災現場において、警察、消防等により警戒区域や危険区域を設定する。この際、必要に応じて専門家に協力を要請する。市町村は、現地連絡調整所においてこれらの機関と連携し、付近住民に対して周知徹底を図る。

② 隊員の被曝管理

外部被曝の防止のため、放射線測定器を携行し、放射線危険区域に入る隊員には、個人被曝線量計を着用させ、さらに、皮膚及び体内に放射性物質が取り込まれないように防護服を着用させる。災害現場では、専門家の協力を得て放射線量を把握し、被曝線量限度を超えないように放射線危険区域における活動時間を設定する。また、体内に放射性物質を摂取したおそれがある場合には、併せて、内部被曝線量を評価する。

被曝線量は、個人被曝線量計による外部被曝線量と内部被曝線量及びこれらを合算した値を記録・保存する。緊急時の被曝線量限度は、人命救助の場合は100ミリシーベルト、その他の場合は10ミリシーベルトである。特別な災害が発生した場合には、別途、政府により線量限度が決定されることがあり、東京電力福島第一原子力発電所事故の災害における活動にあつては、一時的に250ミリシーベルトとされた。

③ 被曝と汚染の違い

「被曝」とは、放射線に曝されること、「汚染」は、放射性物質で汚れるという意味である。汚染した箇所からは、汚染除去が完了するまでの間、放射線の発生が伴う。不用意に汚染箇所に立ち入ると靴底も汚染して、歩き回るほどに汚染の範囲が拡大する。また、液体が揮発性のものであれば、放射性物質を呼吸により体内に吸入したり、皮膚からの浸透が起こり得るので、出勤の際には、サーベイメータ、アラームメータに加えて手袋、マスク、防護服を携行・着用する「特別対応」。現場に到着したら、サーベイメータで周囲の放射線量を測定し、その放射線量（線量率 μ Sv/h）と救出に要する時間の積から当該救護作業に伴う外部被曝線量（ μ Sv）を計算します。この値に放射性物質の体内への吸収による内部被曝線量も過大評価して加算して被曝線量を予測し、緊急作業時の被曝限度を超えないように活動時間を周知徹底する。

さらに、要救援者が汚染している可能性があるので、サーベイメータで要救援者の全身表面の汚染測定を行い、汚染部位を発見した際には汚染の拡大を防止する目的でその部位をはぎ取るか毛布等で養生し、さらに搬送中の汚染拡大の防止と搬送後の除染を容易とするために担架や車両等の要救援者の身体が触れる可能性がある範囲をビニール等で養生しておく。

④ 被曝からの防護

放射線から身を守るためには、「外部被曝」並びに汚染がある場合にあっては「内部被曝」それぞれの防護について対策をとる必要がある。

「外部被曝」の防護対策としては、放射線発生源からの「距離」をとる、放射線に曝される「時間」を短くする、放射線しゃへい物によって「しゃへい」する「防護の三原則」を用いる。外部被曝で重要な放射線の種類は、エックス線、ガンマ線、中性子およびエネルギーの高いベータ線である。

放射線は、放射線測定器を用いることで感度良く検知できる場合が多いので、特殊災害の現場にサーベイメータを携行し放射線量を測定することで、放射線災害であるか否かを判断する。測定の結果、放射線が検知されなかったら他の特殊災害等の対応を行う。

緊急作業を行う際には、速やかに「消防警戒区域」を設定し、縄張り、見張り人を置いて立入を制限し、「放射線危険区域」を設定し立ち入る隊員を特定する。放射線危険区域内で緊急作業を行う際には、サーベイメータで線量を測定し、さらに隊員にアラームメータ等の個人被曝線量計を装着させて被曝線量を管理することにより安全を確認する。

(3) 活動の要点

① 災害時の対応

放射線災害のおそれがある場合には、個人被曝線量計、防護服、マスク等を装着するとともに、放射線は人間の五感では察知できないことから、災害現場に到着した際には、事故施設等の担当者が居る場合には災害の状況を聴取するとともに、まず、サーベイメータを用いて放射線の有無を測定することで放射線災害であるか否かを見極めることが重要である。

放射線災害であることを確認した際には、要救援者の身体の汚染の有無を測定し、汚染があれば、その汚染の範囲が拡大しないように汚染した部位や担架・車両等の養生を行ってから指定の病院へ搬送する。続いて（または平行して）他の災害であるか否かを確認して活動する。

② 予防

熊本県においては、現在のところ原子力発電所の立地はないが、テロによる核・放射性物質を用いた攻撃の可能性は否定できない。また、放射性物質、核燃料物質、サイクロトロン、X線装置等は、病院をはじめ、工場、大学、研究所等で広く利用されており、火災や地震等による災害、または、放射性物質等の輸送中の事故、線源の盗取等により放射線災害が発生するおそれがある。

工業用エックス線装置は、電源を切ることによって放射線の発生を停止できるが、病院に設置してあるリニアックやサイクロトロンは、放射化している部品が存在している場合がある。

熊本県内で放射線災害が発生した場合を想定して、一般火災等と同じように、「予防」と「訓練」の継続が重要であると考え。具体的には、管内の事業所が所持している放射性物質等を把握し、事業所に対して厳重な線源管理と立入管理の徹底を指導・要請し、災害発生を想定した協議・訓練を実施する。

4. 成果

この成果について、公益社団法人日本アイソトープ協会主催平成25年度放射線安全取扱部会年次大会においてポスター発表を行った。