

平成 29 年度厚生労働科学研究費補助金(健康安全・危機管理対策総合研究事業)
「 CBRNE テロリズム等の健康危機事態における原因究明や医療対応の向上に
資する基盤構築に関する研究」
分担研究報告書

「CBRNE 災害に対する国際的な動向にかかわる研究(放射線分野)」
研究分担者 明石真言 (国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 執行役)

研究協力者 立崎英夫、相良雅史、富永隆子
(量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 被ばく医療センター)

研究要旨

放射線分野に関係する国内外の指針、ガイドライン、関連する技術の開発の動向等の情報を同定、収集、分析するとともに、平成 29 年 6 月 6 日に茨城県大洗町で起きたプルトニウム等による体内被ばく事故の事例を解析し、対応の課題点を明らかにした。これまでに原子力施設での事故・災害対策の他に、テロ災害に関するマニュアル、ガイドライン等が国際機関や諸外国で作成されているが、頻度の高い事象を対象としたものが多い。国内外の研修、演習、訓練も原子力施設での事故対応だけでなく、放射線テロに対応する人材のすそ野を拡大すること、特に頻度が少ないテロ・災害に対する関係機関の相互理解、共通認識が必要である。このために放射線テロ対策として、事故の分析、薬剤の備蓄、病院前医療体制の整備、研修、訓練のさらなる充実が図られるべきである。今回の研究から、多数者が巻き込まれる内部被ばく、特にプルトニウム等アクチニドによる内部被ばくに関しては、ほとんど対策ができていないことが判明した。

A. 研究目的

東京オリンピック等の大規模国際イベントを控えた日本における健康危機管理・テロリズム対策の強化は喫緊の課題である。当該研究では、放射線分野に関係する国内外の最新の指針・ガイドライン、事故、その他関連する技術の開発の動向等の情報を同定・収集・分析・提供し、我国対応体制の脆弱性に対して、健康危機管理・テロリズム対策の強化に資することを目的とする。

B. 研究方法

国際原子力機関 (IAEA) や世界保健機関

(WHO) 等の国際機関、世界健康安全保障イニシアティブ (GHSI) あるいは諸外国から示されている放射線災害・テロリズムに関連する指針、ガイドライン、マニュアル等の情報について、会議への参加、インターネット等を通じて収集する。さらに平成 29 年度の国内外で実施される放射線緊急事態および緊急被ばく医療に関するワークショップ、研修、演習、訓練等での情報の取得、参加者等との情報交換によって、放射線および放射性物質による緊急事態、テロリズムの対策に関連する情報、技術の開発の動向等を、収集、分析、提供する。事故が起きていた場合、その情報を収集、分析する。

(倫理面への配慮)

本研究は、すでに公表されている指針、ガイドライン、マニュアル等あるいは、研修、講習、訓練、事故報告等についての情報の取得、技術の開発の動向等を、収集、分析、提供するものであり、倫理面への配慮は必要ない。

C. 研究結果

1. 指針、ガイドライン、マニュアル等

WHO では、Guidelines Development Group (GDG)の会合で、2012 年より放射線緊急事態での公衆の防護として、安定ヨウ素剤による甲状腺の防護に関するガイドラインの改訂作業を行ってきた。2016 年 1 月に 2 回目の会合が開催され、「Use of iodine thyroid blocking as urgent protective action during a nuclear emergency」のドラフトが作成され、2017 年 11 月現在 WHO 本部で最終の調整が行われている。なお、日本における原子力防災での安定ヨウ素剤に関するガイドラインは、原子力規制庁から「安定ヨウ素剤の配布・服用に当たって」(平成 28 年 9 月 30 日修正)が出されており、ヨウ化カリウム内服ゼリーの製造、販売が始まった。ヨウ化カリウム内服ゼリー 16.3mg「日医工」とヨウ化カリウム内服ゼリー 32.5mg「日医工」がある。

IAEA では、Joint Radiation Emergency Management Plan (JPLAN)を更新した。JPLAN は、核もしくは放射線緊急時に国際機関が協調・調和して行動することを目的として、IAEA が著したものである。2000 年に IAEA Emergency Preparedness and Response (EPR)の一環として JPLAN を示したもので、Inter-Agency Committee on Radiological and Nuclear Emergencies (IACRNE)とは、2017 年版を作成した 18 の国際組織からなり、JPLAN は各国機関の準備並びに対応状況に関する理解を共有し、IAEA は事務局機能を持つ。2017 年版では、国連開発計画 (UNDP) が共催として加わり、国際赤十字社

が構成員となった。また後述する『ConvEx』が、この IACRNE による対応を検証することにもなった。

IAEA は、医学物理士を対象とした国際的、標準的研修プログラムを主導して開発し、「Guidance for Medical Physicists in Support of Nuclear or Radiological Emergencies」を作成してきたが、Nuclear and radiological emergencies: Building capacity in medical physics to support response と題する論文にまとめ、Physica Medica 42: 93-98, 2017 に発表した。医学物理士^{*}は、放射線医学における物理的および技術的課題解決に先導的役割を担う者と定義されており、放射線および医療に関する知識、技術を持っている。そのため、通常の業務では放射線治療、放射線診断、核医学、放射線防護・安全管理を担っているが、放射線テロ災害時には、放射線防護、線量評価の専門家として活動できる潜在的な能力がある。放射線テロ災害対処が可能である人材のすそ野を拡充させるためのプログラムである。

2. ワークショップ、研修、演習、訓練等

事例が少ない放射線が関係するテロ災害への対処には、医療、放射線防護、被ばく線量評価などの多岐にわたる分野の専門家が不可欠である。しかしながら、放射線事故・災害、「核・放射線」(NR)テロ災害対処に精通した被ばく医療、放射線防護、被ばく線量評価の専門家は世界的にも少なく、共通の課題である。

国際研修としては、量研放医研において 2 つの研修会を開催した。

^{*}日本において、医学物理士の認定は 1987 年の日本医学放射線学会医学物理学者認定制度から始まっており、関連 3 学会を財産の拠出者として 2009 年に医学物理士認定機構が発足し、2016 年 5 月 31 日現在、認定証を交付されている者の数は、959 名に達している。http://www.jbmp.org/wp-content/uploads/list_1987-2015.pdf

1) The NIRS training course on radiation emergency medicine in Asia 2017 in cooperation with WHO and IAEA

(千葉、2017年9月19-21日)

IAEA-CBCの活動の一つとして開催された研修会であり、19か国から放射線緊急事態に関わる人材として24名が参加した。放射線緊急事態での公衆の放射線防護に関する事項を中心に、講義、机上演習、実習によりプログラムが構成された。

2) NIRS-KIRAMS Training Course on Radiation Emergency Medicine for Korean Medical Professionals 2017

(千葉、2017年4月25-27日)

韓国の緊急被ばく医療に関わる医療関係者向けの緊急被ばく医療の研修会を韓国原子力医学院(Korea Institute of Radiological and Medical Sciences)と量研放医研が共同で2005年より毎年開催しており、本年度は20名が参加した。

3) GHSIのワーキンググループ(GHSAG、世界健康安全保障行動グループ)の一つである放射線・核のワーキンググループ(Rad/Nuc WG)の会合は、今年度7月6日にジュネーブで開催されたが出席できず、6月6日と10月31日に開催された電話会合に出席し、今後の計画を討議した。

さらに国外で開催された研修、講習等に講師を派遣し講義等を行った(表1)。近年は原子力施設の保有にかかわらず、テロやNBC、CBRNEなどがキーワードとなっており、多くの放射線緊急事態に関する研修、演習が実施されている。10月4-5日スウェーデンのストックホルムで、第5回放射線・核事態の医療処置に関する国際専門家コースが、カロリンスカ研究所、WHO、ヨーロッパ骨髄移植学会(EBMT)等の主催で行われた。対象は、医師、看護師、消防を含むfirst respondersであり、事態発生から病院まで、また事態に伴う精神的影響に関しても講義があっ

た。スウェーデンでは原子力発電所が、日本と同様に海岸に設置されていること、さらにテロへの対応を考慮した医療者向けの研修が定期的に行われている。

マレーシアには原子力発電所はないが、テロを想定した研修が定期的に行なわれている。

3. ConvEx: 国際緊急時対応演習

IAEAは、原子力事故関連の2条約に基づき原子力事故又は放射線緊急事態発生時の国際的な通報及び援助の枠組みを構築しており、この実効性の確認と継続的な改善等を目的として実施される国際緊急時対応演習(ConvEx: Convention Exercise)を実施している。ConvExは演習の範囲に応じて1a~1d、2a~2d、3の9つのカテゴリーがあり、今年度は12月14日現在、ConvEx-3(6月21日~23日)とConvEx-2b(12月6日~8日)が実施された。ConvEx-3は情報交換の仕組み及び援助の要請・提供の全活動を試験するものであり、3年~5年に1回、周知済の日取りで実施される(最長3日間)。また、ConvEx-2bは援助の要請及び提供に係る仕組みを試験するものであり、年1回、周知済の日取りで実施される(最長3日間)。演習ではIAEAの事故・緊急事態対応センター(IEC: Incident and Emergency Centre)から発災国からのメッセージ、要請内容を参加国の連絡ポイント(NCA: National Competent Authority)へ転送され、参加国内で所管する官庁(日本では外務省国際原子力協力室、原子力規制庁長官官房総務課国際室)から情報がRANETの援助機能に登録された機関へ発信される。

ConvEx-3の想定は、ハンガリーの原発で事故が発生し、放射性物質の環境への著しい放出を伴い、かつ防護対策を必要とする著しい放射線影響を伴う原子力緊急事態を模擬し、作業員2名の汚染・被ばくへの対処及び原発の風下20kmの都市住民への健康影響評価と安定ヨウ素剤

投与、長期的な防護策、リスクコミュニケーション等への援助要請であった。

ConvEx-2d の想定は、マレーシアでイリジウム線源の盗難事件が起こり、4名の急性放射線症(ARS)患者が発生したため、被ばく線量予測と線量再構築、環境モニタリング、医療の助言等への援助要請であった。

どちらも通報内容としては、緊急時対応援助ネットワーク(RANET: Response and Assistance Network)の枠組みで、加盟国に環境モニタリング、復旧、医療、生物学的線量評価、バイオアッセイ、内部被ばく線量評価、除染の支援要請がなされ、量研放医研はRANETの登録機関として対応可能な支援について回答した。

4. 日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターにおける汚染及び作業員の被ばく

【概要】平成29年6月6日11時15分頃、茨城県大洗町の同施設燃料研究棟(管理区域)で、作業員5名が α 核種であるプルトニウムやアメリシウムの入った貯蔵容器をフード内で点検中に樹脂製の袋が破裂して体内汚染が発生した。我が国初のキレート剤による治療が行われた事故である。

参考 日本原子力研究開発機構 平成29年9月29日「大洗研究開発センター燃料研究棟における汚染について(第3報)」

【経緯】

平成29年2月から、核燃料物質の管理状態を改善するための作業の一環として、既存貯蔵容器(80個)の空き容量等の確認作業が開始され、31個目の確認作業中に発生した。

事故が起きた部屋の出口に、汚染拡大防止のために設置したグリーンハウス内での身体汚染検査の結果、5名の特殊作業衣等に汚染(最大 322 Bq/cm^2 以上(α 線))を確認、4名に皮膚の汚染、うち3名から鼻腔内の汚染(最大 24 Bq 、 α 線)が検出された。皮膚の汚染はシャワーと

ホースからの冷水で除染を行い、検出限界

(0.013 Bq/cm^2 、 α 線)以下になったと判断された。3名のポケット線量計の読み取り値は $2\text{ }\mu\text{Sv}$ 、 $3\text{ }\mu\text{Sv}$ 、 $60\text{ }\mu\text{Sv}$ であった。その後作業員は、同県東海村の同機構核燃料サイクル工学研究所で行われた肺モニタで、 ^{239}Pu と ^{241}Am について最大でそれぞれ $22,000\text{ Bq}$ 、 220 Bq と評価されたため、全員にキレート剤(Ca-DTPA)が投与された。6月7日に作業員5名を量研放医研に搬送し、肺モニタ測定等を含む線量評価と治療を受けた。

【問題点】

今回の事故は ^{239}Pu と ^{241}Am という α 核種による体内汚染事故であり、核種の検出並びに測定、線量評価に問題が提起された。

1. 量研放医研に搬送された際に皮膚に汚染が検出された。 α 核種は体表面であっても、汗や血液などの水で遮蔽されるため、測定時には十分に水分を除去することが求められる。事業所での汚染検査は、水分の存在下で行われた可能性があった。テロなど多数の汚染者がいる場合、見落とされることが予測される。
2. ^{239}Pu と ^{241}Am という α 核種の体内汚染を体外から測定するためには、肺モニタという非常に低エネルギーの特性X線をする機器が必要であるが、我が国には3-4台くらいしかない(図1)。





図1 量研放医研に設置された肺モニタ

肺モニタは測定時に、自然界からの放射線を遮蔽するため、厚い鉛で覆われた部屋に設置されている。肺内検出限界は30分測定の場合、 ^{241}Am で10 Bq、 $^{239+240}\text{Pu}$ で5,000-10,000 Bqである。

3. 肺モニタなどによる体外計測では、体表面汚染の残存は大きな問題となる。これは体内と体表面の放射性核種を区別できないからである。エネルギーの大きい ^{60}Co 、 ^{134}Cs や ^{137}Cs の γ 線の場合、whole body counter (WBC)は体内と体外の両核種を同時に測定してしまう。一方肺に10,000 Bq以上の ^{239}Pu が吸入された場合、エネルギーの低い特性X線を体外から肺モニタで検出可能であるが、それ未満の場合検出できない。しかしながら、体表面に汚染があれば、肺の ^{239}Pu が10,000 Bq未満であっても、肺モニタは体表面の ^{239}Pu のみを検出し、肺にあるかのような過大な評価となる(図2)。

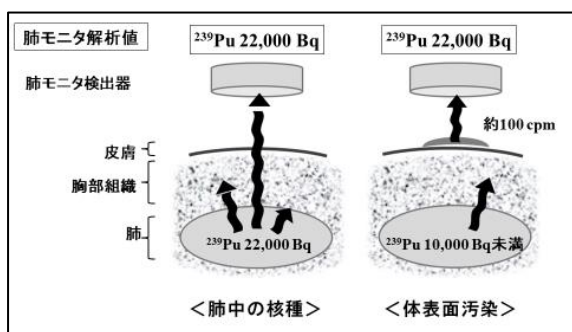


図2 体表面に ^{239}Pu による汚染がある場合の過大評価

- A. 肺に ^{239}Pu が22,000 Bqある場合、肺モニタが低エネルギーの低い特性X線を検出する。
 B. 肺に ^{239}Pu が検出限界値10,000 Bq未満であっても、体表面に ^{239}Pu による100 cpmの汚染があれば場合、肺モニタでは ^{239}Pu が22,000 Bqある場合と同じ放射線を検出してしまふ。

4. 肺モニタで計測できない場合、便や尿のバイオアッセイが不可欠になるが、これを行うことができるのは我が国では2-3施設のみであり、Pu等のアクチノイドによる体内汚染者が多数出た場合の対応は、現状では不可能である。
 5. PuやAm等の体内汚染の治療には、一般名ペンテト酸亜鉛三ナトリウムである、CaDTPAやZnDTPAの静注を行う(図3)。しかしながら、量研放医研を除いて、数人分のDTPAを備蓄している施設が数カ所あるのみで、多人数が汚染した場合の備蓄がない。

D. 考察

これまで大規模な放射線緊急事態としては、主に原子力施設の事故、災害が想定され、マニュアル等が整備されてきた。また、小規模な被ばく、汚染の事故としては、工場や研究施設、医療機関などの放射線源による事故が想定されていた。しかしながら、実際に起きた事象を検証することは重要であり、特に事例が少ない放射線に関する事例に関しては不可欠である。今回は、マニュアルと研修のみならず実際に起きた事故の対応から、同様にさらに大規模の事故が起きた場合の問題点を考えた。PuやAm等の体内汚染事象は少ないため、経験もなく、診断機器も治療薬も少ない。さらに最も重要な、人的な資源はほとんどない、とっていい。多数への対応の研修やガイドラインの見直しが行われても、現実の対応はできない。外国における対応も含めて本格的な稀少事例の調査・研究が必要である。

E. 結論

放射線テロ対策としての薬剤の備蓄、事象発生時の特定医療機関の役割、病院前医療体制の整備、研修の充実が図られるべきである。

放射性物質による汚染は、汚染部位からの放

射線による被ばくを起こすのみならず、体内被ばくに対する体外測定のおかげになる。多人数が関係する体内汚染への対応は今後の課題である。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Shimizu Y, Iida H, Neno M, **Akashi M**. Importance of Supporting School Education on Radiation After the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *J Health Educ Res Dev*. 5:1-4, 2017
- 2) Berris T, Nüsslin F, Meghzifene A, Ansari A, Herrera-Reyes E, Dainiak N, **Akashi M**, Gilley D, Ohtsuru A. Nuclear and radiological emergencies: Building capacity in medical physics to support response. *Phys Med*. 42:93-98, 2017
- 3) Kunishima N, Kurihara O, Kim E, Ishikawa T, Nakano T, Fukutsu K, Tani K, Furuyama K, Hashimoto S, Hachiya M, Naoi Y, **Akashi M**. Early Intake of Radiocesium by Residents Living Near the Tepco Fukushima

Dai-ichi Nuclear Power Plant After the Accident. Part 2: Relationship Between Internal Dose and Evacuation Behavior in Individuals. *Health Phys*. 112: 512-525, 2017

- 4) Ojino M, Yoshida S, Nagata T, Ishii M, **Akashi M**. First Successful Pre-Distribution of Stable Iodine Tablets Under Japan's New Policy After the Fukushima Daiichi Nuclear Accident. *Disaster Med Public Health Prep*. 11:365-369, 2017
- 5) 明石真言、相良雅史 「放射線緊急時の初動対処」 *救急医学* 42:2018 (1月号) 印刷中

2. 学会発表

- 1) **明石真言**; 「日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターでの報告」第5回放射線事故・災害医学会 年次学術集会 2017年9月16日 杏林大学 井の頭キャンパス

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 特になし

表 1 講師を派遣した国外の研修会・講習会

	研修会・講習会	開催国 (開催年月)	講師派遣による講義・講演
1	3rd International and 5th National Table Top Exercise and Communication in Disaster Medicine 2017 (TOPCOM V))	マレーシア 2017年8月	<ul style="list-style-type: none"> • Radiological/Nuclear Agents and Detection Mechanism: Management of Radiation in Fukushima
2	NCT Asia & SISPAT	シンガポール 2017年3月	<ul style="list-style-type: none"> • Biological Influence of Radiation • Emergency medical treatment in the radiation disaster
3	The 5th international expert course on the medical management of radiological and nuclear events	スウェーデン 2017年10月	<ul style="list-style-type: none"> • REM in practice: Lessons learned from the Tokaimura accident • REM in practice: Lessons learned from the Fukushima accident