

# JAMMRA

# JAMMRA

Japanese Association for Medical Management of Radiation Accident

放射線事故医療研究会会報

## 地域レポート

### 横須賀共済病院の取り組み

横須賀共済病院救命救急センター長 鈴木 淳一

国家公務員共済組合連合会横須賀共済病院は、横須賀市、逗子市、三浦市、葉山町の3市1町で構成される人口約56万人の三方が海に面した三浦半島地域の基幹病院です。1906年横須賀海軍公廠職工共済会医院として発足し、2005年には神奈川県で8番目の救命救急センターを開設し、現在では医師数約170名、病床数1,028床(本院735床、分院293床)の総合病院です。周囲には核燃料供給を行っている株式会社グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン

(GNF-J)と在日米海軍横須賀基地内に停泊する原子力艦の2つの原子力関連施設があり、横須賀市は災害対策基本法および原子力災害対策特別措置法に基づいて横須賀市地域防災計画

(原子力災害対策計画編)を作成し、県、行政機関、公共機関、原子力事業者、その他関係機関と協力して原子力災害業務を遂行することになっています。そのような環境下、横須賀共済病院は横須賀市立病院とともに初期被ばく医療機関に指定されています。

初期被ばく医療は、救命救急センターを中心に放射線技師、外来看護師、総務課等で行うことになっています。実際に動けるスタッフを育

てるために、医師、看護師を放射線医学総合研究所で開催される緊急被ばく医療セミナー、緊急被ばく救護セミナーに参加させて放射線医学と被ばく医療の基礎知識を身に付けさせています。また平成19年10月27日には当院で、原子力安全研究協会の緊急被ばく医療基礎講座I(除染コース・搬送コース)が開催され、放射線災害の知識と除染の実際について、多くのスタッフが参加し学びました。

平成16年12月20日と平成19年2月18日には、県横須賀市合同原子力防災訓練・緊急被ばく医療訓練が実施されました。これはGNF-Jで汚染傷病者が発生したという想定で行われました。事業者からの連絡により受け入れの準備、養生が開始され、消防からの受け入れ要請により汚染傷病者を当院と横須賀市民病院が受け入れました。防護用具を着用した医師、看護師、放射線技師により状態の評価、線量測定、サンプル採取、除染、治療が行われ、さらに二次被ばく医療機関(北里大学病院救命救急センター)への搬送、後片付けと保健所への連絡等をマニュアルに沿って実施しました。他の被ばく訓練と異なり、想定される核種はウラン粉末による

α線であり、特に線量測定が訓練のひとつの目玉でした。また平成16年の訓練では、当院からの搬送にはヘリコプターが使用され、医師が同乗しました。初期治療後、臨時ヘリポートへと救急車で向かい、そこからヘリコプターで相模原の臨時ヘリポートに飛び、再び相模原消防の救急車で北里大学病院に搬送しました。平成19年の訓練では、横須賀市民病院からヘリ搬送が行われ、当院からは横須賀消防の救急車で北里大学病院へ搬送しました。

平成20年度には2回に渡り、横須賀地域緊急被ばく医療ネットワーク調査検討会が当院で開催され、神奈川県、横須賀市、放射線技師会、横須賀市民病院、GNF-J、原子力安全研究協会と共に発生源から高次被ばく医療機関までの具体的な搬送、治療の手順を傷病の重症度と被ばくの程度に分類して検討しました。これはマニュアルの素案となり、さらに神奈川県域緊急被

ばく医療ネットワーク調査検討会で議論されています。今後はドクターヘリ使用の可能性について検討していきます。

これまで各関係機関と協力して緊急被ばく医療を検討してきましたが、すべてGNF-Jでの事故を想定してのものであり、原子力発電所と同じ対応を迫られる米海軍の原子力艦に対しては何も行われておりません。米海軍と協力して何かできるのかは今後の課題です。またこれからも定期的な訓練の実施が必要であり、それに基づいてマニュアルの見直しをして行ってまいります。

これからも三浦半島地区の中核病院として、原子力安全研究協会、行政、消防、横須賀市民病院、北里大学病院、GNF-Jと協力して緊急被ばく医療に迅速に対応できるよう努力していききたいと思います。



横須賀共済病院



緊急被ばく医療訓練風景

## 核、放射線テロ時の緊急対応者に関する アメリカの国家戦略 — 緊急対応者の訓練と演習 —

財団法人 原子力安全研究協会 放射線災害医療研究所  
衣笠 達也 郡山 一明

### 1. はじめに

ここでは NCRP Commentary No.19 “KEY ELEMENTS OF PREPARING EMERGENCY RESPONDERS FOR NUCLEAR AND RADIOLOGICAL TERRORISM” で示された核、放射線テロ時の緊急対応者の訓練と演習に関する記述部分のうち、筆者の判断で要点と思われるところを選択し紹介する。この解説書（NCRP Commentary No.19）は国土安全保障省（DHS）の要請により作成され、解説書の中で記述されている数多くの勧告（recommendations）は、放射線、放射性物質の関与するテロ時に、緊急対応を準備する国、州、地域行政の担当者ために企画されたものである。

この解説書の基礎となる報告書は、NCRP Report No.65 (1980) “Management of Persons Accidentally Contaminated with Radionuclides” 及びNCRP Report No.138 (2001) “Management of Terrorist Events Involving Radioactive Material” である。

この解説書で緊急対応者という言葉は、事故、災害時の初期段階において生命、財産、証拠、環境を防護し保全する役目を担う人々をさしている。具体的には警察等の法の執行者、救急医療、消防、広報、危険物質管理、インフラ管理、保健、医療の各部署の担当者である。

また解説書では、次の3項目に焦点を絞っている。

1. 放射線防護：放射線測定や個人防護装備等の放射線防護に必要な装備
2. 対応処置：除染及び地域に必要な医療支援
3. 訓練、演習：放射線防護の視点から国、州、

地域行政の緊急対応者の訓練、演習の内容と頻度

ここでは3項目の訓練、演習を取り上げ、以下にその要約を述べる。

### 2. 訓練、演習の対象者

訓練、演習の対象者は上記の緊急対応者であるが、さらに初動対応者（First Responders）と初期医療対応者（First Receivers）に分けて、その訓練内容を提示、推奨している。初動対応者（First Responders）は消防、警察、救急医療システムの人々であり、初期医療対応者（First Receivers）とは臨床関係者（医師、看護師）及びトリアージ、除染、医療処置、安全を担当する病院の職員としている。

### 3. 訓練、演習の目的

緊急対応者への訓練の大きな目的は、

1. 対応者自身及び公衆（住民）の防護のために、適切な手段を取れる能力を高めること
  2. 放射線、放射性物質の関与した緊急事態の効果的な管理に関し、対応者の自信を強化すること
- である。

### 4. 訓練、演習の頻度

すべての緊急対応者は最初の訓練（initial training）において、核、放射線テロ時に遂行する際の義務及び機能に応じたレベルを受けるべきである。特に救命救助活動で役割を果たす緊急対応者は Operational レベルで訓練されるべきである。

緊急対応者は技量を維持するために、年度ごとに refresh 訓練を受けるべきである。実習と演習は少なくとも年一回は行われるべきである。しかし、屋外での全体演習は3年に一回でよい。

## 5. 訓練内容のレベルと訓練の種類

訓練内容のレベルはどのような能力を持つべきかにより Awareness レベル、Operations レベル、Technician レベルに分けられている。

Awareness レベルとは、最初に持つべき基礎知識で、その項目は“放射線の基礎を理解している、電離放射線の生物学的影響を理解している、初動活動を理解している、放射性物質の輸送梱包様式を知っている、放射線テロ、核兵器の影響と対応概略を理解している、放射線防護装備と指針の概要を知っている等”である。

Operations レベルとは、緊急処置を行うのに必要な知識と処置技術を身に付けている能力レベルで、その項目は“汚染患者の処置が行えること、事故、災害状況の管理ができること、生物学的用語と単位を理解していること、精神的影響を理解していること等”である。

Technician レベルは、さらに専門的な対応が取れるための能力で、その項目は“輸送梱包の保全状態の評価ができること、状況対処のための戦術と戦略について理解している、放射線計測機器と測定装置を理解し使用できること、除染、病院前の処置、活動ができること、精神的影響を理解している等”である。

なお、初動対応者 (First Responder) には他に Command レベルがあり、Operations レベルに加え、事故、災害を管理できる能力、精神的影響を理解し、初期対応期と回復期における事故、災害管理、指揮を行う能力が必要であるとされている。

各レベルとそれぞれの職種に関しては、「6. それぞれの対応者が持つべき能力」で言及する。

なお、訓練、演習に当たっては、それぞれの

参加者への key messages を示すことにより共有すべき基礎的な認識を強調している。

### 訓練の基本メッセージ

1. 放射線関連事項より救助と救急医療が優先する
2. 核、放射線事故や災害は緊急対応者の装備やプロトコールを使用することで、安全に管理されうる
3. 汚染されることで、生命が脅かされることは極めて希である
4. 放射線被ばくにより個々人が放射線を持つようになることは無い

## 6. それぞれの対応者が持つべき能力

初動対応者 (First Responders) と初期医療対応者 (First Receivers) の訓練、演習レベルの具体的な項目を以下に挙げる。

### ・初動対応者 (First Responders) に求められる能力

I. Awareness レベルの能力で主なもの。以下のことをまず認識していること

1. 災害時の核、放射線の性質を認識していること及び次に述べる Operation レベルもしくは Technician レベルの人たちの作業を開始し、支援すること
2. 原則として、放射線関連事項よりも救助や救急医療対応が優先することを認識していること
3. 核、放射線の緊急対応は、初動対応者の装備を使用することにより、また放射線防護の原則を利用することで安全に管理されること
4. 汚染により、生命が脅かされることは極めて希であること
5. 放射線被ばくにより、個々人が放射線を持つようになることは無いこと

Awareness レベル の訓練を受けるべき初動対応者には警察官や警備員が含まれる。

**II. Operations レベルは Awareness レベルに加え、以下のことを知り実行できること**

1. 基本的な放射線の障害及びリスクについて、その評価方法を知っていること
2. 正しい個人防護装備及び放射線の測定機器を選択し、使用すること
3. 応急手当と蘇生救命が行えること
4. 放射線、放射性物質に関する基礎的な用語を理解していること
5. チームが利用できる個人防護装備の範囲内で基礎的な管理、封じ込め、閉じ込めの措置が行える
6. 基礎的な除染の手順を理解し行えること
7. 放射線被ばくに対し、医学的な予防及び処置を理解していること
8. 核、放射線事故や災害時の精神的な衝撃を認識している。また、一般の人々や緊急対応者の精神的な影響も理解していること

Operations レベルの主な到達目標は障害、有害性を評価し、生命を救助し、事故状況と区域を設定、管理し、応援部隊を安全にすることである。殆どの消防隊員及び救急医療関係者（病院前救急隊員を含む）は Operations レベルまで訓練されるべきである。

**III. Technician レベル は上記の能力に加え、以下の能力を有すること**

1. 緊急時計画を実行できること
2. 管理、あるいは非管理の放射線、放射性物質を屋外測定器および装置を使って分類、同定、立証することを認識していること
3. 危険物取扱い対応者に支給された適切かつ特別な個人防護装備を選択し使用すること
4. 放射線障害とそのリスクを評価する技術的

な方法を理解していること

5. より専門的な管理、封じ込め、閉じ込めが実施できること
6. 除染の手順を理解し実施できること
7. 事故、災害の急性期の終了までの手順を理解していること
8. 基礎的な放射線、放射性物質の動態と専門用語を理解していること
9. 急性放射線症候群の症状を把握し、基本的なトリアージを行うことができること
10. 核、放射線事故や災害時の精神的な衝撃を認識している。また、一般の人々や緊急対応者の精神的な影響を理解していること

Technician レベルの要点は核、放射線の有害性、障害の特徴を把握し、それらに基づき事故、災害の指揮官にさらなる助言を行える能力を有することである。指導的な役割を持つ消防士や危険物取扱い対応者、救急医療チームのメンバーは Technician レベル までの訓練を受けるべきである。

**・初期医療対応者（First Receivers）に求められる能力**

**I. Awareness レベルの能力は以下のことをまず認識していること**

1. 内部汚染と外部汚染の差異と同様に、被ばくと汚染の区別を認識している
2. 被ばくした人から関係者への放射線の有害性は無いこと及び汚染患者からの放射線の有害性は極めて少ないことを認識していること
3. 汚染の可能性のある患者のいる区域（受け入れ、処置を行う区域）の入り口の管理の必要性を認識していること
4. 核、放射線事故や災害での被災者の特有（特別、特殊）な要望には敏感であること

**II. Operations** レベルの能力は上記の能力に加え、以下のことを知り実行できること

1. 医学的トリアージを認識していること及び放射線被ばくや汚染を考慮することに優先して、外傷による損傷度や医学的な状態の評価の方がより必要であることを認識していること
2. 汚染管理の方法を知っており、脱衣により殆どの外部汚染は除かれることを認識していること
3. 被災者が大量に出れば、地域の医療対応能力を超える可能性があることを認識していること。被ばく線量及び予後の重要な指標として、嘔吐の発症時刻は適切なトリアージ手段になることを認識していること
4. 核、放射線事故や災害時の精神的な衝撃を認識していること。一般の人々や緊急対応者への精神的な影響を認識していること
5. 皮膚及び創傷部位からの放射性物質の除染方法を知っていること
6. 問診を取り、理学的な診察を行えること
7. 急性放射線症候群の前駆症状を知っており、初発時刻の無いこと及び症状の持続期間、その程度が重要であると認識していること
8. 呼吸による内部被ばくの評価には鼻腔スワブが有用であることを認識していること
9. 細胞生物学的線量評価の利用価値を認識していること
10. 最初の血球計算（リンパ球数を含む）及び4～6時間ごとの血球計算を繰り返して行うことは、リンパ球の減少動態を評価するのに必要であることを知っていること
11. 内部汚染の治療が必要かもしれないことを認識していること
12. 合併損傷（例：被ばくと熱傷、被ばくと外傷）を伴った被災者には合併症の可能性があり、その管理の必要性を認識していること

**III. Technician** レベルの能力は上記の能力に加え、以下の能力を有すること

1. 皮膚症状を発症する被ばく線量を認識していること
2. 急性放射線症候群に関する被ばく線量を知っていること
3. 細胞による生物学的線量評価を得ること
4. 被ばく患者の治療処置、対症治療法を知っていること
5. 内部汚染の処置に関し現在の方法を知っていること
6. 核、放射線事故や災害での精神的な衝撃を理解しており、患者及びその家族への支援を求める相手とそのアプローチを理解していること
7. 合併損傷を伴った被災者の管理ができること

以上、初動対応者、初期医療対応者に求められる能力をレベル別に示した。

解説書に述べられている、訓練、演習で自らの安全を防護するための目標を最後に示す。

**放射線防護の基本的な目標**

1. 短時間、高線量被ばくによる急性障害及び死亡を防止すること
2. 低レベル被ばくと関係のある確率的影響を抑えること

このために装備を整え、知識、技術を習得し実際に使えるように訓練、演習を行う。

## 活動報告

R-テロが関与する事案における DMAT の役割  
— 課題と今後の研修・実技訓練のあり方 —

広島大学大学院医歯薬学総合研究科救急医学教授 谷川 攻一

## はじめに

阪神淡路大震災では、多くの傷病者が発生し医療の需要が拡大する一方、病院も被災し、ライフラインの途絶、医療従事者の確保の困難などにより被災地内で十分な医療も受けられずに死亡した、いわゆる「避けられた災害死」が大きな問題として取り上げられた。自然災害に限らず大規模な集団災害において、一度に多くの傷病者が発生し医療の需要が急激に拡大すると、被災都道府県だけでは対応困難な場合も想定される。

このような災害に対して、専門的な訓練を受けた医療チームを可及的速やかに被災地に送り込み、現場での緊急治療や病院支援を行いつつ、被災地で発生した多くの傷病者を被災地外に搬送できれば、死亡や後遺症の減少が期待される。また、このような災害医療活動には、平時の外傷の基本的な診療に加え、災害医療のマネジメントに関する知見が必要である。この活動を担うべく、厚生労働省の認めた専門的な訓練を受けた災害派遣医療チームが日本 DMAT (以下「DMAT」という) である。DMAT とは、大地震及び航空機・列車事故といった災害時に被災地に迅速に駆けつけ、救急治療を行うための専門的な訓練を受けた医療チームである。

DMAT は災害の急性期 (概ね 48 時間以内) に活動できる機動性を持った、専門的な訓練を受けた災害派遣医療チームであり、広域医療搬送、病院支援、域内搬送、現場活動等を主な活動とする。

DMAT を構成するメンバーは独立行政法人国立病院機構災害医療センター (災害医療センター) 等で実施される「日本 DMAT 隊員養成

研修」を修了し、厚生労働省に登録された者であり、DMAT 登録者には、DMAT 隊員証が交付される。DMAT 登録者は、災害急性期に DMAT として派遣される資格を有する。統括 DMAT 登録者は DMAT の運用に関する専門的知見を持ち、厚生労働省に認定されたものであり、日本 DMAT 隊員養成研修において指導的役割を果たす。災害時においては、DMAT の運用の指導的役割を果たし、責任者となる。

## 1. DMAT 隊員養成研修プログラム

DMAT 隊員養成研修プログラムは 4 日間のコースであり、講義、実技そしてシミュレーションから構成されている (表 1) (※1)。特に東海地震や東南海地震などその被害が甚大となる大災害を想定しており、広域搬送を含めた医療救護チームに求められる知識と技能の習得を目的としている。従って、プログラムの構成は、政府の広域航空搬送計画、航空機医療そして遠隔地災害支援に焦点が当てられている。また、インフォメーションネットワークとして災害医療情報ネットワーク (EMIS) の有効利用の実地訓練も含まれている。そして、新潟中越沖地震や岩手内陸地震における DMAT 活動経験から、病院支援における DMAT の役割の重要性がより明確にされている。

一方、瓦礫の下の医療 (Confined Space Medicine ; CSM) 実習も研修プログラムに含まれているが、CSM をチームとして実践するためにはより高度な知識と技能が必要である。また、NBC 対応については特殊な訓練や装備が必要とされることから、DMAT 隊員養成研修プログラムに加えて、US&R-DMAT (Urban

	内容	手法
第1日	災害医療概論・災害時医療対応の原則	講義
	政府の広域航空機搬送計画等について	講義
	航空機内での医療	講義
	広域地震災害:遠隔地域医療支援	講義
	災害時の現場医療	講義
	EMIS(DMATモード)について	講義
第2日	災害現場での情報通信訓練	実習
	近隣災害発生/DMAT派遣	シミュレーション
	災害現場活動とDMATとの連携について	講義
	近隣災害発生/DMAT現場医療活動	シミュレーション
	トリアージタグ記入法について	講義
	災害現場での傷病者観察手順とトリアージ(医師・看護師)	実習
	ロジスティクス 災害時の通信訓練(調整員)	実習
	JR 福知山線列車脱線事故で行われた医療	講義
第3日	現場救護所における診療の流れ	講義
	シナリオ診療(現場救護所:医師、トリアージ:看護師)	実習
	災害時の看護師の役割(看護師)	ワークショップ
	遠隔地派遣のロジスティクス(調整員)	シミュレーション
	大地震発生/DMAT派遣	シミュレーション
	広域災害時のDMAT活動	シミュレーション
	筆記試験・実技試験	
	シナリオ診療(災害拠点病院、SCU:医師/看護師)	実習
SCUでの業務調整員の役割(調整員)	実習	
第4日	現場活動の実際(CSM)	講義
	広域搬送拠点空港	シミュレーション
	Staging Care Unit	実践訓練
	Confined Space Medicine	実践訓練

表1 日本DMAT隊員養成研修プログラム

Search and Rescue DMAT) や NBC-DMAT 等の専門研修が必要となる。

## 2. R-テロが関与する事案における DMAT の役割

### 1) R-テロが関与する事案の特殊性

R-テロと原子力関連施設での放射線事故・災害とはその初動対応は極めて異なる。R-テロが絡んだ事案では、情報量は極めて少なく、様々な危険物質 (Hazards) の関与の可能性が存在する。放射性物質によるものなのか、化学物質

なのか、或いはそれ以外の Hazards が関与するものなのか、初動対応時での正確な把握はしばしば困難である。特に化学テロでは、サリンやシアン化合物など短時間の暴露で致死的となりうる猛毒性物質が使用される場合もあり、医療救護に当たるスタッフの安全確保には十分な注意を払う必要がある。従って、対応する医療チームには R-テロに限定することなく、CBRNE (Chemical, Biological, Radiation, Nuclear, Explosion) のすべての Hazards に対応できる



よう十分な訓練と高性能個人防護衣、各種 Hazards 検知器、除染資機材や中和剤・拮抗剤を含む救命医薬品資機材などの準備が必要である。同時に、政府・自治体・関連諸機関そして医療チームが共通の指揮命令系統（Incident Command System）で活動することが求められる。

## 2) NBC 災害テロに対する医療体制整備

NBC 災害テロ事案に対する医療体制整備の一環として、「テロに対する医療体制の充実及び評価に関する研究」において、医療対応での初

動対応マニュアルが検討された（※2，※3）。初動対応マニュアルは主として受け入れ救急医療機関での CBRNE 傷病者対応に焦点を絞っている。CBRNE テロ災害対応は事前評価、指揮命令系統の確立、準備、除染、トリアージそして評価・診療という流れで整理されている。医療チームの具体的活動としてはゾーニング、除染エリア設定、除染テント設営、ゲートコントロール、レベル C 個人防護衣装着下での除染前トリアージ、除染（図1）、除染中の救命処置（図2）そして除染後トリアージなど詳細に検討されている（※4）。



図1 レベル C 防護衣装着下での除染  
（参考文献※4より抜粋）



図2 レベル C 防護衣装着下での救命処置（気管挿管）  
（参考文献※4より抜粋）

### 3)NBC 災害・テロ対策研修プログラム

「テロに対する医療体制の充実及び評価に関する研究」ではNBC 災害・テロ対策における救急医療施設の役割として、被ばく医療機関、感染症指定病態機関、そして日本中毒情報センターと連携し、受け入れ初動にかかわるマニュアルに加えて教育プログラム（案）を策定した

（※2，※3）。その目的は救急医療施設におけるNBC 災害・テロ被災者受け入れ要員および現場派遣チームの養成であり、対象を救命救急センター医師、看護師、放射線技師、臨床検査技師とし、各都道府県に少なくとも1チームの育成を当面の目標とした。研修概要、研修プログラムを表に示す（表2，表3）。

研修概要	3日間コース 1回10チーム50人 1チーム：医師1or2、看護師1or2、放射線技師1、臨床検査技師1
内容	講義 診療（医師、看護師）、測定（技師）に関する実技 机上演習 多機関合同の総合演習 試験（実技、筆記）

表2 NBC 災害・テロ対策研修プログラム概要

	内容	手法
第1日	NBC 総論-テロ・災害時の連携、JPIC の化学災害対策を中心に-	講義
	化学兵器総論(化学剤、ゾーンニング、除染、PPE)	講義
	化学テロ・災害(事例検討)	講義
	生物災害	講義
	NBC テロ診療手順 デモと解説	講義
	放射線災害(事例検討)	講義
	サーベイメータの使用法	実習
	NBC 専門講義(医師・看護師)	講義
	国民保護法、地域連携、連携モデル(調整員)	講義
	化学災害院内対応	机上演習
第2日	爆傷外傷対応:ロンドンテロの事例紹介	講義
	模擬患者を用いた診療実習(医師・看護師)	実習
	院内対応(調整員)	講義
	スローオンセット	机上演習
	筆記試験・実技試験	
	総合演習(実技訓練)へ向けてのNBC エマルゴ	講義
第3日	防護服着脱演習	実習
	関係機関の災害医療体制と対応	パネルディスカッション
	総合演習と設営	講義
	総合演習(実技訓練)	実技訓練

表3 NBC 災害・テロ対策研修プログラム

### 3. R-テロが関与する事案における医療体制の課題

1999年のJCO事故以後、我が国の被ばく医療体制は主として原子力事業所で起こりうる事故への対応を中心に整備が進められてきた。一方、1995年の地下鉄サリン事件を契機として、災害拠点病院では化学テロリズムや化学災害を想定した整備が行われた。また、SARS ウィルスによる新型肺炎の発生後、生物関連事案に対しては感染症指定病床の設置によりその対策が講じられるなど、NBCそれぞれの原因物質によって異なった医療体制が整備されてきた。これに対して、テロリスト活動はどこでも発生しうる事案であり、未知の物質も含めてあらゆるHazardsの使用が想定される。どのようなHazardsが関与しているのか不明な状況下では、既存の救急医療機関がその初動対応において大きな役割を担うと推測される。従って、R-テロに限定されることなく、Hospital All-Hazard Emergency Preparednessとして、救命救急センター等の救急医療機関がNBC災害・テロに対する総合的な対応能力を充実・強化することが求められている。

医療機関でのNBC災害・テロ事案への対応能力整備には、様々なHazardsに対応できる医療スタッフの育成と必要資機材の準備が前提となる。医療スタッフの育成の教育カリキュラムとしては「NBC災害・テロ対策研修プログラム」がそのモデルとして位置づけられている(※2, ※3)。ただし、NBCが関与する事案への初期対応には通常救急医療とは異なる側面を伴う。従って、実際の医療活動には本プログラムに加えて、当該医療機関での実技訓練や実動訓練等の準備が不可欠である。

NBCテロが関与する事案での現場活動においては、更に高度な知識、技能、装備そして周至な準備が医療救護チームに求められる。テロ発生現場では引き続きテロリストによる

Hazardsの使用の危険性が存在する。既にHazardsが存在する、或いはその可能性のある状況下での医療救護活動では、警察、消防、自衛隊など関係諸機関の指揮命令系統・連携の下で、医療救護チームの安全を最優先としながら活動する必要がある。また、医療救護活動を行う環境も医療機関内のものとは根本的に異なる。Hazardsに対する環境モニタリングを行いながら、限られた空間での救命処置(CSM)を行わざるをえない状況も想定される。こうした特殊な環境下における重装備の個人防護衣を装着した医療救護活動には十分な事前訓練が必要である。NBCテロ事案における現場活動を担うDMATを育成するには、チームメンバーのスキル、身体能力、判断力等の個人の適正に加えて、周到な研修・訓練が必要である。

#### 参考文献

- ※1 DMAT事務局 研修プログラム検討委員会編、日本DMAT隊員養成研修受講生マニュアル(Ver 3.0)
- ※2 平成17年度厚生労働科学研究費補助金(厚生労働科学特別研究事業)「NBC災害・テロ対応のシミュレーションと標準的対応に関する総括研究」報告書(主任研究者 山本保博)
- ※3 平成18年度厚生労働科学研究費補助金(医療安全・医療技術評価総合研究事業)「テロに対する医療体制の充実及び評価に関する研究」報告書(主任研究者 大友康裕)
- ※4 厚生労働省科学研究事業「健康危機管理における効果的な医療体制のあり方に関する研究」班(編)、救急医療機関におけるCBRNEテロ対応標準初動マニュアル、永井書店、2009

研究レポート

## Lバンド in vivo 電子スピン共鳴装置 — 事後的個人被ばく線量評価におけるもう一つの選択肢

国際医療福祉大学クリニック 教授 鈴木 元  
国立保健医療科学院生活環境部 山口 一郎

### はじめに

核災害や大規模な放射線被ばく事故に際しては、一般災害で使われているトリアージ基準に加えて、被ばく線量の予測に基づいて個々の犠牲者のトリアージ判定を調整する。こうして、最適な医療が受けられるように搬送先や搬送優先順位が変更される。チェルノブイリ原発事故に際しては、臨床症状（下痢、嘔吐出現時間、末梢血リンパ球数など）を根拠にトリアージが実施され、急性放射線症候群を疑われた患者さんの半数以上は、モスクワ第6病院に後方搬送された。個人線量計を保持しない被ばく犠牲者の被ばく線量を、事後的に精度良く簡易測定ができれば、このトリアージ作業はより精度が上がり、その後の治療方針の決定に資するであろう。

従来、このような事後的な個人被ばく線量評価は、リンパ球を培養して染色体変異の頻度を調べる手法すなわち細胞遺伝学的線量測定法がゴールドスタンダードであった。近年、研究者の世代交代の影響および研究テーマの変遷のため、細胞遺伝学的線量測定法を日常的に実施できる研究室が世界的に減少し続けており、近い将来、アクティブな研究室は、世界でも数研究室以下に減少すると危惧されている。一方、細胞遺伝学という手法は民間の検査会社に移植されて残ってはいるものの、これらの民間会社は、その技術を線量測定に応用するためのプログラムや精度管理プログラムを持っていない。このような現状をふまえ、事後的な個人被ばく線量評価手法のもう一つの選択肢として、米国ダートマス大学のハロルド・シュワルツ教授は、抜歯を前提としないLバンド in vivo 電子スピン

共鳴（ESR）装置を用いたトリアージを提案している。私たちは、シュワルツ教授と協力して、埼玉県和光市にある国立保健医療科学院にLバンド in vivo 電子スピン共鳴装置を平成20年10月に完成し（図1）、運用を開始しているので、報告したい。



図1. 国立保健医療科学院地下に設置されたLバンド in vitro ESR 装置

### Lバンド in vivo 電子スピン共鳴装置とは？

放射線被ばくすると、生体中の様々な分子で電子がはじき飛ばされ、一つの電子軌道に一つの電子しか存在しないような状態（不対電子）の分子が線量に比例して増加する。不対電子を持った分子は、ラジカルと呼ばれ、通常短時間で他の分子と反応して安定化する。しかし、歯のエナメル質の格子に閉じこめられている炭酸イオン由来の  $\text{CO}_2^-$  ラジカルはきわめて安定で、被ばく数十年後であっても存在し続ける。この不対電子の数を数えることができれば、放射線の線量が推定できる。不対電子の数は、電子スピン共鳴法という手法で測定することが可能で

ある。実際、原爆被爆者や放射線事故被ばく犠牲者の脱落歯あるいは抜歯した歯を用いて、エナメル質を剥離し、これを粉碎し、Xバンド周波数帯のマイクロ波を用いた電子スピン共鳴装置（Xバンド ESR 装置）にかけて線量が測定されてきた。ちなみに、IAEA の研究室間比較研究では、Xバンド ESR 法の測定感度は、もっとも良い研究室で150~200mGy 程度である。

Xバンド帯のマイクロ波は発熱作用が強いため、生体への照射は忌避される。このため Xバンド ESR 装置での測定は抜歯を前提とする。シュワルツ教授は、感度は落ちるが生体影響の少ないLバンド周波数帯のマイクロ波を用いた電子スピン共鳴装置と口腔内の臼歯の測定に適したループ型リゾネータを組み合わせた装置を開発した(図2、図3)。その装置の測定感度は、1.5~2Gy/5分測定である。この感度は、急性放射線症候群の重傷度をトリアージする目的には、十分な感度である。現在、この装置は2台米国で稼働中であり、放射線治療を受けている患者さんの協力を得て、データを取得しつつ、改良を重ねている。

### 国立保健医療科学院での取り組み

鈴木は、平成18年より原子力試験研究費を獲得してLバンド in vivo ESR装置の開発を行ってきた。紆余曲折がありつつも、平成20年10月にダートマス大学の最新バージョンの装置と同じ装置を完成させることができた。山口先生には、ダートマス大学に短期間研修に出向いてもらい、現在、科学院の装置を使った実験を担当してもらっている。

今後の課題であるが、このLバンド in vivo ESR装置を使って口腔内の臼歯を測定するためには、操作性をさらに向上させる必要がある。また、ループ型リゾネータと臼歯の大きさのバランスが悪いと測定感度が低下する欠点がある。現在は、臼歯の上面の面積で測定値を補正することになっているが、今後、よりユニバーサルな



図2. 歯の ESR シグナルを取得準備中の癌患者さん (ダートマス大学)

ループ型リゾネータを臼歯に装着してから、装置の中にベッド毎スライドインして、磁場の掃引を繰り返しながら ESR シグナルを取得する。

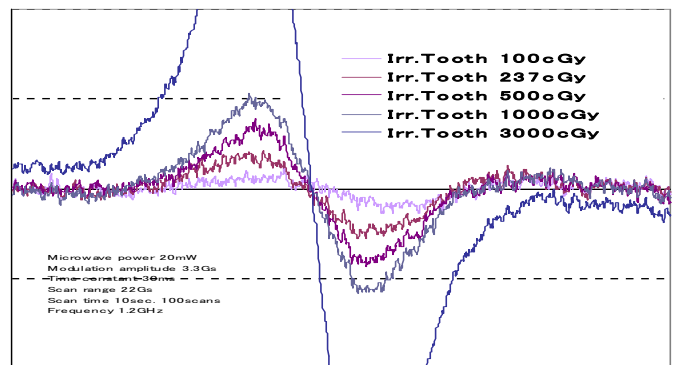


図3. 照射歯のLバンド ESR シグナル

ループ型リゾネータを開発する必要がある。また、科学院では、初動対応者が着用している衣服やベルトなどでLバンド in vivo ESR装置での線量計測に応用できるものがないかどうか、検討している。着衣やベルトなどの試料は、原理的にはXバンド ESR装置でも測定可能であるが、Xバンド ESR装置にかけるためには試料を細かく切断する必要がある。実は、このような切断という物理的操作自体が、ラジカルを生成するため、物理的操作によるラジカル由来のシグナルと放射線によるラジカルのシグナルを分離できない限り、計測は困難である。この点、試料を切断する必要のないLバンド in vivo ESR装置での測定は、一定のメリットがある。

研究レポート

低線量放射線被ばくによるがんリスクの課題—その評価と分析

鹿児島大学大学院医歯学総合研究科健康科学専攻人間環境学講座疫学・予防医学 教授 秋葉 澄伯  
 国立健康栄養研究所 水野 正一

低線量被ばくによる健康影響には不明な点が多い。本論文では、疫学研究を基に低線量放射線の外部被ばくによるがんリスク、特に固形がん（または白血病を除くがん）のリスクに関して考察を加える。

1. 放射線疫学調査で分かった外部被ばくによる発がんリスク

Upton が指摘したように低線量と高線量では放射線被ばくによる生物学的・細胞学的影響に質的な違いがある可能性が高い（Upton, Cancer Invest 1989）。従って、高線量被ばくでの健康影響に関する線量・反応関係を低線量域

にそのまま適応できるとは限らない。低線量放射線の外部被ばくによるがんリスクに関する疫学研究の中で特に重要なものは、原爆被爆者、原子力作業員、高自然放射線地域など放射線の高い地域に住む住民などの追跡調査である。これらの研究から得られた線量当たりの固形がん（または白血病を除くがん）の過剰相対リスク（ERR : excess relative risk）を表に示した。ERR は相対リスク（RR）から1を引いたものであるから、固形がんの ERR が 1/Gy であれば、1Gy を被ばくした群の固形がんリスクは線量ゼロの群に比べて2倍となる。

	過剰相対リスク（信頼区間）
Atomic bomb survivors (Solid cancer incidence)	0.47 / Gy (90% CI=0.40, 0.54)
IARC 15-country study (Ca – leukemia, mortality)	0.97 /Sv (90% CI=0.27, 1.80)
no adjustment for duration of employment	0.31 / Sv (90% CI=-0.23, 0.93)
NRRW 3 <sup>rd</sup> (Ca – leukemia, incidence)	0.266 / Gy (90% CI=0.04, 0.51)
Mayak workers (Solid ca mortality)	0.15 / Sv (90% CI=0.09; 0.20)
Techa river residents (Solid ca incidence)	1.0 / Gy (95% CI =0.3; 1.9)
Yangiang, China (Ca – leukemia, mortality1979-1998)	-1.00 /Sv (95% CI=-2.52, 0.97)
Karunagappally, Kerala, India (Ca – leukemia, incidence 1990-2005)	-0.13 / Gy (95% CI=-0.58, 0.46)

表. 主な研究で得られた固形がんまたは白血病を除くがんの線量当たり過剰相対リスク

2. 原爆被爆者

原爆被爆者の追跡調査から得られた死亡・がんり患・臨床などのデータは放射線被ばくによ

る健康リスク評価で最も重要な役割を果たしている。線量・反応関係は、白血病では線形2次（Linear Quadratic）モデルが、固形がんでは

域値なし線形 (LNT: Linear Non-Threshold) モデルが当てはまり、LNT モデルに基づく固形がんの ERR は 0.47/Gy と報告されている

(Preston et al., Radiat Res 2007)。なお、1Gy の放射線被ばくによる白血病の RR は、急性リンパ性白血病で 9.1、急性骨髄性白血病で 3.3、慢性骨髄性白血病で 6.2 と報告されている

(Preston et al., Radiat Res. 1994)。

固形がんでは線量・反応関係が直線的であることを否定する証拠は得られていないが、色々なノイズがあれば、真の関係が隠され比較的複雑な関連を明確に示すことができないことは直感的にも明らかであり、線形の線量・反応関係は疫学データの不確実性に由来するのかもしれない。実際、原爆被爆者の固形がんリスクの線量・反応関係を詳細に検討すると、低線量域における優線形性 (supra-linearity) が存在している (Preston et al., Radiat Res. 2003)。

我々が行った男女別の解析結果を図に示す。線量反応関係は、男性では線形モデル、女性では低線量域における優線形性が認識され、4次の曲線モデルが適合した (秋葉、水野 低線量放射線被ばくによる発がんリスク 放射線生物研究 2007年)。

女性の低線量域で見られた優線形性については、生物学的な意味と同時に、バイアスの関与も懸念される。0.1-0.2Gy 域に於ける線量推定の正確さも確認されなければならない。原爆被爆者の大多数は低線量域被ばくではあるが、放射線生物研究の対象者は比較的高線量放射線被ばくの影響を検討するために選択されたことにも注意が必要である。仮にこの凸の部分が無くなると女性の固形がんリスクデータからは閾値の存在も示唆されうる。男性の線量・反応関係が直線的であることとのかい離が問題になるが、女性の方が人数が多く詳細な解析に有利であること、また、男性では放射線以外のリスク要因が放射線リスクに関する真の線量・反応関係を

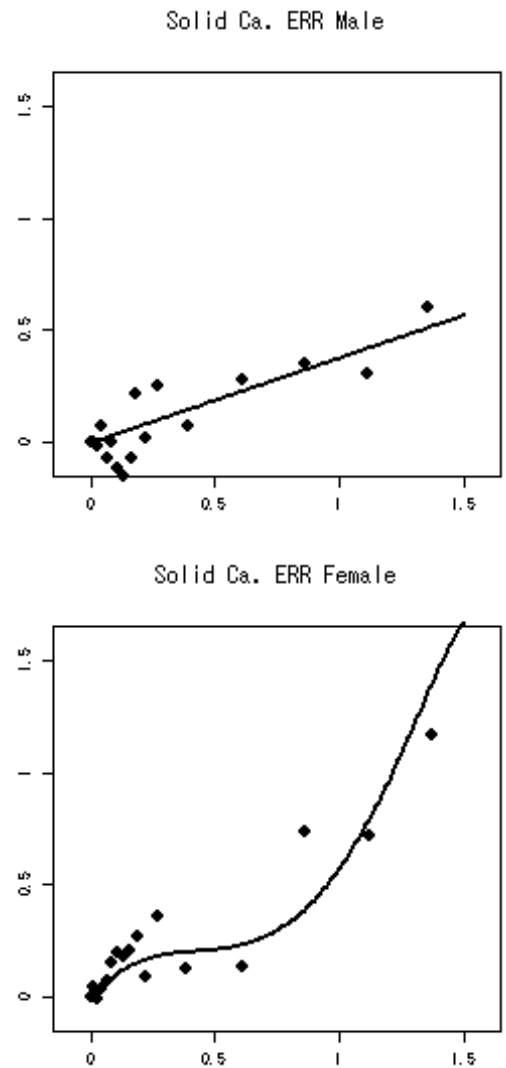


図. 原爆被爆者データ (RERF LSS Report 13) における線量反応関数の再解析

マスクしている可能性があることなどで説明できるかもしれない。

### 3. 原子力作業員

原爆被爆者以外の調査で特に重要なものに原子力作業員の追跡調査がある。この場合、原爆被爆と違い、被ばくは低線量放射線の繰り返し被ばくが主であるから、線量当たりのがんリスクは急性被ばくと違う可能性がある。国際がん研究機関 (IARC) を中心に行われてきた 15 カ国の原子力作業員の疫学調査結果のプール解析 (以下、IARC15 カ国解析と略) の結果によれば (Cardis et al., BMJ 2005; Cardis et al., Radiat Res. 2007)、固形がんの ERR は 0.97/Sv

(95%信頼区間: 0.14 - 1.97) であった。一方、白血病の解析 (放射線感受性がないと考えられている慢性骨髄性白血病を除いた白血病) では、線量あたりの ERR は 1.93 (95%信頼区間: <0.14 - 8.47) で、これは有意な増加ではなかった。

放射線作業者は原爆被爆者と違い 18 歳未満の被ばくがほとんどなく、また、女性も少ない。しかし、原爆被爆者では若年被ばく者や女性では線量当たりのがんリスクが高いため、年齢を調整した比較が必要である。そのため、IARC15 カ国解析では原爆被爆者のデータを再解析し、線量当たりの固形がんリスクとして  $ERR/Sv=0.32$  を得た。IARC15 カ国解析から得られた  $0.97/Sv$  という ERR の推定値はこれと比べてかなり高い値である。

IARC15 カ国解析からカナダのデータを除くと ERR の推定値が  $0.58/Sv$  となり、累積線量との関連が有意でなくなることから明らかにように、IARC15 カ国解析の固形がんリスク推定値に重要な寄与をしているのはカナダのデータである。カナダのデータで線量当たりのリスクが比較的高い理由は不明であるが、興味深いことに、カナダの作業者のがんリスクが近年の報告では以前より高くなっている。例えば、1995 年の IARC の三か国解析ではカナダの中で Atomic Energy Canada Limited (AECL) のデータのみが解析されたが、ERR は殆どゼロに近い値であった (Cardis et al., Radiat Res. 1995)。なお、この解析では線量に関するデータは AECL から直接入手したと報告されている。しかし、その後の論文では (IARC15 カ国解析も含め) Canadian National Dose Registry (以下、NDR) が用いられており、AECL、Quebec Hydro、New Brunswick Power Corporation、Ontario Power Generation などの施設での作業者の追跡調査結果を解析した 2004 年の Zablotska らの報告では、固形がんの ERR は 2.80 (95% CI: 0.038, 7.13) 値であ

った (Zablotska et al., Radiat Res. 2004)。施設別に推定された推定値では、AECL だけが特に高い ERR を与えると言われている。累積線量を直接施設から得るか、NDR から得たデータを使うかが、リスク推定値に大きな違いを生み出しているとも指摘されており、今後の検討が待たれる。

IARC15 カ国解析から得られたリスク推定値が喫煙などの交絡因子の影響を受けている可能性も否定できない。どのような要因が交絡因子として働くかは国・地域で異なるが、IARC15 カ国解析では最大公約数とも言える社会経済状態の調整だけしかできなかった。それも、各国で少しずつ定義の異なる比較的粗い指標を用いることができたに過ぎない。これは、それぞれの調査で重要と考えられた交絡因子を調整して得られたリスク推定値を用いるメタ解析と比べた場合の、プール解析の欠点と言えるかもしれない。なお、わが国のデータは、社会経済状態に関する情報がないため、固形がんのプール解析には用いられなかったが、わが国の放射線作業員で「社会階層」間のがん死亡率が異なるか否かには疑問が残る。固形がんのリスク解析に関しては、喫煙による交絡が特に重要であるが、IARC15 カ国解析では社会経済状態だけを調整したため、喫煙の影響を除ける可能性は低く、除去できずに残ってしまった所謂 residual confounding の存在に留意が必要である。実際、肺がんでは線量あたりの ERR が 1.86 と比較的大きな値が得られた。非がん疾患では、喫煙関連疾患として慢性閉塞性気管支炎、肺気腫などが特に重要であるが、この二つを合わせて解析対象とした場合も  $ERR=2.12$  となり (Cardis et al., Radiat Res. 2007)、累積線量と喫煙に関連があることが示唆される。そこで、肺がんや、その他の喫煙関連がんを除いて固形がんの ERR を推定すると  $0.59/Sv$  と大きく減少する。なお、IARC15 カ国解析に含まれている米国の



Oak Ridge 国立研究所 (ORNL) のデータでは  $ERR=4.28/Sv$  ( $90\%CI=-0.40, 11.6$ ) とかなり高い値であるが、ORNL のデータは喫煙による交絡の影響を否定できないと指摘されている (Gilbert, Health Physics 1992)。IARC15 カ国解析報告書で Cardis らは、「肺がん以外の喫煙関連がんの影響は小さく、観察されたがんリスクと線量との関連を喫煙だけで説明するのは困難である」と結論しているが (Cardis et al., BMJ 2005; Cardis et al., Radiat Res. 2007)、この研究における交絡因子の検討は十分とは言えず、Wakeford が指摘しているように、喫煙などの交絡因子が働いて見かけ上の関連を強め統計学的に有意な関連を示した可能性を排除できない (Wakeford, J Radiol Prot. 2005)。

最近、イギリスの全国線量登録のデータの第3回解析結果が公表された (Muirhead et al., BJC 2009)。これによると、白血病を除くがんの ERR は、り患データでは  $0.266/Gy$  で、死亡データでは  $0.275/Gy$  であった。この論文でも IARC15 カ国解析と同様に性・年齢の分布の違いを調整して原爆被爆者の ERR を推定し、り患データで  $0.43/Gy$ 、死亡データで  $0.26/Gy$  という値を得た。従って、がん死亡リスクに関しては英国 NRRW の作業員の線量当たりの ERR は、原爆被爆者より少し高いことになる。ただし、英国 NRRW の作業員は白血病を除くがん、原爆被爆者は固形がんの推定値であるが、この違いは大きな差をもたらさないと考えられる。第2回解析では  $ERR/Gy$  は  $0.09$  であったから (Muirhead et al J Radiol Prot 1999)、第2回と第3回で何が異なったのかが問題となる。第3回解析では対象者数が5万人程度増えており、特に防衛省関連のプロジェクトに参加した者が多数追加されている。これらの集団の集団特性、交絡因子の影響などを慎重に検討する必要がある。

IARC15 カ国解析に含まれていない調査・研

究のなかで特に重要なのは Mayak 作業員の死亡追跡調査であろう。この調査では Mayak 核施設で 1942 年から 1972 年に作業に従事した 21,500 人が追跡対象となり、1997 年までに 7,067 例の全死亡、固形がん 1,730 例、白血病 77 例が同定された。ERR 外部被ばくによるガンマ線の累積被ばく線量は平均  $0.8Gy$  で、固形がんの  $ERR/Sv=0.15(90\%CI=0.09-0.20)$  と報告されている (Shilnikova et al Radiat Res 2003)。

#### 4. Techa river

Techa 川流域の住民の追跡調査では 47 年間の追跡で 1,836 例の固形がんり患例が同定され、LNT モデルによる解析で  $ERR/Gy=1.0$  ( $P=0.004$ ;  $95\% CI =0.3 - 1.9$ ) と推定された (Krestinina et al., IJE 2007)。固形がんリスクは原爆被爆者の追跡調査で得られた結果よりかなり高く、高線量群では外部被ばくが 90%で、低線量群では内部被ばくが 10%を占めるとされる線量推定に問題がある可能性が指摘されたが、詳細な検討でリスク推定値を大きく左右するようなエラーがある可能性は低いと結論されている。今後、交絡因子に関する情報の正確性、がん症例の同定の完全性、対照群と被ばく群の比較性などの問題を検討する必要があるように思われる。

#### 5. 高自然放射線地域でのがん疫学調査の現状

中国広東省陽江の高自然放射線地域の自然放射線レベルは通常の3倍以上のレベル ( $2-5mSv/yr$ ) であり、この地域には約7万人が住んでいるが、その半数が10世代以上に渡って住み続けている。中国衛生部工業衛生実験所 (現 National Institute for Radiological Protection) の Wei Luxin 博士を中心とした中国の研究グループは 1972 年以降、放射線レベルの測定のみならず、住民への健康影響も調査

し、その結果をまとめ1980年にScience誌に報告した(High Background Radiation Research Group, Science 1980)。彼等の調査によると、がん死亡は増加しておらず、むしろ対照地域に比べ少し低かった。遺伝病の増加は見られなかったが、ダウン症は例外で、高自然放射線地域に高かった。しかし、高自然放射線地域と対照地域で母親の出産時年齢に違いがあるなどの方法論的な問題点が指摘され、その後の調査ではこれらの問題点を考慮した検討が行われたが、ダウン症の増加は確認されなかった。1980年代には米国がん研究所との中・米共同研究が行われ、女性の甲状腺結節の有病率などが検討されたが、増加は認められなかった(Wang et al., JNCI 1990)。1990年代からはWei Luxin博士と菅原努京大名誉教授の指導の下で日中共同研究が行われてきた。これまでに公表された研究結果で重要なものは、早田勇博士(放医研、当時)の指導の下に中国の研究者らが行った染色体の研究結果で、不安定型染色体異常である環状染色体と二動原体では放射線の影響が見られるが、安定型染色体異常である転座では放射線の影響が検出できないこと、中国の高自然放射線地域の放射線レベルでは喫煙の方が放射線より染色体異常を多く誘発することなどの結果を得ている(Hayata et al., Cytogenet. Genome Res. 2004)。なお、死亡率調査では、がん、非がんともに放射線被ばくによるリスクの増加は見られない。最近、高自然放射線地域の結核死亡率が対照地域より低いとも報告されているが、結論を得るには、さらに詳細な検討が必要である。最近、原爆被爆者やアメリカのX線技師などで、比較的低い線量の放射線被ばくでも後囊下白内障が増加する可能性が報告され注目を集めている。体質研究会(鳥塚理事長)は2008年末にポータブルのさい隙灯を用いて白内障の有病率を調べるための予備的な調査を行った。住民の5-8%にこのような異常があったが、放

射線との関連は見られなかった。なお、眼科検診は熊本大学大学院医学薬学研究部公衆衛生・医療科学分野の辻真弓博士(眼科医)が担当した。

インド南西端、Kerala州のアラビア海に面した海岸地帯に放射線レベルと人口密度から見て世界的にも有数の高自然放射線地帯が存在している。この地域にはモナザイトを含む黒い砂が堆積しており、これに含まれるトリウム、ウラニウムが高自然放射線の原因となっている。なお、モナザイトにはチタニウムなどの希元素も含まれ、この地方の貴重な鉱物資源となっている。主な高自然放射線地域はKerala州KarunagapallyとTamil州Manavalakurichiにあるが、後者に関する調査は殆ど行われていない。Karunagapallyの高自然放射線地域が注目されたのはWHOの専門家委員会が1959年に、ChavaraとNeendakara地域の放射線レベルが高い可能性を指摘してからのことである。この地域の人口は1991年の調査によると385,103人、世帯数約7万を数える。この地域では放射線被ばくによる健康影響、生物影響は知られていないが、最近、Amrita Institute of Medical ScienceのThampi博士が行った染色体調査では不安定型の染色体異常が放射線の高い地域の住民に多かった(Thampi, personal communication)。1990年代に入ってから、Trivandrumにある地域がんセンター(Kerala大学の附属施設でもある)がKarunagapally住民全員の生活習慣調査を行うとともに、がん登録を設立して、当地方のがん罹患率などを調査している。がん登録のデータは世界がん研究機関から出版されている「5大陸のがん」にも掲載されており、比較的信頼に足るものと考えられる。最近報告されたKarunagapally地域の住民約半数を対象としたコホート調査結果によると、住民の自然放射線による生涯累積線量が、がん罹患率と関連することを示す証拠は得られ

なかった (Nair et al., Health Physics 2009)。現在、体質研究会により甲状腺の調査も行われており興味深い結果が得られるものと期待される。また、2010年までには、Karunagapally地域住民全体を対象としたコホート調査から得られたデータの解析結果が公表可能となる。その際には、がんり患だけでなく、非がん死亡に関する解析結果も公表される。このインドでのがんり患調査は、①コホート研究であること(中国での研究もコホート研究)、②がんり患例を用いてリスクを検討していること、③喫煙習慣、社会経済状態などのポテンシャルな交絡因子の情報が得られ、リスク解析で考慮されていること、④集団の規模が10万人を超えていて、観察人年も150万人年を超え、単位線量当たりの固形がんリスクを原爆被爆者コホートと比較するのに十分な統計学的検出力を持つこと、⑤原

子力作業員では職場で放射線以外の発がん要因への曝露を否定できないが、この集団では職場での発がん物質への曝露の可能性は低いことなど、重要な特長を持っており、その研究結果に注目が集まっている。

## 6. 結論

低線量放射線の健康影響の評価で重要な役割を果たしうるのは、原爆被爆者の追跡調査、原子力作業員の追跡調査、自然放射線に曝露される住民の調査である。これまで、高自然放射線地域での調査はあまり注目されてこなかったが、日本との共同研究のほか、インドではIAEA、IARC、フランス、アメリカなどの研究者が調査を開始しており、今後、重要な成果が得られるものと思われる。

## 7. 文献

- Cardis E, Gilbert ES, Carpenter L et al. Effects of low doses and low dose rates of external ionizing radiation: cancer mortality among nuclear industry workers in three countries. *Radiat. Res.* 1995;142:117-132.
- Cardis E, Vrijheid M, Blettner M et al. Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries. *BMJ.* 2005;9:331:77.
- Cardis E, Vrijheid M, Blettner M et al., *Radiat Res.* 2007;167(4):396-416.
- Gilbert ES. Mortality of workers at the Oak Ridge National Laboratory. *Health Phys.* 1992 Mar;62(3):260-4.
- Hayata I, Wang C, Zhang W et al. Effect of high level natural radiation on chromosomes of residents in southern China. *Cytogenet. Genome Res.* 2004;104:237-239.
- High Background Radiation Research Group. Health survey in high background radiation area in China. *Science* 1980;209:877-880.
- Krestinina LY, Davis F, Ostroumova E et al. Solid cancer incidence and low-dose-rate radiation exposures in the Techa River cohort: 1956-2002. *Int J Epidemiol.* 2007;36(5):1038-46.
- Muirhead CR, Goodill AA, Haylock RG et al. Occupational radiation exposure and mortality: second analysis of the National Registry for Radiation Workers. *J. Radiol. Prot.* 1999;19:3-26.
- Muirhead CR, O'Hagan JA, Haylock RGE, Phillipson MA, Willcock T, Berridge GLC and Zhang W. Mortality and cancer incidence following occupational radiation. exposure: third analysis of the National Registry for Radiation Workers *British Journal of Cancer* (2009) 100, 206 . 212
- Nair RR, Rajan B, Akiba S, Jayalekshmi P, Nair MK, Gangadharan P, Koga T, Morishima H, Nakamura S, Sugahara T. Background radiation and cancer incidence in Kelara, —Karunagapally cohort study. *Health Phys.* 2009;96(1):55-66.
- Preston DL, Kusumi S, Tomonaga M et al. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part III: Leukemia, lymphoma and multiple myeloma, 1950-1987. *Radiat. Res.* 1994;137: S68-S97.
- Preston DL, Mattsson A, Holmberg E et al. Radiation Effects on Breast Cancer Risk: A Pooled Analysis of Eight Cohorts *Radiat Res.* 2002;158:220-235.
- Preston DL, Shimizu Y, Pierce DA et al. Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: Solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997. *Radiat. Res.* 2003;160:381-407.
- Preston DL, Ron E, Tokuoka S et al. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958-1998. *Radiat Res.* 2007;168(1):1-64.
- Shilnikova NS, Preston DL, Ron E et al. Cancer mortality risk among workers at the Mayak nuclear complex. *Radiat Res.* 2003;159(6):787-98.
- Sont WN, Zielinski JM, Ashmore JP et al. First analysis of cancer incidence and occupational radiation exposure based on the National Dose Registry of Canada. *Am. J. Epidemiol.* 2001;153:309-318.
- Upton AC. The question of thresholds for radiation and chemical carcinogenesis. *Cancer Invest.* 1989;7(3):267-76.
- Wakeford R. Cancer risk among nuclear workers. *J Radiol Prot.* 2005;25(3):225-8.
- Wang ZY, Boice JD Jr, Wei LX et al. Thyroid nodularity and chromosome aberrations among women in areas of high background radiation in China. *J Natl Cancer Inst.* 1990;82:478-85
- Zablotska LB, Ashmore JP, Howe GR. Analysis of mortality among Canadian nuclear power industry workers after chronic low-dose exposure to ionizing radiation. *Radiat Res.* 2004;161(6):633-41.

【JAMMRA 第20号 目次】

地域レポート	横須賀共済病院の取り組み	1
	横須賀共済病院 鈴木 淳一	
NCRPコメンタリーより	核、放射線テロ時の緊急対応者に関するアメリカの国家戦略 — 緊急対応者の訓練と演習 —	3
	財団法人 原子力安全研究協会 衣笠達也 郡山 一明	
活動報告	R-テロが関与する事案における DMAT の役割 — 課題と今後の研修・実技訓練のあり方 —	7
	広島大学 谷川 攻一	
研究レポート	Lバンド in vivo 電子スピン共鳴装置 — 事後的個人被ばく線量評価におけるもう一つの選択肢	12
	国際医療福祉大学クリニック 鈴木 元・国立保健医療科学院 山口 一郎	
研究レポート	低線量放射線被ばくによるがんリスクの課題 — その評価と分析	14
	鹿児島大学 秋葉 澄伯・国立健康栄養研究所 水野 正一	
編集後記・お知らせ		20

【編集後記】

JCO 臨界事故から 10 年。被ばく医療体制や教育訓練のあり方の見直し作業がすすめられ、本年度より、緊急被ばく医療に係わる教育訓練は完全にアウトソーシング化された。これに伴い、三次被ばく医療機関独自の教育訓練コースは風前の灯火という。これまで三次被ばく医療機関で開催していた「緊急被ばく医療セミナー」などの教育訓練は、三次被ばく医療機関と初期、二次被ばく医療機関との人的交流を深めるだけでなく、三次被ばく医療機関のスタッフに、被ばく医療機関としての自覚と能力開発を促すといった面で大きな意義があった。被ばく医療教育訓練のアウトソーシングが、三次被ばく医療の弱体化を結果として招くなら、それは「本末転倒」、「角をたためて牛を殺す」類の策になりかねない。組織は人から成り立つことを、今一度確認したい。(鈴木 元)

【お知らせ】

- ① 第 14 回放射線事故医療研究会（緊急被ばく医療フォーラム）について（予定）  
 期日：平成 22 年 9 月 4 日（土）  
 場所：弘前大学創立 50 周年記念会館みちのくホール（青森県弘前市文京町 1 番地）  
 会長：浅利 靖（弘前大学大学院医学研究科救急・災害医学講座教授）
- ② 放射線事故医療研究会ホームページ（<http://www.nsra.or.jp/JAMMRA/>）にて、放射線事故医療研究会からのお知らせや JAMMRA バックナンバーをご覧ください。

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 財団法人 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](mailto:jammra@nsra.or.jp)

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