



第2回

東電福島第一原発緊急作業従事者に 対する疫学的研究カンファレンス

平成28年3月11日（金）
リーガロイヤルホテル小倉
4階 サファイア



産業医科大学産業生態科学研究所
放射線健康医学研究室

第2回東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究カンファレンス

ご挨拶

平成 23 年 3 月 11 日、東北地方太平洋沖地震発生の後、それに伴い東京電力福島第一原子力発電所事故が発生してから、ちょうど 5 年が経過しました。チェルノブイリ原発事故と異なり、福島原発で急性放射線障害による死者は出ていませんが、平成 24 年から約1年間福島原発構内で作業した北九州市内の男性は、平成 26 年 1 月に急性骨髄性白血病と診断され、同年 10 月に労災認定されています。福島原発での累積の被曝線量は 15.7 mSv で、平成 24 年九州電力玄海原発で作業での被ばく量 4.1 mSv と合わせると、計 19.8 mSv の被ばく量で労災認定されたこととなります。平成 26 年度労災疾病臨床研究事業費補助金研究助成として、「東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究」が開始されました。日本国内の放射線研究に携わる最高の機関がこの研究を担い、その一部である放射線生物影響を当研究室が担当することになりました。まだまだ低線量放射線の影響の科学的データが少なく、結果を出すことは非常に困難ですが、世界的にも注目され研究であり、少しでもエビデンスを出していきたいと考えております。

このカンファレンスは、昨年第 1 回目を 3 月 11 日に行い、今年も節目の日に開催する運びとなりました。これまでの各研究機関がどのような研究を行い、今後どのように繋げていき、どのような研究方法で進めていくのか、研究班の皆様と共有できるように企画しました。特別講演として、1. 福島原発事故当初から放射線障害防止を担当された厚労省の安井省侍郎先生に、事故時の対応、電離則改正内容や疫学研究の概要を、2. 国立がんセンターの落谷孝広先生には、低線量放射線被ばくのバイオマーカーとして期待しているマイクロ RNA の最先端の研究、についてご講演いただきます。皆様にとって、有意義な意見交換並びに情報交換の場となりましたら幸甚です。

平成 28 年 3 月 11 日

産業医科大学 産業生態科学研究所 放射線健康医学
教授 岡崎 龍史

プログラム

- 12:30- 受付開始・開場
- 12:50-12:55 開会挨拶 産業医科大学 岡崎 龍史
- 12:55-13:55 特別講演 1
教訓と今後への準備：
東電福島第一原発事故対応の緊急作業従事者の放射線障害防止対策及び健康管理
厚生労働省 安井 省侍郎
- 13:55-14:40 講演 1
東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究：
原爆放射線健康影響調査で培われたノウハウの活用
放射線影響研究所 児玉 和紀
- 14:40-14:50 黙祷、休憩
- 14:50-15:35 講演 2
東電福島第一原発緊急時作業員に対する線量再構築
放射線医学総合研究所 栗原 治
- 15:35-16:20 講演 3
福島第一原子力発電所事故の復旧作業従事者におけるメンタルヘルス上の課題
防衛医科大学校 重村 淳
- 16:20-17:05 講演 4
緊急作業従事者に対する甲状腺超音波検査
大阪大学 祖父江 友孝
- 17:05-17:15 休憩
- 17:15-18:00 講演 5
東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究：
放影研成人健康調査での経験を生かした臨床（健診）調査の概要
放射線影響研究所 大石 和佳
- 18:00-19:00 特別講演 2
一滴の血液でがんがわかる時代：体液マイクロ RNA 診断の現状
国立がん研究センター研究所 落谷 孝広
- 19:00- 閉会挨拶 産業医科大学 病院長 佐多 竹良
- 19:30- 意見交換会（別会場）

教訓と今後への準備：

東電福島第一原発事故対応の緊急作業従事者の放射線障害防止対策及び健康管理

厚生労働省安全衛生部安全課副主任中央産業安全専門官
安井省侍郎

1.序説

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所（以下「発電所」という。）における事故に対応するため、発電所では、電離放射線障害防止規則（以下「電離則」という。）に規定する緊急被ばく限度が、事故直後の平成 23 年 3 月 14 日から 12 月 16 日まで、100 mSv から 250 mSv に一時的に引き上げられた^[i]。緊急作業の実施に当たっては、緊急被ばく限度を遙かに超える 600 mSv の被ばくを受けた労働者が出るなど、被ばく線量管理で様々な問題が発生した。厚生労働省（以下「厚労省」という。）は、東京電力による作業員の放射線防護と健康管理が適切に実施されるよう、発電所及び東京電力本店に対して累次の法令指示及び行政指導を実施した^{[ii][iii][iv]}。

さらに、今後、仮に、緊急作業を実施する場合に備えた対応について、厚労省では、平成 27 年 5 月に公表された専門家検討会報告書^[v]に基づき、平成 27 年 8 月に特例緊急被ばく限度の設定を含めた電離則を改正^[vi]し、平成 28 年 4 月より施行する。

本稿は、今回の事故の教訓を関係者で共有するとともに、同様の事故が発生した場合に対する準備の指針として活用されることを意図している。

2.方法

平成24年8月10日、厚労省は、事故の教訓をまとめ、他の原子力事業者における緊急作業に対する準備に関する通達を発出した^[vii]。平成25年11月、これらの情報の集約として、厚労省の対応をとりまとめて公表するとともに^[viii]、英文冊子を発行した^[ix]。本稿に記載されている事実関係は、他の文献が引用されていない限り、これら文献に基づいている。詳細については、個々の文献を参照されたい。

なお、本稿での見解や結論は、厚労省で事故対応業務を担当していた著者の個人的な経験も加味された著者個人のものであり、厚労省の公式な見解ではない。

3. 緊急作業中に発生した問題

3.1.放射線防護

3.1.1.個人線量計の不足:津波のため多くの警報付

きポケット線量計（以下「APD」という。）が使用不能となり、数が不足(3/15頃には320個程度)したため、3/15-3/31に一部の労働者について、作業グループに線量計を一つだけ配付し、代表者測定を行っていた。東京電力は、被ばくにばらつきが見込まれない作業を対象にしていたとしているが、この時期は高濃度の汚染廃棄物が散乱しており、代表者測定では被ばくを見逃す可能性があった。

3.1.2. 線量計貸し出し管理の不備：津波により管理区域入域管理システムが使用不能になったため、東京電力は、手書きの線量計貸し出し簿を作成し、氏名、所属、被ばく線量等の記録を行っていた。しかし、貸し出し簿への記載内容が不備、不正確なものがあり、個人の被ばく線量を合算（名寄せ）が困難となった。

3.1.3. 連絡先不明者の発生：個人線量の名寄せ作業を進めている中で、平成 23 年 6 月 20 日、線量計貸出名簿には記載されているが、実在が確認できない労働者がいることが判明した。その後、連絡先不明者は累増し、7 月 29 日には 174 人に達した。

3.1.4. 内部被ばく測定の遅れ：事故に伴い、発電所内のホールボディカウンタ（以下「WBC」という。）が使用不能となったことに伴う WBC の不足、被ばく評価の方法の変更や摂取日の特定等、特に高線量被ばく者については、専門機関において精密測定を行ったため、内部被ばく線量の確定に大幅な遅れが生じた。

3.1.5. 緊急被ばく線量限度超え：中央操作室にいた 6 名の緊急作業従事者が 250 mSv の被ばく限度を超過した（最高 678 mSv）。水素爆発以降の中央操作室内で ¹³¹I の濃度が高まった中でチャコールフィルター付きマスクを使用しなかったこと、マスクを外して飲食したことが原因とされた。

3.1.6. マスクの使用方法の不適切：6 月になっても、内部被ばくをする労働者がなくならなかったため、厚労省がマスクの装着について現地調査を行ったところ、特にメガネ着用者で、マスクのリーク率が高かった（最高 56%、平均 17%）^[x]。

3.1.7. 労働者教育の時間等の不足：5 月頃まで、放射線の影響、線量、保護具等に関する教育が

30分程度しか行われていなかった。また、十分な教育の実施スペースが確保されておらず、教育できる人数は1回（30分程度）につき20人程度に限られていた。

3.2. 健康管理・医療体制関係

3.2.1. 臨時健診の実施：緊急被ばく限度の引き上げに伴い、急性放射線障害の予防のため、安衛法第66条第4項に基づき臨時健康診断の実施を指示した。しかし、緊急作業の長期化に伴う健診実施対象者の累増による重層下請事業者の把握が困難となり、平成23年6月時点で受診率が6割と低かった。

3.2.2. 原発内の医療体制の整備：事故発生から1月程度で傷病者25人、体調不良者31人が発生。さらに心筋梗塞事案が発生し、医師24時間常駐体制の構築が必要となった。しかし、東京電力は独力で医療スタッフを十分に確保することができなかった。

3.2.3. 発電所からの患者搬送体制の構築：発電所内から重症の傷病者を搬送時、地元消防の救急車が避難区域に入れず、いわき市内の病院への搬送にJヴィレッジ経由で1~2時間を要した。このため、救急搬送体制の構築、ドクターヘリの活用を図る必要があった。

3.2.4. 熱中症対策：緊急作業従事者は、全面マスク、タイバック、ゴム手等の重装備で炎天下で長時間の作業に従事するため、熱中症の発生が懸念された。

3.2.5. 宿泊施設と食事：発電所の周囲20km圏内が警戒区域に設定されたことに伴い、免震重要棟、福島第二原発体育館で雑魚寝する者が多数に上った。また、内部被ばく防止の観点から食事はレトルトに限定されていた。これらにより、作業員の健康状態の悪化や、作業ミスが発生が懸念された。

4. 今後の緊急作業に備えた準備

平成27年8月に実施された、電離則改正^[xi]及び大臣指針改正^[xii]の概要は以下のとおりである。

4.1. 電離則改正の要点

4.1.1. 特例緊急被ばく限度の設定：緊急事態やその他の状況を考慮して、緊急作業を行うためには100 mSvの被ばく限度によることが難しいと認める場合は、厚生労働大臣は250 mSvを超えない範囲で特例線量限度（特例緊急被ばく限度）を定めることができる。特に、原子力緊急事態またはそれに至る恐れの高い事態が発生した場合には、直ちに特例緊急被ばく限度を250 mSvに定める。厚生労働大臣は、緊急作業従事者の線量や事故の収束のためにこの先必要となる作業の内容を勘案し、この線量限度をできるだけ速やかに廃止する。

4.1.2. 特例緊急作業従事者の限定：事業者は、原子力災害対策特別措置法で規定されている原子力防災要員、原子力防災管理者、服原子力防災管理者のうちから、特例緊急作業従事者を選ばなければならない。

4.1.3. 特例緊急作業中の被ばく線量管理の最適化：事業者は、特例緊急作業時における作業者の線量が、特例緊急被ばく限度を超えてはならない。また、事故の状況に応じて、特例緊急作業従事者が放射線を受けることをできるだけ少なくするように努めなければならない。

4.1.4. 線量の測定と記録、およびその厚生労働省への報告：事業者は、内部被ばくの測定を1か月に1回行わなければならない。また、厚生労働省に対して、線量分布や健康診断の結果、個々の緊急作業従事者の線量を定期的に報告しなければならない。

4.1.5. 特別教育：事業者は特例緊急作業従事者に対して、放射線被ばくのリスクに関する知識や、特例緊急作業の方法に関する知識や技術を含んだ特別教育を行わなければならない。

4.1.6. 医療および健康管理：事業者は緊急作業従事者に対して、少なくとも1か月に1回の健康診断を実施し、またその作業者が緊急作業から他の業務へ配置換えとなる場合も同様に健康診断を実施しなければならない。健診項目には、従来の電離健診の項目に加え、甲状腺ホルモン検査が追加された。また事業者は健康診断の結果を記録し、医師の意見を聴取し、作業者に対してその結果を通知し、そして健康診断の結果に基づいた事後措置を行わなければならない。

4.2. 大臣指針の改正の要点

4.2.1. 事故発生時を含む線量管理期間（5年間）における線量管理：事業者は、線量が100 mSvを超えた作業者について、その作業者が原子力施設の安全を担保するのに不可欠である場合、年間5 mSvを超えない範囲内で通常の放射線業務に従事させることができる。

4.2.2. 次期線量管理期間以降の線量管理：事業者は、事故発生時を含む管理期間中に100 mSvを超えた者に対して、管理期間中の被ばく線量が通常被ばく限度（5年100 mSv）を超えず、かつ、緊急時線量と通常線量の合計が生涯で1 Svを超えないように管理しなければならない。

4.2.3. がん検診等の項目に、肝炎検査、腎機能検査、ヘリコバクター・ピロリ抗体検査等を追加するとともに、労働者が50人未満の事業場であっても、ストレスチェックを実施することを規定した。

5. 考察

5.1. 放射線防護に関する教訓

厚労省では、平成 24 年 8 月 10 日に、同様の事故が発生した場合、他の原子力発電所で同様な健康管理上の問題が発生しないよう、原子力事業者があらかじめ準備しておくべき事項と事故後に実施すべき事項をまとめた通達を発出した。その主要な内容は以下のとおりである。

放射線管理に関して、以下の十分かつ系統的な準備が必要である。①発電所で事故が発生した場合、発電所単独では作業員の被ばく線量管理を完遂することは不可能であり、本店又は避難区域外の支援施設による助力が必要不可欠である。②元請け各社も自力で請負会社の作業員に対する線量管理を実施する能力が必要である。③原子力事象者は、事前のマニュアルの整備、個人用保護具と APD の備蓄、非常用の線量管理システムと WBC の準備しておく必要がある。④装備品の備蓄や非常用システムの準備については、事故が発生した場合に迅速に輸送、移設することを内容とする原子力事業者間の協定をあらかじめ結ぶことで、より安定的になる。

事故時の個人線量を低減させるために、以下の教訓が共有されるべきである。①内部被ばくを防止するため、緊急時に待機場所の空気中の放射線量を測定すること、労働者が数日間留まるのに十分な数の有効な呼吸用保護具とフィルターを待機場所等にあらかじめ備蓄しておくこと、緊急作業従事者、特に、普段マスクを着用しない者に対して、マスクの装着とフィッティングテストの方法を教育を実施することが必要である。②不要なベータ線被ばくを避けるため、放射性物質を含む汚染水を扱う作業では、防水具及び長靴等の着用が必要不可欠である。③外部被ばくを低減するため、作業前に作業場所の空間線量率を測定し、それに基づく適切な作業計画を策定する必要がある。④早期の遠隔操作車両やタンクステン遮蔽ベストの導入は、被ばく低減に寄与する。

5.2. 健康管理に関する教訓

緊急作業従事者に対する健康管理を適切に実施するためには、以下の事項が重要である。①政府は、規模な原子力災害が発生した場合に、原子力施設に医師等を派遣するための全国的な組織を事前に構築しておく必要がある。②原子力事業者、周辺医療機関、消防などが事前に役割分担等を明確にした合意文書を作成しておくとともに、全ての関係者が参加する緊急時対応訓練を定期的を実施し、事前に問題点を洗い出し、解決しておくことが必要である。③原子力事業者は、発電所から一定の距離をもった安全な場所に支援施設を設けておき、緊急時にはそこに仮眠・休憩施設を設営する必要

がある。④食事については、付近の原子力施設と備蓄食糧の融通について事前に取り決めておくとともに、可能な限り温かい食事を配給できるよう、停電時にも使用可能な給湯器や電子レンジなどの加熱器具についても事前に準備しておくことが必要である。⑤緊急作業従事者に対し、健康診断やメンタルヘルスを含む保健指導について、長期健康管理を実施する必要がある。

さらに、緊急作業従事者における放射線による健康障害について、疫学研究を適切に実施する必要がある^[xiii]。

5.3. 今後の緊急作業に対する準備

今回の事故発生時には、線量限度の引き上げ、通常時被ばくと緊急時被ばくの合算、緊急被ばく限度の引き下げを巡り、事故拡大防止対応を所管する原子力安全・保安院と、放射線障害防止を所管する厚労省との間で見解の相違が生じ、政府内部の意思決定に時間を要した。さらに、緊急時の健康診断項目が事態の進展に応じて変更を繰り返し、長期健康管理方策の決定に時間を要するなどの問題もあった。これらを踏まえると、あらかじめ、緊急作業を実施する場合に備え、これらの基準を定めておく必要があることは明らかであり、電離則等の改正により基準を明確にした意義は大きい。

緊急時には、原子力事故の拡大を防止するための危機管理という観点と、作業員の放射線障害防止を両立させる必要があり、それぞれを所管する原子力規制委員会と厚生労働省が、あらかじめ定めた基準に基づき、不断の準備と訓練を通じ、円滑な連携を図ることが必要である。

6. 結論

事故後に発生した放射線防護に関わる問題は、東京電力が過酷事故に備え、十分に系統立った準備を行っていたら、発生しなかったか、発生しても深刻なものには至らなかったと考えられる。この教訓を踏まえ、事前に十分かつ系統だった準備が必要である。

今後、仮に、緊急作業が発生する場合に備え、あらかじめ定めた基準に基づき、危機管理と放射線障害防止が両立できるよう、不断の準備と訓練が必要である。

-
- [i] Yasui, S. 250 mSv: Temporary Increase in the Emergency Exposure Dose Limit in Response to the TEPCO Fukushima Daiichi NPP Accident and its Decision Making Process. *J. Occup. Environ. Hyg.*, (2015): 12(4) D35-D42
- [ii] Yasui, S. Lessons learned: Radiological protection for emergency workers at the TEPCO Fukushima Daiichi NPP (Part 1). *J. Occup. Environ. Hyg.* (2013): 10(11) D151-D158.
- [iii] Yasui, S. Lessons learned: Radiological protection for emergency workers at the TEPCO Fukushima Daiichi NPP (Part 2). *J. Occup. Environ. Hyg.* (2013): 10(12) D163-D171.
- [iv] Yasui, S. Lessons Learned: Medical and Health Care Management for Emergency Workers at the TEPCO Fukushima Daiichi NPP Accident. *J. Occup. Environ. Hyg.* (2014): 11(5) D49-D58.
- [v] 厚生労働省. 原子力施設における緊急作業期間中の健康管理や被ばく線量管理の方法等について. 2015年5月1日.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000084011.html>
- [vi] 厚生労働省. 原子力施設での緊急作業員の放射線障害防止対策を定めました～電離放射線障害防止規則等を改正し、平成28年4月1日から適用～2015年8月31日.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000095467.html>
- [vii] 厚生労働省. 原子力施設での緊急作業に備えた安全衛生管理対策の指導を強化します～放射線業務の安全衛生管理対策で、関係労働局長に通達～. 2012年8月10日.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002h9ko.html>
- [viii] 厚生労働省. 「地震発生以後の経過」
http://www.mhlw.go.jp/shinsai_jouhou/keii.html
- [ix] Ministry of Health, Labour and Welfare, "Response and Action Taken by the Ministry of Health, Labour and Welfare of Japan on Radiation Protection at Works Relating to TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident 2nd Edition (FY of 2014)," 31 March 2015. Available:
http://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/workers/ri/gr/pr_150331_a01.pdf
- [x] 厚生労働省. 東京電力福島第一原発の復旧作業で使用している「呼吸用保護具」の装着に当たっての対応策. 2011年10月14日.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001r1k.html>
- [xi] 厚生労働省. 電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令等の施行等について (平成27年8月31日付け基発0831第13号)
<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-1130000-Roudoukijunkyokuanzeniseibu/0000096411.pdf>
- [xii] 原子力施設等における緊急作業従事者等の健康の保持増進のための指針 (平成23年10月11日健康の保持増進のための指針公示第5号)
<http://www.mhlw.go.jp/file/04-Houdouhappyou-11303000-Roudoukijunkyokuanzeniseibu-Roudouiseika/0000096003.pdf>
- [xiii] Yasui, S. A Recommended Epidemiological Study Design for Examining the Adverse Health Effects among Emergency Workers Who Experienced the TEPCO Fukushima Daiichi NPP Accident in 2011. *J. Occup. Environ. Hyg.* Just accepted.
DOI:10.1080/15459624.2015.1125484

東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究：
原爆放射線健康影響調査で培われたノウハウの活用

放射線影響研究所 主席研究員、臨床研究部緊急作業従事者健康調査室室長（兼務）
児玉和紀

放射線影響研究所は1975年に設立されたが、その前身である原爆傷害調査委員会が1947年に調査を開始して以来70年近くの長期にわたって原爆放射線健康影響調査を実施してきた。その中心になった疫学調査の対象者は、原爆被爆生存者（寿命調査 約12万人、成人健康調査 約25,000人）、胎内被爆者（約3,600人）および被爆二世（約77,000人）である。

これら調査集団における健康情報や死因の把握のためには、1) 人口動態統計の二次使用による死因調査、2) 地域がん登録情報の利用によるがん罹患調査、3) 定期健診による臨床調査、などが長期にわたって実施されてきている。また、臨床調査においては必要に応じて、甲状腺調査や白内障調査も特別臨床調査として実施されてきた。さらに前述の調査集団からは、血清、血漿、顆粒球、剖検試料、手術標本なども保存されてきており、これら試料は放射線生物学的研究に使用されてきた。各種調査より得られたデータは情報技術部門で一括管理され、データ解析は専門家をそろえた統計部門を中心におこなわれてきている。

研究成果の一部について述べると、寿命調査集団においては被ばく線量とともにがんや白血病の死亡並びに罹患が増加していることが確認されている。^{1, 2)} 成人健康調査においてはいくつかのがん以外の疾患と放射線被ばくとの関連がみられている。³⁾ 被爆二世においては、これまでのところ親の被ばくに伴う子供の健康影響は確認されていない。⁴⁾

東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究においては、追跡調査として、1) 死因調査、2) がん罹患調査、3) 臨床調査（健診）（生物学的資料保存を含む）、4) 甲状腺がん調査、5) 白内障調査、6) 心理的影響調査、7) 放射線生物学的調査、などが実施されることになっているが、これら諸調査においては、原爆放射線健康影響調査で培われたノウハウをフルに活用して臨む計画である。

参考文献

1. Ozasa K, Shimizu Y, Suyama A et al. Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950-2003: An Overview of Cancer and Noncancer Diseases. *Radiat. Res.* 177, 229-243 (2012)
2. Preston DL, Ron E, Tokuoka S et al. Solid cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors: 1958-1998. *Radiat. Res.* 168, 1-64 (2007)
3. Yamada M, Wong FL, Fujiwara S et al. Noncancer Disease Incidence in Atomic Bomb Survivors, 1958-1998. *Radiat. Res.* 161, 622-632 (2004)
4. Grant E, Furukawa K, Sakata R et al. Risk of death among children of atomic bomb survivors after 62 years of follow-up: a cohort study. [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)00209-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(15)00209-0)

東電福島第一原発緊急時作業員に対する線量再構築

国立研究開発法人・放射線医学総合研究所

栗原 治

東電福島第一原発事故に際し、多くの作業員が事故収束に係る緊急作業に投入された。線量限度が一時的に 250 mSv に引き上げられた 2011 年 3 月 14 日から同年 12 月 16 日までの期間に緊急作業に従事した作業員は約 2 万人に達しており、同作業員を対象とした疫学的研究が厚生労働省の労災疾病臨床研究事業（研究代表機関：放射線影響研究所）として開始され、放射線医学総合研究所（以下、放医研）は同研究において線量再構築を分担することとなった。UNSCEAR2013 レポートには我が国から報告された緊急時作業員の被ばく線量に基づく分析結果が示されているが、被ばく線量の算術平均値は 10 mSv であり、緊急時作業員の大多数においては外部被ばく線量の占める割合が内部被ばく線量よりも大きかったが、被ばく線量の高い群では内部被ばく線量の占める割合が顕著であった。これは、物理半減期の短い放射性ヨウ素-131 (^{131}I) による内部被ばくによるものである。

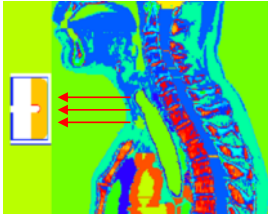
しかしながら、これまでに評価された緊急時作業員の被ばく線量は、個人線量計や体外計測装置（ホールボディカウンタ（WBC）や甲状腺モニタ等）の実測値が十分に得られなかった等の理由により、その不確実性は大きいと言える。内部被ばく線量評価では、実測された放射性核種の体内残留量から過去を遡って当該核種の摂取量を推定するために、その物理化学的性状（粒子径や可溶性）や摂取状況（摂取時期や摂取経路）等の条件を決定する必要がある。前者については標準的と考えられるパラメータが存在するが、後者については摂取の状況等から判断するのが一般的である。これは一見容易に思われるが、今回の事故ではそうではなかった。具体的には、甲状腺中に集積した ^{131}I について、放医研や日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）によって信頼性のある体外計測が行えたのは事故発生から数か月以降であり、その間、断続的に現場作業に従事した緊急時作業員の摂取状況を予測することは、原子炉建屋の水素爆発やベント等の当該原発構内での急速な事象進展、個々の作業状況、防護マスクの着用や安定ヨウ素剤の服用等の様々な要因により困難であった。線量評価のために決定した摂取時期の如何により、特に物理半減期の短い ^{131}I の内部被ばく線量は大きく変化する。現行の内部被ばく線量評価では、線量を最大に見積もる条件、すなわち、作業開始日または 2011 年 3 月 12 日（ただし、作業開始時期が 2011 年 5 月 1 日以降の者を除く）に全量の放射性核種を一度に吸入摂取する条件（急性摂取シナリオ）で行われている。これにより、現時点で考慮されていない ^{131}I 以外の短半減期核種による内部被ばく線量は概ね担保されると予想されるが、これらの核種による線量寄与は摂取時期によっても変化するため精査が必要である。外部被ばく線量評価についても、種々の照射ジオメトリや防護装備等の要因が個人線量計の応答に与える影響を評価し、必要な補正を行う必要があると思われる。

今回の疫学的研究では、可能な限り正確な被ばく線量の推定値とその信頼区間のような尺度を示すのが妥当であると考えられる。特に内部被ばく線量評価については不確実性が大きいために、図に示すような項目について検討を行う予定である。本カンファレンスでは、線量再構築に係る内容の他、放医研と原子力機構が行った緊急時作業員の内部被ばく線量測定の概要についても併せて報告する。

事故に起因する内部被ばく線量の評価

実測データの検証

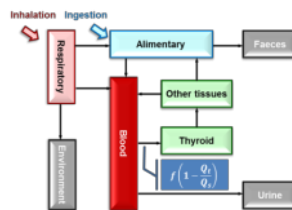
数値シミュレーションによる
測定データの精度検証



数値ファントムによる体外計測の再現

摂取シナリオの構築

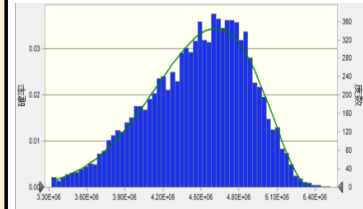
個人の作業状況を考慮した
摂取シナリオ(作業期間や
ヨウ素剤の服用状況等)



ヨウ素の体内動態モデル

線量評価

線量評価の不確実性を考
慮した確率論的アプローチ



内部被ばく線量推定値の
信頼区間を評価

外部被ばく線量評価

- 現場の状況に応じた外部被ばく線量評価の精緻化
- 染色体分析による線量評価と個人線量計評価値との比較(100mSv以上を対象)

図 緊急時作業員に対する線量再構築

福島第一原子力発電所事故の復旧作業従事者におけるメンタルヘルス上の課題

防衛医科大学校 精神科学講座

重村淳

福島第一原子力発電所事故の廃炉作業には、数十年の年月が予想されている。作業を円滑に進める上で、復旧作業従事者のメンタルヘルス（MH）維持は重要な要素となる。しかし、作業従事者たちは、事故発生時に膨大・複雑なストレスを受けてきた。具体的には、(1) 地震・津波、発電所の爆発等の「惨事ストレス」、(2) 自宅避難・財産喪失等の「被災者体験」、(3) 「悲嘆体験」、(4) 社会からの「差別・中傷」などを体験してきた。

加えて、作業従事者の放射線被ばく管理は、労働安全衛生上の重大な課題となってきた。被ばくが与えるのは身体的影響だけでない。被ばくにより生じる不安、労働者の配置転換・現場の人手不足などの影響など、心理社会的影響をももたらしてきた。

福島第一・第二原発の電力会社職員を対象とした一連の調査では、これらのストレスがMHに与えるインパクトを浮き彫りにしてきた。そして、時間が経つにつれ、一連のストレスは長期的なものとなり、燃え尽き・モチベーション低下が現場を疲弊させ、MHに影響を及ぼし続けてきた。一方、各種メディアで現地の「生」の声が伝わるに従い、現場を応援する機運も一部で高まってきている。

原発事故後の社会は、復旧作業従事者たちの奮闘のもとに成り立っている。作業従事者の心身健康調査体制が進む中、社会には、労働者のMHを支える責務、具体的には「敬意とねぎらい」を与える役割があると感じる。

【主要論文】

1. Harada N, Shigemura J et al: Mental health and psychological impacts from the 2011 Great East Japan Earthquake disaster: a systematic literature review. *Disast Mil Med*, 2015.
2. Hasegawa A, Tanigawa K, Ohtsuru A, Yabe H, Maeda M, Shigemura J et al: Health effects of radiation and other health problems in the aftermath of nuclear accidents, with an emphasis on Fukushima. *Lancet*, 2015.
3. Shigemura J et al. Psychological distress in workers at the Fukushima nuclear power plants. *JAMA*, 2012.
4. Shigemura J et al: Launch of mental health support to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant workers. *Am J Psychiatry*, 2012.

緊急作業従事者に対する甲状腺超音波検査

大阪大学・環境医学 祖父江友孝
自治医科大学・臨床検査医学 谷口信行
虎の門病院 宮川めぐみ
放射線医学総合研究所 吉永信治
日本原子力研究開発機構 百瀬琢磨
放射線影響研究所長崎 今泉美彩

東京電力福島第一原発緊急作業従事者に対する甲状腺超音波検査は、平成 25 年度厚生労働科学研究費補助金特別研究事業「東京電力福島第一原発作業員の甲状腺の調査等に関する研究」（主任研究者 祖父江友孝）において、甲状腺等価線量 100mSv を超える 1,972 名を対象として行われ、627 名が受診した。しかし、精密検査結果の収集が 206 人中 118 名（57%）と十分ではなく、また、過去の甲状腺超音波検査受診歴ありの割合が 627 人中 357 人（57%）と高いため、引き続きデータの収集が行われている。

厚労省労災疾病臨床研究事業費補助金「東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究（14090101）」甲状腺がん調査分科会においては、上記研究班のデータを引き継ぐとともに、緊急作業従事者約 2 万人の対象者全体に対する甲状腺超音波検査をどのように実施していくべきかを検討している。基本的な方針として、中央判定を含む甲状腺超音波検査の実施方法とデータの流れについて検討を進めるとともに、精度管理を強化するために、各健診機関の超音波検査担当者に対する説明会・講習会を実施することで、検診に関わる検査者の技能を一定以上に保つよう進めた（2015.10.10、2016.3.5<予定>）。また、健診機関での検査の実施を円滑に行うために、検査実施のしおりを作成した。対象者へ希望を募った後、本年度中に 10 以上の健診機関で甲状腺超音波検査が行われる予定である。今後、他の検査の実施体制も考慮しながら、さらに検討を進める。

東電福島第一原発緊急作業従事者に対する疫学的研究：
放影研成人健康調査での経験を生かした臨床（健診）調査の概要

放射線影響研究所 臨床研究部
大石 和佳

1958年に設定された放射線影響研究所の成人健康調査（AHS）集団は、寿命調査集団から選択された臨床的なサブコホートである。最初のAHSコホートは約20,000人の性・年齢・都市を一致させた広島および長崎の近距離および遠距離被爆者と原爆時市内不在者から成る。AHSではその後、1977年に1Gy以上の被爆者とその対照、1978年に胎内被爆者、2008年に被爆時年齢10歳未満の被爆者を追加することにより計3度の拡大が行われ、全体で約25,000人が対象者として設定されている。

AHSの主な目的は、原爆放射線の長期健康影響を調べることであり、特に非がん疾患および亜臨床状態と放射線被曝の関連を調べることである。AHSでは2年に1回の定期健診で、病歴や生活習慣に関する問診や質問票調査と血液・尿検査や腹部超音波検査などの画像検査を行い継続的に臨床・疫学情報が収集されてきたが、甲状腺疾患や白内障、肝炎等に関する特別臨床調査も個別の研究計画に基づき実施されてきた。さらに健診で得られた血液および尿試料が、放射線影響のメカニズムを解明する研究利用のために長期保存されている。

AHSでのこれまでの広範囲にわたる観察により、白内障、心血管疾患や肝疾患に加えて甲状腺結節、副甲状腺機能亢進症や子宮筋腫のような一部の良性腫瘍においても放射線被曝との関連が示されてきた。また、乳がん、肝がん、胃がんのコホート内症例研究では、AHS参加者から得られた保存血液試料の利用により、ホルモン、病原体、遺伝的素因のようなリスク因子を考慮に入れて各がんに対する放射線影響が評価されてきた。

今回我々は、このように長期にわたるAHSでの健診方法と蓄積された結果に基づき、緊急作業従事者に対する臨床調査の計画を策定してきた。本調査は全国の健診業務委託機関の協力を得て実施されることから、調査方法の標準化や精度管理、生物試料の収集、各健診業務委託機関の情報を統括するデータベースの構築など、対処すべき多くの課題がある。そして、信頼性の高い疫学的研究を実施するために重要なのは、本調査を緊急作業従事者の生涯にわたる健康と福祉に役立つものにしていくのと同時に、早期に緊急作業従事者の調査への高い参加率を達成するための戦略を実行し、それらを維持する努力を続けることである。

一滴の血液でがんがわかる時代：体液マイクロ RNA 診断の現状

国立研究開発法人 国立がん研究センター研究所
落谷孝広

体液中を循環する核酸物質の存在は、実は DNA の 2 重螺旋構造の発見より以前、1948 年に Mandel and Métais によって報告されていた。それから 68 年を経た現在、我々人類はこの体液中の核酸の一種であるマイクロ RNA をがん等の疾患を発見する新しいバイオマーカーとして開発しようとしている。そもそもこうした体液中のマイクロ RNA などの情報伝達物質は、エクソソームと呼ばれる直径 100 ナノメートルの細胞外分泌顆粒に運ばれて細胞間のコミュニケーションツールとして利用されている事が近年、次々と明らかになり、がん等の疾患はもちろん、高次脳機能や様々な生理的機能に重要な機能を果たしている。そればかりか、こうした情報伝達の媒体であるエクソソームは血液中等を循環しており、まさに疾患の理解と診断の分野において、体液中の分泌型マイクロ RNA は、我々の想像を遥かに超えた様々な新知見をもたらすに至ったのである。がん検診による最大のメリットは、早期発見によりがん死亡率の減少が達成されることであり、その他の恩恵としては、対象となるがんの罹患率の減少、QOL の改善、相対的な医療費の抑制などが挙げられる。その受診率を上げるためには、集団検診などで一回の採血で複数のがんや疾患を検出できる簡便な検査法の開発が求められており、マイクロ RNA による体液診断は、その実現に向けて大きな可能性を拓くものである。

体液診断についての注目動向は、やはり平成 26 年度における国家的大型プロジェクトの始動だろう (PJ ホームページ <http://www.microrna.jp>)。先制医療や個別化医療等の世界最先端の医療を実現するため、基盤となる疾患横断的マイクロ RNA (miRNA) 発現データベースの構築と診断・創薬技術の革新のための技術開発を目的に、以下の 4 つの研究開発項目を実施する。(1) 患者体液中の miRNA の網羅的解析、(2) 疾患横断的に解析可能な miRNA 発現データベースの構築、(3) miRNA 診断マーカーと miRNA 検査/診断技術の開発、(4) 臨床現場での使用に向けた検査システムの開発、である。ここでは、国立がん研究センターおよび国立長寿医療研究センターのバイオバンクをフル活用し、日本人の 13 種以上の主要ながんにおける血液マイクロ RNA の網羅的解析を、各がん種それぞれ 5000 検体分を測定し、臨床情報と組み合わせてデータベースに格納する。この情報をもとに、各製薬企業等が診断薬の開発や創薬研究を実施する予定だ。さらに次世代シーケンズを用いた体液 DNA、mRNA の解析や、体液エクソソームの診断装置開発を手がけるベンチャーや企業も数多く出始めており、今後、この分野はさらに発展を遂げるものと予想されている。本講演では、我が国で進んでいる体液マイクロ RNA 診断の実際と、liquid biopsy の世界情勢を分析する。

(参考文献)

1. Kosaka N, Fujita Y, Yoshioka Y, Ochiya T. Versatile roles of extracellular vesicles in cancer. *J Clin Invest*, in press
2. Takahashi RU, Miyazaki H, Takeshita F, Yamamoto Y, Minoura K, Ono M, Kodaira M, Tamura K, Mori M, Ochiya T. (2015) Loss of microRNA-27b contributes to breast cancer stem cell generation by activating ENPP1. *Nat Commun*, 6:7318.
3. Tominaga N, Kosaka N, Ono M, Katsuda T, Yoshioka Y, Tamura K, Lötvall J, Nakagama H, Ochiya T. (2015) Brain metastatic cancer cells release microRNA-181c-containing extracellular vesicles capable of destructing blood-brain barrier. *Nat Commun*, 6:6716
4. Ono M, Kosaka N, Tominaga N, Yoshioka Y, Takeshita F, Takahashi RU, Yoshida M, Tsuda H, Tamura K, Ochiya T. (2014) Exosomes from bone marrow mesenchymal stem cells contain a microRNA that promotes dormancy in metastatic breast cancer cells. *Sci Signal*, 7:ra63
5. Yoshioka Y, Kosaka N, Konishi Y, Ohta H, Okamoto H, Sonoda H, Nonaka R, Yamamoto H, Ishii H, Mori M, Furuta K, Nakajima T, Hayashi H, Sugisaki H, Higashimoto H, Kato T, Takeshita F, Ochiya T. (2014) Ultra-sensitive liquid biopsy of circulating extracellular vesicles using ExoScreen. *Nat Commun*, 5:3591
6. Kosaka N, Iguchi H, Ochiya T. (2010) Circulating microRNA in body fluid: a new potential biomarker for cancer diagnosis and prognosis. *Cancer Sci*, 101:2087-2092.