

第3回 東京電力福島原子力発電所事故

量子科学技術研究開発機構量子医学・医療部門
高度被ばく医療センター
放射線緊急事態対応部 被ばく医療グループ

富永 隆子 Takako Tominaga

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大地震とそれによる津波は、東京電力福島第一原子力発電所を襲い、日本中を原子力災害に巻き込んでいった。原子力災害に対して、国、地方公共団体、医療機関、初動対応機関等、多くの関係機関がそれぞれの役割において対応し、結果として多くの課題も見出された。

当時の放射線医学総合研究所（現 量子科学技術研究開発機構）は、放射線あるいは被ばく医療の専門機関として、現地あるいは国等に専門家を派遣したり、被ばく医療の患者を受け入れたり、専門機関としての情報発信など、様々な対応を行った。このような対応の中で、原子力災害における緊急被ばく医療体制の課題も多く見出された。

ここでは、放射線医学総合研究所が対応した被ばく医療を中心に、東電福島第一原発事故について概要を紹介する。

2. 事故の概要

東京電力福島第一原子力発電所は、2011年3月時点で6基の原子炉のうち3基が稼働していた¹⁾。残りの3基は定期点検中であった。3月11日に東日本大震災が発生し、マグニチュード9.0の巨大地震と津波がこの原子力発電所を襲った。地震によって外部電源を喪失し、津波による浸水によってほぼ全ての非

常用電源を喪失したことで、原子炉の冷却機能を失い、稼働中の3基の炉心が過熱し、核燃料が溶け、格納容器が破損して、放射性物質が大気に大量に放出された。放出された放射性物質によって外部被ばく^{※1}、内部被ばく^{※2}が生じた。さらに原子力発電所から半径20 km 以内の地域に避難命令が出され、多くの住民が避難を余儀なくされた。国は、2011年4月22日に、事故の日から1年間に被ばくすると予測される線量20 mSv（ミリシーベルト）の基準を超える可能性のある区域を「計画的避難区域」として設定した²⁾。

その後、これらの警戒区域、避難指示区域等は、放射線量や地域特有の解決すべき課題に応じた見直しが行われ、区域の解除が行われる一方で、帰還困難区域が指定され避難の継続を余儀なくされている地域もある。事故から8年以上が経過した現在でも事故対応は継続している。

3. 緊急被ばく医療とその体制

緊急被ばく医療とは、放射線による外部被ばくと内部被ばくの治療、放射性物質による汚染がある創傷の処置などを行う医療であり、治療方針の決定には被ばく線量評価が不可欠である。さらに放射性物質による汚染がある場合、処置時にも放射線管理、汚染拡大防止の措置が必要となる。このため被ばく医療は一般の医療と異なり、被ばく線量評価、

※1
外部被ばく
放射線を体外から浴びること。大量の放射線を一度に浴びると急性の障害が起こる。

※2
内部被ばく
呼吸あるいは食物の摂取によって体内に放射性物質を取り込むことで、体内の放射性物質から放出される放射線で被ばくすること。

放射線計測、放射線管理の分野と医療が連携する必要がある。

高線量の外部被ばくをした場合、骨髄障害や消化管障害、皮膚障害、神経・血管障害など多彩な症状を呈することになるので、全身管理、骨髄移植、皮膚移植などの治療が必要となる。内部被ばくをした場合には、体内に取り込んだ核種によって排泄を促すなどの治療薬が異なる。特に原子力災害時に内部被ばくの原因となる放射性セシウムの内部被ばくに対する治療薬はプルシアンブルー（ラジオガルダーゼ[®]）（**図1**）である。フェロシアン化第2鉄に属し、一般的には青色顔料としてペンキ、インク、クレヨンなど身近なところで日常使われている。消化管に吸収されないコロイド状物質で、毒性が低く、経口的に使用でき、セシウム、タリウムなどのある種の一価の陽イオンに対し、結合して便中への排泄を促進する。この治療薬は通常の診療には使用しないため、一般の医療機関にはなく、限られた医療機関で保有されている。

現在の原子力防災体制においては、国が基幹高度被ばく医療支援センター（量子科学技術研究開発機構）、高度被ばく医療支援センター（弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学）を指定し、さらに原子力災害対策重点区域がある道府県が原子力災害拠点病院、原子力災害医療協力機関を指定して、

図1 プルシアンブルー（ラジオガルダーゼ[®]）



一般の医療とは異なる被ばく医療が提供できるように体制整備されている。

4. 福島での緊急被ばく医療

放射線医学総合研究所は、被ばく医療、被ばく線量評価、放射線計測、放射線管理などの専門家から構成される緊急被ばく医療派遣チーム（Radiation Emergency Medical Assistance Team: REMAT）を2010年に結成し、放射線緊急事態では、現地に REMAT を派遣し、様々な活動、支援等ができるように整えていた。この REMAT は当初海外の放射線事故への対応を念頭に組織されたものであったが、東京電力福島第一原子力発電所の事故対応でもこの REMAT の体制、資器材を活用した。

放射線医学総合研究所は、3月12日に医師、看護師、放射線計測の専門家の3名を福島県双葉郡大熊町に所在していたオフサイトセンター（緊急事態応急対策拠点施設）に派遣した。その後も被ばく医療、放射線計測、線量評価など様々な事態に専門家としての助言、支援を行うため、約1,200人・日の職員を福島県内の様々な活動の拠点に派遣した。これらの活動の中で、被ばく医療に関係するものとして、福島県立医科大学での被ばく医療への支援と避難者の一時立ち入りの支援活動が挙げられる。

(1) 福島県立医科大学での活動

福島県立医科大学は当時の緊急被ばく医療体制では、二次被ばく医療機関に指定されており、被ばくあるいは放射性物質が付着した負傷者等を受け入れる施設となっていた。2016年8月までは、国は原子力施設の立地、隣接道府県は被ばく医療に対応する初期被ばく医療機関（主に外来診療）と二次被ばく医療機関（主に入院診療）を指定し、各地域の

被ばく医療体制整備を進めていた。三次被ばく医療機関（専門的な診療）としては、広島大学と放射線医学総合研究所が指定されていた。

しかし、福島県立医科大学には緊急被ばく医療の経験がなく、当初より長崎大学、広島大学、放射線医学総合研究所が支援をしていた。

3月24日に東電福島第一原子力発電所で作業員3名が、原子炉建屋内での作業によって、高濃度の放射性物質が足に付着（表面汚染^{※3}）し、事故発生直後の作業による内部被ばくが疑われたことから、福島県立医科大学で除染^{※4}後、フォローおよび内部被ばくの線量評価のために放射線医学総合研究所に転院した事例があった。福島県立医科大学での処置では、作業員の身体の一部が高濃度に放射性物質によって汚染されていたため、測定器の測定範囲を超過していた。このため、放射線医学総合研究所の専門家が遮蔽体を利用して汚染の程度を評価するなどの助言、支援を行い、除染の処置を行った。実際には、遮蔽体によって検知器に入射する放射線を弱めることで、検知器の測定範囲で表面汚染の程度を評価した（図2）。

放射線医学総合研究所に転院後に、内部被ばくと皮膚の被ばく線量の評価を行なったが、治療を必要とするほどの被ばくはなかつ

た。足を汚染した水につけたことで放射性物質が付着したため、この汚染した水の放射性物質の濃度を計測し、その結果をもとに計算による皮膚の被ばく線量評価を行なった。2週間後に皮膚の状況を確認した際にも放射線による影響はなかった。

(2) 一時立ち入りの支援

避難した住民や事業者等から、警戒区域内の自宅や事業所に立ち入り、必要な日用品、貴重品等を持ち出すことの要望があり、安全に警戒区域に一時的に立ち入るプロジェクトが国主導で実施された。このプロジェクトの中で、立ち入り者の被ばく管理、汚染対策、救急医療といった被ばく医療の対策も必要となったことから、放射線医学総合研究所は、一時立ち入りの拠点において、被ばく管理、汚染検査、除染、救急医療の取りまとめのために被ばく医療、放射線管理等の専門家を多数派遣した。警戒区域内に入る前に注意点を説明し、立ち入り後には体と持ち出した日用品等の汚染検査を実施した（図3）。専門家として放射線医学総合研究所以外に、弘前大学、広島大学等からも専門家が派遣された。

5. 放射線医学総合研究所での緊急被ばく医療

前述の高濃度の放射性物質が付着した作業

※3 表面汚染

放射性物質が身体、衣服や資器材の表面に付着すること。汚染がある事故対応では、放射性物質の汚染拡大防止が必要になる。

※4 除染

身体や資器材に付着している放射性物質を除去すること。方法は、拭き取りや洗い流すことになるが、拭き取りに使用したタオル等、水は放射性物質が付着するので、放射性物質として処分する必要がある。

図2 遮蔽体を使用した汚染検査



2011年3月に福島県立医科大学で撮影した実際の写真

図3 一時立ち入りの拠点



員の他に放射線医学総合研究所で対応したのは、3号機建屋の水素爆発で負傷した自衛隊員や内部被ばくをした作業員である。東電福島第一原子力発電所のサイト内で作業した東電および関連企業の職員の中には、放射性ヨウ素の吸入によって内部被ばくした作業員が多数いた。その中で、実効線量^{※5}が250 mSvを超過した可能性があった7名の作業員に対し、放射線医学総合研究所で詳細な被ばく線量評価と医学的評価を行った。この7名の作業員は、放射性ヨウ素による内部被ばくの線量が高く、甲状腺機能への影響も考えられたため、放射線医学総合研究所では甲状腺機能の評価を行ったが、結果はすべての作業員の甲状腺機能は正常であった。甲状腺機能を含めて、医学的なフォロー、体外計測による内部被ばくの評価を現在も継続して実施している。

なお、東電福島第一原子力発電所で緊急作業に従事して被ばく線量（実効線量）が1年につき50 mSvを超えた者に対して、1年に1回、白内障の検査を実施すること、および100 mSvを超える者に対して、1年に1回、がん検診等（甲状腺の検査は3年から5年に1回）を実施することが「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³⁾」で定められている。

6. おわりに

東電福島第一原子力発電所の事故対応においては、幸いにも高線量被ばくの事例はない。しかし、原子力発電所のサイト内で作業した者の中には内部被ばくをした者も多数おり、程度の違いはあるが一般の人たちも内部被ばくをしている。そして、これらの評価と継続的な観察が現在も行われている。原子力災害は、直後の対応だけでなく、健康影響の評価、地域の除染なども含めて長期的な対応が必要

となる。

放射線医学総合研究所は、今回紹介した活動以外にも様々な対応、支援を行ってきた⁴⁾。一部の活動は現在も継続されており、さらに原子力災害のみでなく、放射線事故、放射線テロ災害にも備えた体制を整備している。

参考文献

- 1) 東京電力ホールディングス：福島第一原子力発電所事故の経過と教訓，2013。
<http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/outline/pdf/outline01.pdf>
- 2) 国際原子力機関：福島第一原子力発電所事故 事務局長報告書，2015。
- 3) 厚生労働省：東京電力福島第一原子力発電所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（健康の保持増進のための指針公示第5号）（平成27年8月31日改正），2015。
- 4) 放射線医学総合研究所：東京電力福島第一原子力発電所事故への対応 放射線医学総合研究所職員の活動記録，2016。
<http://id.nii.ac.jp/1657/00073787/>

とみなが●たか

佐賀医科大学医学部医学科卒業。2001年佐賀医科大学医学部救急医学講座入局後、救急医として勤務。2005年より放射線医学総合研究所（現 量子科学技術研究開発機構）にて被ばく医療に携わっている。日本救急医学会専門医。2019年から現職。

※5

実効線量

放射線の種類ごとに定められた被ばく線量（等価線量）を、全身被ばくに換算したもの。すべての組織ごとに重み付けを行って、等価線量から算出した線量を合計する。