

# 第1回 放射線被ばくと最近の事故例

茨城県電ヶ崎保健所 所長

明石 真言 Makoto Akashi

## 1. はじめに

放射線と放射性物質の不適切な使用には、不慮の出来事として起こることと意志をもって環境や人に影響を生じさせる事象がある。前者は事故であり、後者は犯罪であり時としてテロである。事故は法律・行政上でいう場合と健康影響という観点からいうものがあり、前者は事業者から核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（原子炉等規制法）または放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律（放射線障害防止法）に基づき報告され原子力規制委員会の「事故・トラブル情報」で公開されている<sup>1)</sup>。さらに、1953年の国連総会におけるアイゼンハワー米国大統領の演説「Atoms for Peace」を直接の契機として設立された国際原子力機関（IAEA：International Atomic Energy Agency）は、経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA：Organization for Economic Co-operation and Development/Nuclear Energy Agency）と世界原子力発電事業者協会（WANO：World Association of Nuclear Operators）が協同して運用している NEWS The Information Channel on Nuclear and Radiological Events というサイトで、世界の放射線に関わる事故・事象を報告している<sup>2)</sup>。健康影響という観点の事象は、法律・行政上でいうものに含まれるはずであるが、必ずしも報告されていないのが現状である。健康影響という観点から考えると、被ばく事故とは

「不慮の被ばくもしくは汚染により、障害が現われるかその可能性がある。」ということになる<sup>3)</sup>。健康影響を考えなくてはならない事象は、他に原因とする事故に比べて頻度は少ないとはいえ、世界を見渡すと一定の割合で起きている。

日常社会には放射線を利用している施設は非常に多く、放射性同位元素等取扱事業所（RI施設）の数は2017年度全国で7,721事業所にも及ぶ（図1）<sup>4)</sup>。1985年から2005年くらいまではほぼ横ばいであったが、2006年くらいから特に民間企業で右肩上がりに増えている。この中には医療機関はいうまでもなくビール工場、水産物や冷凍食品を扱う会社そして印刷、醤油、石油、時計、ガラス関係の企業等思わぬところで放射線が利用されていることが分かる<sup>5)</sup>。都道府県別、機関別、許可・届出別の資料に基づいてみると、その数は人口や産業にほぼ比例しており民間における利用が目立っている（図2）<sup>6)</sup>。これだけ放射線使用施設が世の中にあれば、我々医療従事者から見ると、事故が起きてても不思議はない。この項では放射線被ばくの特殊性また最近どういふ事故が起きているのか現状について述べる。

## 2. 放射線被ばくの特殊性

自然界には放射線も放射線を放出する物質も存在しており、この自然界の放射線被ばくを避けることはできない。この自然界からの

図1 機関別使用事業所数の推移 1958～2017

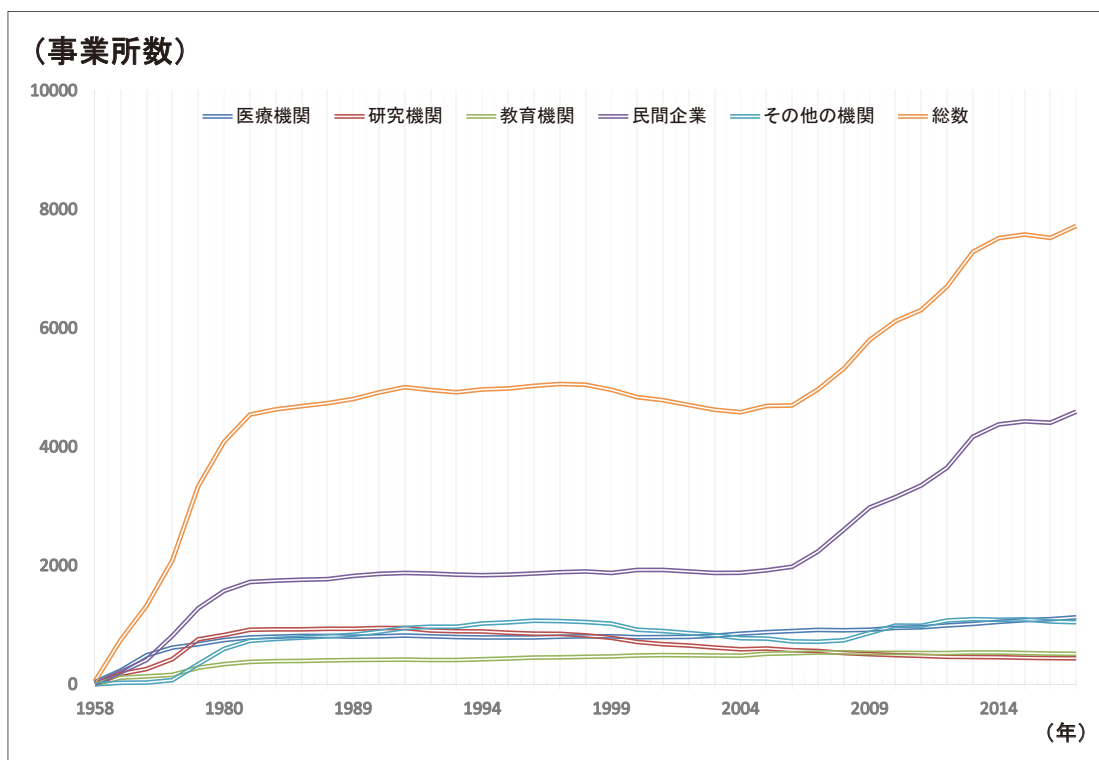
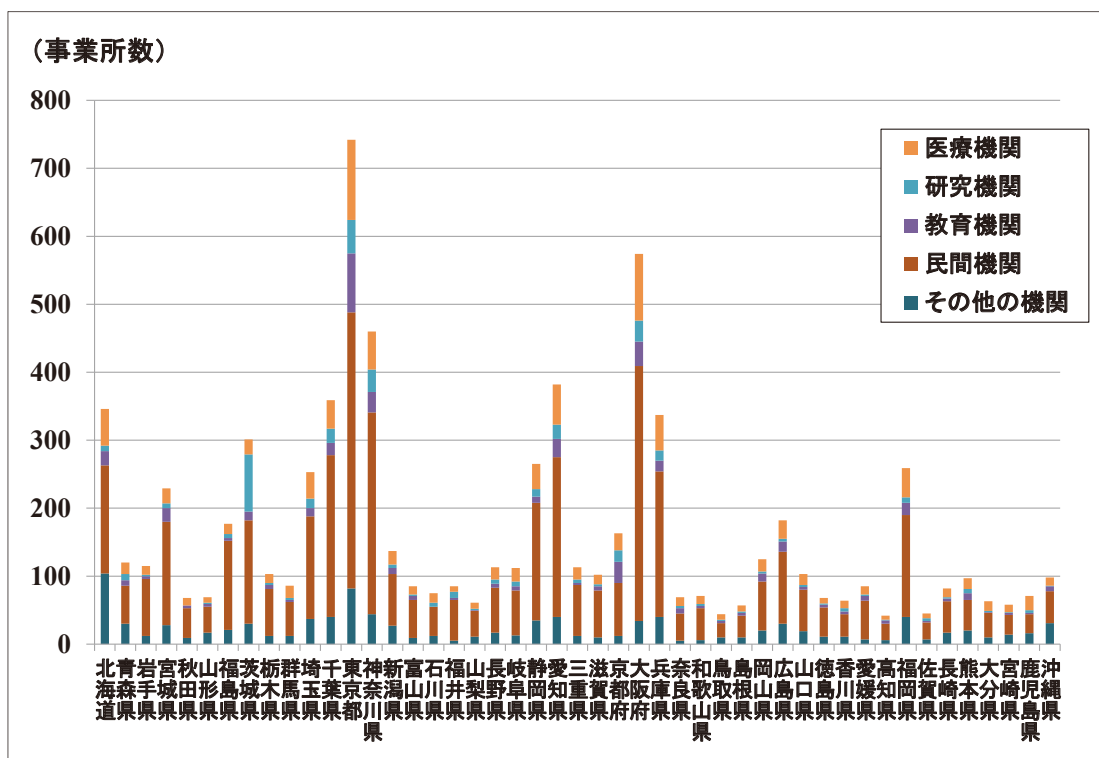


図2 使用事業所の地域分布



被ばく線量は、地理・地形的な状況により変わる。天然の放射性物質であるウラン、トリウム、カリウムは花崗岩地域では高濃度で含まれるため、花崗岩などが分布する地域では

線量は高く、1年間に宇宙、大地からの放射線と食物摂取によって受ける放射線量を県別に比較すると、最も高い県では低い県に比べて約1.5倍となっている。また航空機上や富

士山頂上のように高いところでは放射線の線量率は高く、富士山頂上では夏季の雷活動に起因すると考えられる放射線変動も観測されている<sup>7)</sup>。

ラドン温泉は健康に良く、人工放射線は有害である、と思っている人は多い。このように日常放射線がある環境に住んでいながら放射線被ばくに関して知らなかったり誤解が多いのは、放射線を五感で感じることはできないこと、また被ばくしても数年からそれ以降にがん罹患する確率が上がるということによる。つまり“怖い”そして“危険”というイメージである。

当然であるが放射線の影響は線量次第であり、血管中を流れている白血球数が減少するほど高線量（およそ2 Sv シーベルト以上）<sup>※1</sup>の被ばくでない限り症状は早期には現れない。このような被ばくは、東日本大震災による原子力事故では作業員ですら起きておらず、過去の事例を紐解いてみても、消防などの初動対応者や医療関係者で事故現場や医療機関において放射性物質に汚染した方からもこのような被ばくを受けた例はない。

テロはその多様性から、核物質（Nuclear）、生物剤（Biological）、化学剤（Chemical）、放射性物質（Radiological）、爆発物（Explosive）によって引き起こされることを想定して、NBCRE と呼ぶことが多いのは周知の通りである。最近では現場で硫化水素などの化学剤検出機器また抗原抗体反応で生物剤の種類を特定したりする機器や炭疽菌等のテストストリップス、空気中に浮遊する生物剤を吸引する捕集器があるが、放射線の検出技術はこの化学や生物剤より進んでいると言ってよく、現場での危険度の判断は困難ではない。またウイルスや細菌と異なり、放射性物質は減ることはあっても増えることはない。

※1  
Sv（シーベルト）  
α線やX線の場合、1 Gy（グレイ）=1 Svと考えるとよく、500 mSv（ミリシーベルト）の被ばくで一過性に白血球の一つであるリンパ球数の減少がみられるが、自然に回復する。

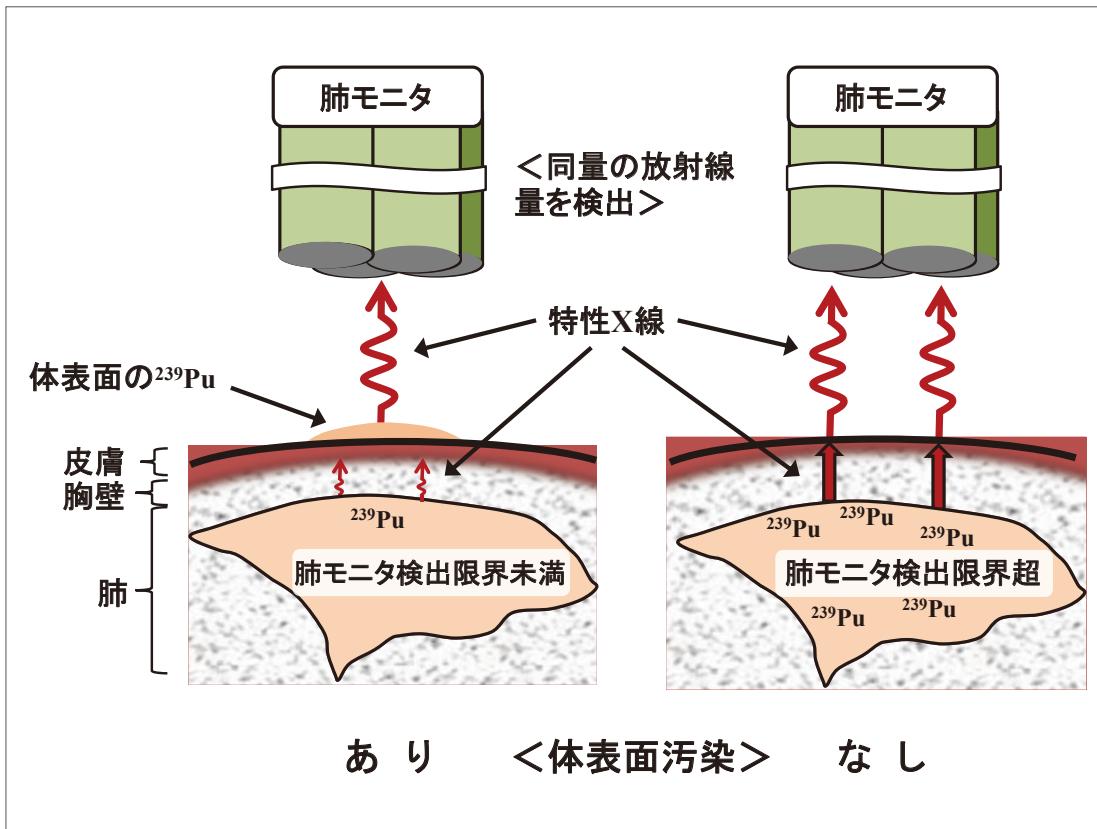
### 3. 最近の放射線事故例

原子力規制委員会が2018、2019年度に起きた事故を報告しているが、**表1**に原子力発電所と核燃料加工施設以外で起きた事故をまとめた<sup>1)</sup>。2019年4月10日に空港会社で起きた線源の紛失に関して詳細は不明であるが、2019年1月30日に国立研究開発法人のプルトニウム燃料開発室の粉末調整室で起きた事故は、管理区域内の事象であり、幸いにして内部被ばくはないことが確認されている。IAEAのサイトでは、今年に入ってから7件の事故が報告されている（**表2**）<sup>2)</sup>。フランスの病院の核医学部門で723 mSvの手の被ばく事故が起きているが、他は線源の紛失事故等であり、幸いなことに被ばくは起きていない。またこの2つのサイトを見ていると、放射性物質が街に存在し、容易に管理下から外れることがわかる。線源紛失が起き、結果として放射線を用いたテロにつながる可能性は存在しており、言うまでもなく防止策を備えることは当然である。

### 4. 日本原子力研究開発機構大洗研究開発センター燃料研究棟における内部被ばく事故

最近起きた人の健康影響に関わる放射線の事故といえば、2017年6月6日に日本原子力研究開発機構（JAEA：Japan Atomic Energy Agency）大洗研究開発センターにある燃料研究棟における内部被ばく事故である<sup>3)</sup>。この事故では、5名の作業員が体内に放射性物質を吸入するという内部被ばくが起きた。事故後作業衣等にα核種であるプルトニウム（Pu）とアメリシウム（Am）による汚染がみつかった。半面マスクと作業衣を脱いだ後も作業員4名の皮膚に汚染があり、うち3名には鼻腔内汚染が認められた。シャワーによ

図3 肺モニタが検出した特性X線の解釈の相違



る除染後の体表面汚染検査では、「汚染が検出されなくなった。」とされたが、実際には汚染が残存していた。PuとAm等から出てくる $\alpha$ 線は、紙でも遮蔽されるため、皮膚に付着しても障害は起きないが、皮膚が水に濡れていると水に遮蔽され汚染が見落されてしまう。一方PuとAmは、 $\alpha$ 線に加えて非常にエネルギーが低い特性X線を出す。PuとAmが肺などに大量に摂取された場合、体外から肺モニタという検出器によりこの特性X線を検出することができる。体内に存在するPuとAmから検出した特殊X線が体外に出てくる際には、胸壁などでかなり減衰する。

図3に肺モニタが検出した特性X線の解釈の相違を示す。肺からのPuからの特性X線は検出されず、体表面からのみを検出したと考えると、肺にあるPuは肺モニタ検出限界未満と推定できる(図左)。一方、同じ量の特性X線を検出した場合、それが全て肺由

来であれば、肺モニタにより検出されるまでに胸壁や皮膚により減衰した結果の量であり、少なくとも肺には実際の数から数十倍以上のPuが摂取されたことになる(図右)。肺モニタなど体外計測機器は、体内外の放射線を区別することはできないため、体表面にあるこれら $\alpha$ 核種からの特性X線を体内由来と考えて計算すると、実際よりもかなり過大な量の核種が体内に存在することになる。この事故ではJAEAで実際に計測された値は、そのほとんどが体表面のPuとAmからであったが、体表面汚染はないと考えていたため、過大な線量となってしまった<sup>9)</sup>。ホールボディカウンタ(WBC: Whole Body Counter)も含めた体外計測では、体表面の汚染がないことが、正確な評価には不可欠であることが改めて示された。

事故で体内に放射性物質を摂取した場合、口腔や口角、咽頭、鼻腔とその周囲に放射性



表1 原子力規制委員会の「事故・トラブル情報」で公開されている事故例

発生日	発生場所	施設区分	内 容
2019年 4月10日	空港会社	RI 施設	・密封線源（ニッケル63、555 MBq）を内蔵した爆発物検出装置の部品が所在不明 （爆薬等に含まれる成分をβ線によりイオン化し検出）
2019年 1月30日	国立研究 開発法人	使用施設	・プルトニウム燃料開発室の粉末調整室（管理区域） ・核燃料物質の入った容器をグローブボックスの中から取り出す作業中 ・粉末調整室のα線用空気モニタの警報が発報 ・作業員9名（半面マスク、カバーオール、ゴム手袋）有意な被ばくや皮膚汚染なし
2018年 12月11日	製薬会社	RI 施設	・医薬研究センターの管理区域 ・水を貯留する減衰槽に送る排水管において水漏れが発生 ・漏れい水に微量の放射性同位元素含有
2018年 12月5日	消防用設備 関連会社	RI 施設	・密封線源（セシウム137、3.7 MBq）内蔵したポータブルレベルメータが所在不明
2018年 9月20日	県消防防災 航空センター	RI 施設	・平成30年8月に墜落した防災航空隊のヘリコプター ・密封線源（トリチウム、 <sup>3</sup> H）を内蔵した非常口表示板（1個当たり136.9 GBq）8個中3個が所在不明
2018年 9月7日	警察本部	RI 施設	・機動隊総合訓練場 ・拳銃の照準部品（密封線源内蔵）の調整中 ・同部品に工具が接触、覆っているアルミフレームが破損 ・放射性同位元素の <sup>3</sup> H（666 MBq）が漏れい
2018年 7月2日	航空機 関係会社	RI 施設	・点火装置試験室で、整備士が点火装置の組み立て作業後の機能試験中 ・内部のスパークギャップ（密封線源）の電極が外れ、密封性が損傷 ・不活性気体クリプトン85（108 kBq）が漏れい
2018年 5月14日	県消防防災 航空センター	RI 施設	・平成29年3月墜落事故した消防防災ヘリコプター ・密封線源（ <sup>3</sup> H）を内蔵した非常口表示板（1個当たり136.9 GBq）が8個中1個発見できず
2018年 4月27日	防災会社	RI 施設	・アメリカシウム241を内蔵した煙感知器（表示付特定認証機器）を誤廃棄し所在不明 ・煙感知器1台当たり約170 kBq

物質を検出することがほとんどである。つまり、こういう場合は内部被ばくを疑う。この事故では鼻腔等開口部の汚染がない方でも、治療薬であるジエチレントリアミン五酢酸（DTPA）<sup>※2</sup>投与後、尿中にPuとAm排泄がみられている<sup>9)</sup>。事故時に似たような環境にあり、開口部に汚染が検出された方がいる場合、検出されなくとも内部被ばくを疑うべきであり、DTPAは副作用が少ないため禁忌がない場合は、診断的な意味も込めて少なくとも一回目の治療は行うべきということである。

※2  
ジエチレントリアミン五酢酸（DTPA、Diethylenetriamine-pentaacetate）  
PuやAmを含む超ウラン元素（キュリウム Cm、カリフォルニウム Cf、ネプツニウム Np 等）による内部被ばくが起きた時に使用する治療薬。CaDTPAとZnDTPAがある。

## 5. まとめ

世の中には、好むと好まざるに関わらず放射線が存在する。利用の立場からは、100%の安全を求めるのは当然であるが、必ずしもそうはいかない。この項では最近の国内外の事故を紹介してきたが、人への対応という観点からは、正しい知識があれば冷静な対応ができることが分かる一方、事故の質や内容は時代とともに変わるものであることを、忘れてはならない。

表2 国際原子力機関 IAEA に報告された最近の事故・事象

事故	種類	発生場所	時期	概要
くず鉄の配送時に発見された <sup>60</sup> Co 線源	輸送	ドイツ ハンブルグ港 近郊 金属リサイクル会社	2019年 1月11日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・布袋中の径約1 cm、10 cm の長さの金属柱（線源）が、西アフリカからのくず鉄の中で容器に入った状態で発見</li> <li>・容器表面でのγ線量率は最大で83 mSv/時</li> <li>・線源表面は693 mSv/時（約25 GBq）</li> <li>・現在連邦政府の施設で保管</li> </ul>
くず鉄容器中で発見された <sup>60</sup> Co 線源	線源	オランダ ロッテルダム港	2018年 11月13日 2019年 1月28日 3月7日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・線源をくず鉄容器中で発見（3回、計9線源）</li> <li>・入口モニターのアラームにより発見</li> <li>・線源は径約1 cm、10 cm の長さの金属柱（20-30 GBq）</li> <li>・線源表面は数 Sv/時</li> <li>・線源はすべて国の放射性廃棄物施設に回収</li> </ul>
放射線が1000 mR/時※を超える部屋の立ち入り	発電炉	メキシコ ラグナベルデ 原子力発電所	2019年 2月12日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・漏洩テストの準備中作業員が、1000 mR/時を超える管理区域の遮蔽が不適切であることを、原子炉制技術者に報告</li> <li>・鍵の記録から、誰かが最後に管理区域に入ったのは午後4時20分、鍵が戻ったのは7時であることが判明</li> <li>・現在調査中</li> </ul>
セシウム線源 <sup>137</sup> Cs の	線源	インド マレシュアラム	2019年 1月14日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・トラックが27 kg の重量の鉛の容器に入った線源（80 GBq）を搬送</li> <li>・1月17日にないこと気づく</li> <li>・1月23日容器ごと発見</li> <li>・盗難の可能性</li> </ul>
イリジウム <sup>192</sup> Ir 放射線源の粉失と回収	線源	パキスタン カラチ ワジェド 非破壊検査会社	2019年 1月14日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検査会社職員が、線源（10 Ci）***を車で移動中にエンジン故障を修理</li> <li>・線源の紛失に気づく</li> <li>・容器を見つけた小売店経営者が携帯電話連絡（電話番号が線源の容器に貼ってあった）</li> <li>・車の後部ドアが開いていたための脱落</li> </ul>
労働者の過剰被ばく	その他	フランス アンジェ病院	2019年 1月31日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・2018年11月の1か月間に、手に723 mSv の被ばくがあったことが2019年1月に判明</li> <li>・原因は不明、汚染管理が強化</li> <li>・1年間放射線従事不可</li> </ul>
アメリカシウム <sup>241</sup> Am 線源が井戸に落下	線源	ハンガリー ペーチ	2019年 1月21日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・線源（239 GBq）を含む検層地球物理学的調査の探索子</li> <li>・1800 m の深さの井戸に落下</li> <li>・線源の破損なく回収</li> </ul>

※1000 mR/時は約8.77 mGy/時（1 R=約2.58×10<sup>-4</sup>×34 Gy=8.77 mGy）  
 \*\*\*10 Ci（キュリー）は370 GBq（ギガベクレル）（1 Ci=3.7×10<sup>10</sup> Bq=37 GBq）

参考文献

- 1) 原子力規制委員会：原子炉等規制法または放射線障害防止法に基づく報告  
<http://www.nsr.go.jp/activity/bousai/trouble/houkoku/index.html>
- 2) IAEA：NEWS The Information Channel on Nuclear and Radiological Events  
<https://www-news.iaea.org/EventList.aspx>
- 3) Nénot JC. : Overview of the radiological accidents in the world, updated December 1989. Int. J. Radiat. Biol. 57, 1073-85, 1990.
- 4) 原子力規制委員会：機関別使用事業所数の推移  
<http://www.nsr.go.jp/data/000045606.pdf>
- 5) 原子力規制委員会：放射線障害防止法の対象事業所一覧、2018.  
<http://www.nsr.go.jp/data/000196315.pdf>
- 6) 原子力規制委員会 使用事業所の地域分布、2018.  
<http://www.nsr.go.jp/data/000045607.pdf>
- 7) 鳥居ら：富士山頂における雷活動時の放射線変動の観測 日本地球惑星科学連合2009年大会、2009.  
<https://jopss.jaea.go.jp/search/servlet/search?5018961>
- 8) 原子力規制委員会：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の報告書、2018.  
<http://www.nsr.go.jp/data/000219655.pdf>

- 9) Tatsuzaki H, Tominaga T, Kim E, Watanabe S, Tsutsumi Y, Sagara M, Takada C, Momose T, Kurihara O, Akashi M. : An accident of internal contamination with plutonium and americium at a nuclear facility in Japan : a preliminary report and the possibility of DTPA administration adding to the diagnosis. Radiat Prot Dosimetry. 82, 98-103, 2018.

あかし まこ

自治医科大学大学院博士課程修了。放射線医学総合研究所（現量子科学技術研究開発機構）障害臨床研究部に入所。第五福竜丸乗組員とトロント沈着症の健康調査、被ばく医療、原子力災害医療、放射線の遺伝子発現に与える影響の研究等に従事。研究室長、被ばく医療部長、被ばく医療センター長、研究担当理事、執行役、上席研究フェローを経て、2019年7月から現職。