

令和2年度放射線安全規制研究戦略的推進事業費(放射線防護研究分野における  
課題解決型ネットワークとアンブレラ型統合プラットフォームの形成)

## 放射線防護対策の推進に関する調査と提言

令和3年2月作成

令和3年9月改訂

日本放射線安全管理学会

# 目次

1. 放射線防護に係る海外の最新知見の収集	
1.1 海外の放射線施設の放射線事故に係る最新知見の収集	2
1.1.1 テーマを選んだ経緯や背景	
1.1.2 最新知見の収集方法	
1.1.3 得られた知見と考察	
2. 国内の放射線規制の課題に関する調査・提言	
2.1 国内の放射線事故が発生した際の放射線施設の緊急時対応の調査と提言	13
2.1.1 テーマを選んだ経緯や背景	
2.1.2 調査や提言取りまとめの実施方法	
2.1.3 調査結果および提言	
2.1.4 提言を実現する上での課題やロードマップ	
3. 人材育成	
3.1 放射線防護人材の確保・育成に関連する取り組み	17
3.1.1 日本放射線安全管理学会の現状報告	
3.1.2 若手奨励金事業	
3.2 若手のポストマッチングや中堅のキャリアアップ支援に関する取り組み	17
3.2.1 第19回日本放射線安全管理学会学術大会における若手セッション	
3.2.2 Webによる進路等個別相談会への参加	
4. 特記事項	
4.1 放射線防護アカデミアが提案した重点テーマに関する取り組み	19
4.2 その他	19
5. 参考資料	21

## 1. 放射線防護に係る海外の最新知見の収集

### 1.1 海外の放射線施設の放射線事故に係る最新知見の収集

#### 1.1.1 テーマを選んだ経緯や背景

放射線や放射性物質の不適切な取り扱い、あるいは放射線関連施設管理に関する事故等は、海外においても毎年のように報告されており、中には計画外被ばくを伴う事象も散見される。これらの事故に関する報告の中には、我が国における放射線規制行政の充実向上を目指す上で参照すべき情報も含まれるものと思われる。これまでも海外における放射線関連事故の実態調査が実施されているが<sup>1-3)</sup>、最近の事故事例に関してまとまった調査資料は知られていない。そこで、海外における近年の放射線関連事故事例の情報を収集し、我が国における放射線安全管理や放射線規制行政に有益な情報を抽出して分析、その分析結果を共有することを念頭に当該テーマを選択することとした。

#### 1.1.2 最新知見の収集方法

日本放射線安全管理学会では、令和2年度に原子力規制庁の放射線安全規制研究戦略的推進事業の一部を成す「放射線影響分野における放射線防護対策の推進に関する調査と提言ならびに放射線防護人材の確保・育成に関連する業務」の業務の一部を請け負い、その業務を円滑に遂行することを目的として、学会内に「放射線施設の放射線事故に係る最新知見の収集WG」と「放射線事故が発生した際の放射線施設の緊急時対応の調査と提言WG」の2つの小委員会を設け、関連する知見の効率的な収集に取り組んだ。このうち「放射線施設の放射線事故に係る最新知見の収集WG」では、2000年以降に各国の研究機関や医療施設、産業関連施設などの放射線施設内外で発生した、国際原子力・放射線事象尺度（INES: The International Nuclear and Radiological Event Scale）レベル2以上の放射線安全管理関連事故について、その経緯や事故原因の概要等について調査し、さらに一部の事例については事故の収束に向けた対応等についても情報収集を実施した（核燃関連の事故等については当学会が扱う規制研究の範疇にはないため調査の対象から除くこととした）。

尚、本調査研究は同WGの委員4名が主体となって実施し、必要に応じて外部の意見等を求めた。当該作業を担当したWG委員を表1に示す。

表1. 「放射線施設の放射線事故に係る最新知見の収集WG」委員名、所属及び主たる担当

委員名	所属	主たる担当
保田 浩志	広島大学	線量・リスク評価関連
山口 一郎	国立保健医療科学院	医療用放射線関連

佐瀬 卓也	核融合科学研究所	紛失密封線源関連
角山 雄一	京都大学	RI 飛散事故関連、総括

- 1) UNSCEAR2008 年報告, 第 2 巻, 附属書 C 「事故における放射線被ばく」
- 2) JERI-Data/Code 98-023 「国際原子力事象尺度 (INES) に基づく事故・故障事例集 : 和訳版」 1998 年 9 月, 日本原子力研究所
- 3) 平成 19 年内閣府委託事業「放射性物質の輸送に関する実態及び放射線源に関する事故事象の調査」別冊「放射性物質及び放射線の関係する事故・トラブル 国内・海外事例データベース」, 原子力安全技術センター

### 1.1.3 得られた知見と考察

#### 1.1.3.1 2000 年以降における INES 報告の概要

まずは、海外における近年の放射線関連事故について、その傾向と概要を把握するための情報収集を実施した。INES レベル 2 以上を該当する国際的な放射線関連事故の情報は、国際原子力機関 (IAEA) がインターネット上で公開しており、その情報は常に更新されている (<https://www-news.iaea.org/Default.aspx>)。しかし、このサイトに掲載される情報は直近 1 年間に関するものまでであり、それ以前の情報については非公開である。そこで、オランダの LAKA (LAndelijk Kernenergie Archief) 財団が公開するデータベース

(<https://www.laka.org/docu/ines/>) から 2000 年以降に発生した事故に関する情報を網羅的抽出することとした。その結果、欧州や北米からの報告が大半を占め (図 1)、その多くが INES レベル 2 であること (図 1, 2)、また地域に関わらず「異常被ばく」に関する事故報告が多数を占めていること (図 3) などが読み取れた。各事故事例について調査すると、複数の事象においてその発生経緯においていくつかの共通要素が見受けられ、またこれら事象は我が国の放射線安全管理においても十分に参考とすべきものであることが判明した。そこで、これらの事象を以下の 4 つの課題に分類し、さらなる調査を実施することとした。

1. 線量・リスク評価に関する課題
  2. インターベンショナルラジオロジー (IVR) 従事者の線量限度を超える放射線曝露に関する課題
  3. 紛失密封線源による被ばく事故に関する課題
  4. 作業中の非密封飛散事故に関する課題
- 尚、これら 4 課題の調査については、各 WG 委員が担当した (表 1)。

		2020年12月4日時点							
INES		0	1	2	3	4	5	7	total
欧州	核燃	9	25	48	2				84
	FI	5	68	68	9	2			152
北米	核燃	8	4	8	2				22
	FI	4	18	89	4				115
南米	核燃	4	2	1					7
	FI	6	3	4					13
アフリカ	核燃			1					1
	FI			1		1			2
オセアニア	核燃			1					1
	FI			2	2				4
アジア (日本以外)	核燃	3	8	7					18
	FI	4	14	15	4	1			38
アジア (日本)	核燃 <sup>*1</sup>	2		2	6		3	1	14
	FI		1	1					2
total		45	143	248	29	4	3	1	473

\*1: 日本の核燃関連INES3以上は、すべて東京電力福島第一・第二原子力発電所事故に関係する報告

データ引用元: IAEA-database of nuclear and radiological incidents.  
the Laka Foundation, Netherland. (<https://www.laka.org/docu/ines/>)

図1: 2000年以降における INES 報告件数 (核燃・RI 関連/地域別)



図2: RI 関連施設・INES レベル2以上の事故報告件数 (地域別)

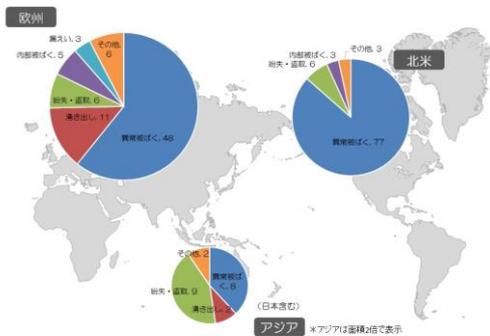


図3: RI 関連施設・INES レベル2以上の事故の報告件数 (種類別)

### 1.1.3.2 線量・リスク評価に関する課題

海外での放射線被ばく事故において、発生当初に被ばく線量やリスクを過少に評価していたケースは少なくない。初期に当時者を診た医師が、放射線被ばくの可能性に気づかず、将来発現する健康影響を予測できず適切な医学的処置がなされなかったケースも散見される。例えば、1987年9月にブラジル国ゴイアニア市で発生した<sup>137</sup>Cs線源による被ばく事故 (INES レベル: 5) では、被ばく後に体調に異常を感じて来院した人たちを診断した現地の医師は、それをアレルギー反応等と診断して対処していた。当該事故では、それらの症状が放射線被ばくであることが判明するまでに2週間以上を要し、その間に汚染が拡大して被害が増大した (IAEA, 1988)。また、1999年2月にペルー国ヤナンゴ市で発生した<sup>192</sup>Ir線源による被ばく事故 (INES レベル: 3) では、最初に被ばく者を診察した現地の医師は、それを虫刺され (insect bite) と診断した (IAEA, 2000)。当然ながら、被ばくの実態が認識されなければ、被ばく線量の評価は行われず、その間に線量の再構築に有用な情報が失われていき、被ばくの実態を正確に把握することが難しくなっていく。

そこで、規制行政に有益な知見を提供していると思われる最近の施設内被ばく事象として、2017年にオーストラリア国で発生した品質管理分析者の手の被ばく事

象について取り上げ、そこから学べる教訓を抽出した。2017年8月22日、オーストラリア国の原子力科学技術機構（Australian Nuclear Science and Technology Organisation: ANSTO）傘下の組織「ANSTO Health」の品質管理の分析者（以下「作業員」という）が、日常的な品質管理手順中に皮膚を<sup>99</sup>Moで被ばくする事象（INES 3）が発生した。この事故では、作業員が定められた手順に従って<sup>99</sup>Mo（4.5 GBq、0.6 ml）を含む溶液が入ったバイアルの圧着シールを外そうとしたところ、誤って落下させ、溶液が飛散したことによって、手の部位が汚染され被ばくを受けたものである。このとき作業員は二重の手袋をしていたが、手袋のみならず手も汚染していた。この事象の発生を受けてANSTOが行った初期の線量評価では、作業員の手の被ばく線量は等価線量で0.85 Svと算出された。これは皮膚への法定等価線量限度（0.5 Sv/年）を超えるレベルであったが、皮膚の確定的影響（紅斑や潰瘍等）のしきい線量を超えるものではなかった。しかし、被ばくから2週間以上経って、作業員の手に紅斑と水泡の発生が認められ、先述の線量評価レベルとの矛盾が生じた。その後、作業員の手に観察された組織反応の状態に係る医学的観察結果等に基づいて、ANSTOにより再度線量が評価され、被ばくした組織の等価線量は10～20 Sv（皮膚への法定年間等価線量限度の約20～40倍）に相当すると評価された。オーストラリア放射線防護・原子力安全庁（ARPANSA）は、規制当局として、ANSTOから提出された報告内容を精査するとともに、独自に調査を実施して、被ばくの状況や放射線障害の症状等から、作業員の被ばくした部位における等価線量は～20Svと評価することが妥当であると結論付けるとともに、これをINESのレベル3（重大な異常事象）として分類した（ARPANSA, 2021）。一方、ARPANSAは当該被ばく事象の背景にある人的および組織的要因についても分析・特定し、ANSTOに対して、事故現場が適切に保存されておらず個人用防護具の汚染レベルに関する重要な情報が収集されていなかったこと、又、被ばくのリスクが事業者によって十分に理解されておらず適切な対応（線量評価のシステム、被ばく低減策の準備、作業員の教育訓練、ニアミスの学習等）が採られていなかったこと等を指摘し、それらに係る指導を行った。

上記のANSTOで起きた事象から得られる主な教訓として、以下の3点を挙げるができること考える。

1. 身体のごく一部（四肢や臀部など）が高い線量を受けた場合、等価線量（組織に付与されたエネルギーを組織全体の重量で平均化した量を放射線加重係数で補正）を用いると、対象とする組織の体積を広く取れば線量値が小さくなることから、一部の組織の線量レベルを過小に評価する恐れがある。局所的な被ばくに対しては、被ばくした身体部位の吸収線量の分布をできるだけ正確に把握して、リスク（将来起こり得る炎症や壊死などの確定的影響の程度）の予測評価に供することが肝要である。
2. 局所的な被ばくが生じた（恐れがある）場合には、痛みや嘔吐などの前駆症

状が明確に現れない場合もあり、相当の経験がある医師であっても初期の診断でそのリスクを見逃す可能性がある。こうした場合には、患者の行動や周囲の状況に関する情報を広範に収集して放射線被ばくの可能性を確認し、それに応じた医学的処置（感染症予防や組織移植の準備等）を判断することが望まれる。

3. 被ばく事象の発生後、時間が経つにつれ、被ばく状況の検証に要する情報が失われ、線量の再構築が正確に行えなくなる。この問題を防ぐには、事象が発生した時点で、線量評価に有用な情報（現場の写真、モニタリングデータ、関係者の供述／行動記録、衣類や爪など遡及的な線量推定に役立つ試料等）をできるだけ詳しく収集・保存し、規制当局や独立した専門機関による遡及的な検証を容易に行えるようにしておく必要がある。

#### 参考文献（線量評価関連）

- 1) International Atomic Energy Agency (IAEA). The Radiological Accident in Goiania. STU/PUB/815, 1988, IAEA, Vienna.
- 2) International Atomic Energy Agency (IAEA). The Radiological Accident in Yanango. STU/PUB/1101, 2000, IAEA, Vienna.
- 3) Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA). Report to Parliament - Radiation exposure of a worker at ANSTO Health, Lucas Heights on 22 August 2017. <https://www.arpansa.gov.au/about-us/corporate-publications/reports-parliament/report-parliament-radiation-exposure-worker-ansto> (accessed on 5 February 2021)

#### 1.1.3.3 IVR 従事者の線量限度を超える放射線曝露に関する課題

海外では、IVR 従事者の医療従事者の異常被ばくの報告が INES を利用してなされている（表 2）。一方、国内では、個人線量測定協議会のデータでは年間の実効線量が 50 mSv を超えた労働者がいることが、毎年、示されている。例えば平成 29 年度は 9 名で内訳は一般医療 8 名、獣医療 1 名となっている。皮膚等価線量限度を超えた労働者数は、個人線量測定協議会では公表していないが、長瀬ランダウア社によると令和元年度に皮膚等価線量が 500 mSv を超えた労働者は 4 名で全て医療従事者となっている。また、引き下げ前の眼の水晶体の等価線量限度である年間 150 mSv を超える労働者が厚労省の検討会での資料では平成 29 年度には 7 名おり、うち 6 名は医療従事者である<sup>1)</sup>。RI 規制法施行規則第 39 条第 1 項で規定されている報告義務のある計画外被ばくは、2020 年度に医療機関から報告があったが、PET 薬剤を生成中に C-11 が入った小瓶が落下し室内に漏えいした事例である<sup>2)</sup>。IVR 従事による事例は本制度の対象外と考えられるものの、電離則第 44 条により事業主は、放射線業務従事者が受ける線量が線量限度を超えたときはその旨を所轄労働基

準監督署長に報告しなければならないとされている。しかし、この制度により報告された線量限度を超えた労働者に関する発表はなく、INES への通報事例も、2021年1月現在公表されていない。

表 2. 海外で報告された事例のうち該当する事故

INES	国	場所	事象発生日	事象名
2	英国	ウェールズにある医療機関	2019年12月31日	IVR従事者における水晶体過剰被ばく
2	フランス	サン・ドニにあるドラフオンテーヌ病院	2017年10月20日	IVR従事者における皮膚過剰被ばく

#### 1.1.3.3.1 それぞれの事例の詳細

##### ◎事例1：UK, 2019年 IVR従事者における水晶体過剰被ばく

管理システムの不具合、個人用防護具（PPE）の誤用、水晶体の等価線量の測定に適さない線量計の使用など、いくつかの不具合が確認された事例である。水晶体における等価線量は推定 25.8 mSv とされている。欧州連合は、欧州基本安全基準 Basic Safety Standards: 欧州 BSS の法制化を加盟国に求めている。このため、IAEA の General Safety Requirements (GSR) part3 で規定されている眼の水晶体の等価線量限度を5年間で 100 mSv を超えないようにすることなどが法的拘束力を持ち、少数の例外となっている国があるものの英国では既に規制に反映済みである<sup>3)</sup>。従事者の PPE 使用の記憶に基づき現実的な仮定で線量が推定された。この事例は英国の安全衛生行政機関によって調査され、現在は不起訴の決定を受けて事件としての扱いは終了している。

##### ◎事例2：フランス, 2017年 IVR従事者における皮膚過剰被ばく

2017年の第1四半期に、放射線科医の手の被ばくが年間の等価線量限度（500mSv）を超過した事例である。2018年1月24日、フランス原子力安全局（ASN）はこの事例を検査した。環境法第125条の13の透明性確保と情報公開の考えに基づき、検査報告書はASNのウェブサイトに掲載されている。この検査報告書は詳細なもので参考になる。なお、ASNは、多くの利害関係者（AFIB (Association Française des Ingénieurs Biomédicaux)、AFPPE (Association française du personnel paramédical d'électroradiologie)、G4 (le Conseil National Professionnel de radiologie (4つの団体から構成されている))、SFPM (la Société Française des Médecins)、SNITEM (le Syndicat National de l'Industrie des Technologies Médicales)、ANSM (l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé)) と協力して、2016年6月13日に、線量最適化機能をよりよく利用できるように、新しい機器を設置する際

にオペレータに提供される訓練を強化することを目的とした勧告を公表している。

#### 1.1.3.3.2 国内の事例との比較

個人線量測定協議会などのデータから日本でも線量限度を超過している事例があると考えられる。しかし、線量限度の超過が判明した事例は労災申請がなされたり、勤務時間管理などの問題での労働基準監督署の立入時の調査での判明に限られており、データ間で事実関係の乖離がある。線量限度超過の事例に対する調査報告書は日本では公開されていない。ただし、関係学会での取り組みは日本でも進められており<sup>4)</sup>、行政機関により事業所への幅広い援助もなされている<sup>5,6)</sup>。また、放射線治療での事故では関係学会による事故調査を踏まえた対策が講じられている<sup>7)</sup>。

事例1では事業所の責任を問うかどうかは課題となっていたが、日本では個人線量測定が未実施だとした書類送検事例がある<sup>8,9)</sup>。放射線管理は線量評価にも基づき行われるが、IVRで用いるX線は相対的にはエネルギーが低いので素子の装着法によっては、人体でのX線の減弱により線量を過小評価することが考えられる<sup>10)</sup>。このため、測定会社から注意が促されているが<sup>11)</sup>、線源利用時にも、線源からの距離が遠くなるために、手背側に装着した素子は手掌側の線量を過小評価する。また日本では指輪タイプの素子は商業サービスではフリーサイズのみとなっており、指が細い労働者では線量が過小評価される可能性がある<sup>12)</sup>。

なお、英国では規制整備に向けた規制影響分析がなされていた<sup>13)</sup>。日本でも行政機関が行う政策の評価に関する法律施行令により規制整備の事前評価が義務付けられており、本件はこの義務付けの対象外ではあるものの経済的な検討が検討会で示された例がある<sup>14)</sup>。

#### 1.1.3.3.3 検討から得られた提言

- リスクに応じた管理を行い、資源配分を最適化できるよう IAEA GSR part3 や GSG-7 の段階的な放射線管理の規制への導入を目指して関係学会でも検討を進める。また、規制影響分析を行いより機能的な規制整備に役立てる。
- 各事業所は電離則第44条を遵守する。行政機関は、電離則第44条に基づき報告された事例を集計して INES 通報し、公開する。

- 報告された事例に対して、専門的な定見を持つ学会など関係機関が協力して、当該事業所の背景も踏まえて課題解決の援助を行う。

参考文献（IVR 従事者の線量限度を超える放射線曝露に関する課題関連）

- 1) 厚生労働省. 眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会報告書. 2019.
- 2) 原子力規制委員会. 原子炉等規制法または放射性同位元素等規制法に基づく報告 [Internet]. 2020. Available from:  
[https://www.nsr.go.jp/activity/bousai/trouble/houkoku\\_new/220000042.html](https://www.nsr.go.jp/activity/bousai/trouble/houkoku_new/220000042.html)
- 3) 樺田尚樹. 不均等被ばくを伴う放射線業務における被ばく線量の実態調査と線量低減に向けた課題評価に関する研究. 労災疾病臨床研究事業費補助金研究報告書. 2019.
- 4) 医療分野のガイドライン作成委員会. 医療スタッフの放射線安全に係るガイドライン～水晶体の被ばく管理を中心に～ [Internet]. 2020. Available from:  
<https://www.kyoto-msc.jp/news/suishoutai2020/>
- 5) 厚生労働省安全衛生部労働衛生課電離放射線労働者健康対策室. 被ばく線量低減設備改修等補助金事業. 2020; Available from:  
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndl.jp/pid/11676291https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndl.jp/pid/11628248/www.jsrt.or.jp/data/wp-content/uploads/2020/08/hojokinleaflet.pdf>
- 6) 電離放射線労働者健康対策室厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 労働衛生課. 放射線被ばく管理に関する労働安全衛生マネジメントシステム導入支援事業 [Internet]. 2020. Available from:  
[https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou\\_roudou/roudouki jun/anz en/0000186714\\_00003.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudouki jun/anz en/0000186714_00003.html)
- 7) 放射線治療品質管理機構. 2001 年—2004 年に公表された放射線治療における誤照射事故の調査報告のまとめ. 2020.
- 8) 労働新聞社. 北海道労働局, 被ばく測定せず送検 医療法人で電離則違反. 2012; Available from: <https://www.rodco.jp/news/81887/>
- 9) 労働新聞社. 放射線 基準値超える被曝で送検 保護具付けず 30 年間 土浦労基署. 2019;
- 10) 山口一郎, 大西世紀. 放射線診療における手指の不均等被ばく線量の推計. 日本保健物理学会第 39 回研究 発表会 要旨集. 2005;
- 11) 株式会社千代田テクノル. ガラスバッジサービス取扱説明書. 2021;
- 12) 山口一郎, 南佑子, 塚本豊浩, 中井康博, 三宅実, ゴンザレスクリーゼル, et al. スペシャルニーズ歯科での放射線管理. 第 53 回日本保健物理学会研究発表会講演要旨集. 2020;64.
- 13) The Health and Safety Executive. Implementation of the occupational

exposures elements of the Council Directive 2013/59/Euratom laying down the basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation - The Ionising Radiations Regulations.

[Internet]. 2017. Available from:

[https://www.legislation.gov.uk/ukia/2017/161/pdfs/ukia\\_20170161\\_en.pdf](https://www.legislation.gov.uk/ukia/2017/161/pdfs/ukia_20170161_en.pdf)

14) 樺田尚樹. 眼の水晶体の等価線量限度を意見具申どおりに見直す際の留意事項. 第2回 眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会資料. 2019.

#### 1.1.3.4 紛失密封線源による被ばく事故に関する課題

海外では<sup>192</sup>Ir線源による異常事象または事故が度々発生している（表3）<sup>1)</sup>。また、我が国においても INES 導入以前の1971年に非破壊検査装置からの<sup>192</sup>Ir線源の脱落による比較的重大な被ばく事象が発生している<sup>2,3)</sup>。

表3. Ir-192線源による異常事象または事故の事例（INES 3以上）

年	国	概要	INES
1971	日本	造船所で使用していた非破壊検査用の線源が脱落し、知らずに拾った作業員と同僚の計6名が外部被ばく。線源に直接接触した者が放射線熱傷を発症した。	3相当
2000	エジプト	40Ciの線源が紛失し、その後に民家で発見される。少なくとも7名が被ばくし、うち2名が死亡した。	4
2014	ペルー	脱落によってガイドチューブ先端に引っかかっていた線源に気づかず、3名の作業員が被ばく。作業員1名の股関節に発赤。推定全身被ばく線量0.5Gy未満。	3
2015	イラン	格納ミスによってガイドチューブ内に残った線源を気づかず自動車内に放置、2名が車内にて長時間の被ばく。推定全身被ばく線量1.6～3.4Gy。	3
2018	イラン	脱落によってガイドチューブ内に残った線源に気づかず、2名の作業員が被ばく。手指の局所放射線障害が発生した。推定全身被ばく線量0.3～0.4Gy。	3

これら殆どの事例は、作業後のサーベイを確実に行っていけば防げた事象であった。また多くの事例で個人被ばく線量計の未装着がみられ、被ばく線量の正確な評価に手間を要した。高線量の密封線源の使用に際しては、これらについて徹底することが必須であることがあらためて示唆された。

参考文献（紛失密封線源関連）

- 1) M. H. Shabon, “Health Effects Sequence of Meet Halfa Radiological Accident After Twelve Years”, XI Radiation Physics & Protection Conference, 2012, Nasr City - Cairo, Egypt, p. 351-365
- 2) ATOMICA「千葉市におけるイリジウムによる放射線被ばく事故（09-03-02-11）」
- 3) 文部科学省「非破壊検査装置イリジウム 192 の盗難に対する対応」  
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/senmon/bougo/siryu/bougo12/siryu12-1.pdf>

### 1.1.3.5 作業中の非密封 RI 飛散事故に関する課題

作業者が不安全な操作により飛散した RI 溶液等を被り目や手などを汚染させる事故が世界でも散発的に発生している（表 4）。非密封 RI を取り扱う作業に従事する現場において、今後、参考となる対策等がないか調査した。

表 4. 作業中の非密封 RI 飛散事故例<sup>1)</sup>

INES	国	場所	事象発生日	事象名
2	スイス	病院の薬剤部	2019年6月21日	Ga-68溶液の飛沫による目の汚染
3	オーストラリア	オーストラリア原子力科学技術機構	2017年8月22日	品質管理分析者（QC Analyst）の手の被ばく

#### 1.1.3.5.1 各事例の詳細と事故後に提示された原因と対策

##### ◎事例 1：スイス，2019 Ga-68 溶液による目の汚染

放射性薬剤を取扱う従事者が、ドラフト内で品質管理のため 700 MBq の Ga-68 溶液を含む密閉バイアルからサンプルを取り出す操作を行っていた。バイアルの開口部を注射器で突き刺したところ、液滴が飛び散り右目を汚染した。作業員は保護眼鏡をかけていなかった。作業終了 8 分後に目に布をあててから流水で洗眼した。放射線防護担当者が測定を行ったが少量の汚染が検出されたため追加洗浄。眼の水晶体の等価線量は 27 mSv と計算された（スイスの線量限度を各年度に単純に割り当てた場合の年間割当値となる 20 mSv を超える）。作業員はその後 2 週間以内に眼科医の診察を受けた。右眼の角膜に軽度のびらんを伴う炎症が認められ人工涙液の定期的な塗布が処方された。なお、4 日後の再検査ではこれらの病変の大部分は寛解しており追加のケアやフォローアップは必要ないとの結論に至った。事故後、再発防止のため以下の対策を講じた。：①保護眼鏡の着用を徹底する。②早急な除染を徹底する。③ドラフト内の鉛シールドを人間工学に基づいて調整する。

◎事例2：オーストラリア，2017 品質管理分析者（QC Analyst）の手の被ばく

本事例は1.1.3.2「線量・リスク評価に関する課題」でも取り上げた。事故の経緯についてはそちらを参照のこと。事故後の報告書には、発生原因について、①軽微なトラブルやヒヤリハット事例から効果的に学ぶ仕組みが組織に欠如していた。②作業者の事故時のリスクに関する認識が不十分であった。③当該研究所のマニュアル等において、作業に危険性に対する注意喚起が記載されていなかった。④作業の安全性に関する訓練は、訓練者の指導能力に過度に依存しており、また訓練の有効性についての検証はなされていなかった。等の分析がなされている。また、中長期的な再発防止策として、①リスク低減のため、従来の作業員の手動による作業を自動化するなど、品質管理工程の見直しを行う。②品質管理サンプル中の放射性物質濃度を低くする。等が提示されている。

以上の事例を俯瞰すると、その発生原因は凡そ共通しており、

- 1) 作業者が作業中に発生し得るリスクを十分に認知していなかった。
- 2) 事故が発生する可能性について施設全体として情報を共有しておらず、何ら対策をとっていなかった。

の二点に集約される。事故前にも軽微なトラブルやヒヤリハットが発生しており、飛散や落下等の可能性がありえることが事前に十分想定できたはずである。にもかかわらず作業への慣れ等から作業環境の改善やマニュアルの整備等を怠っていた。

我が国においても常に同様の事故が発生する可能性がある。RI 規制法の施行に伴い、我が国の放射線施設ではヒヤリハット事例から学び、定期的に安全管理体制を更新し続けるといった、いわゆる PDCA の仕組みの導入が始まっている。今後もこのような仕組みの徹底と充実が求められる。

参考文献（非密封 RI 飛散事故関連）

- 1) Report to Parliament - Radiation exposure of a worker at ANSTO Health, Lucas Heights on 22 August 2017

<https://www.arpansa.gov.au/about-us/corporate-publications/reports-parliament/report-parliament-radiation-exposure-worker-ansto>

## 2.1 国内の放射線事故が発生した際の放射線施設の緊急時対応の調査と提言

### 2.1.1 テーマを選んだ経緯や背景

1.1.2 に述べたように、学会内に「放射線施設の放射線事故に係る最新知見の収集 WG」と「放射線事故が発生した際の放射線施設の緊急時対応の調査と提言 WG」が設立された。このうち、「放射線事故が発生した際の放射線施設の緊急時対応の調査と提言 WG」では、原子力規制庁が事業者からの国内の法令報告事象の情報を web サイトで公開していることから、この事例から原因や対処における問題点を明らかにし、各事業所の放射線障害予防規程や緊急時対応マニュアルに、事態を想定した対応を予め準備するよう提言をまとめることを目的とした。

### 2.1.2 調査や提言取りまとめの実施方法

委員の構成は、以下の通りである。

WG 長：桧垣 正吾（東京大学アイソトープ総合センター）

委員：久下 裕司（北海道大学アイソトープ総合センター）、志水 陽一（京都大学医学部附属病院）、富田 悟（東京工業大学放射線総合センター）、廣井 朋子（聖マリアンナ医科大学大学院アイソトープ研究施設）、古澤 哲（東京ニュークリア・サービス株式会社）

WG では、以下の方針で調査活動を行った。

1. 原子力規制庁 web サイトに公開されている法令報告事象に該当する事故トラブル情報、また危険時の措置の届出のうち、2013 年 4 月から 2020 年 11 月までの 29 件について、事業者の報告書を精査し、類型ごとに分類して事故の原因や対応に関する問題点を抽出した。
2. 法令報告事象に該当する事象を、以下のように通常の管理業務で「予防（発生を制御）できそうなもの」、「予防（発生を制御）できないもの」に分類した。  
「予防できそうなもの」計画外被ばく、所在不明、漏水、汚染の拡大を含む漏洩  
「予防できないもの」悪意のある盗取、墜落による所在不明、線源製造上の不具合を含む漏洩、火災
3. 事故トラブル等 29 件のうち、類型ごとの代表的な（多くの放射線施設で起こりうる可能性のある）4 件の事例から抽出した問題点 8 点を、WG 委員が所属する放射線施設で事前に整備されている放射線障害予防規程や緊急時対応マニュアルのままで、「予防できそうなもの」について予防方法は十分か、「予防できないもの」について問題なく対処することは可能かを確認した。また、WG 委員だけではなく、会員有志の協力を募るため、アンケート調査を行った。
4. 予防方法が十分ではない、あるいは対処できないとの回答が多い事項は、同じ事象が起こった際に不十分な対応となる可能性が高いことを意味する。そのため、放射線障害予防規程や緊急時対応マニュアルに、事態を想定した対応を予め準備するよう WG で提言をまとめた。

### 2.1.3 調査結果および提言

調査に使用した4件の事例の概要および抽出した問題点8点を以下に示す。

#### 1. 非密封RIの所在不明（2017年12月21日発生、企業）

概要：滅菌処理後、保管廃棄するまでの間に、保管中の $^{14}\text{C}$ 投与動物死体を紛失（おそらく他の動物サンプルと共に処理された）。

問題点①：保管中の動物死体および動物乾燥用金属カゴを定期的に在庫確認する仕組みがなく、RI管理上、使用中である動物死体を一時的に冷凍庫へ保管あるいは冷凍庫から持ち出す際に、記録を残していなかった。

#### 2. 表示付認証機器の所在不明（2019年12月16日発生、企業）

概要：照射線量率標準ガンマ線源 $^{137}\text{Cs}$ の所在不明。

問題点②：管理手順書がない、出入庫の記録がホワイトボードへのメモ程度しかなく、装備機器の説明書にあった専用容器への収納、施錠付き金庫への収納が行われていなかった。

#### 3. 破損（経年劣化）による漏洩（2013年10月29日発生、大学）

概要：保管していたトリチウム密封線源から汚染が拡大した。

問題点③：古い線源から経年劣化によりトリチウムを含む金属が剥落、あるいは、吸蔵合金から常温でのゆっくりしたガス状トリチウムの放出があったため、線源に対する情報の不足と認識の誤りがあった。また、密封線源から汚染が発生すること自体が異常事態であったが、密封線源施設、通報判断基準に対する認識の誤りがあり、異常事象に対する行動基準が整備されていなかった。

#### 4. 火災（2016年7月1日発生、大学病院）

概要は省略。

問題点④：すぐに正しい線量率を測定できるか。

（注）消防は、高い線量を想定して電離箱式サーベイメータを持参することがある。ただ、線量が低い場合（ $1\mu\text{Sv/h}$ 未満）には有意な値が計測されない。この例では $0.5\mu\text{Sv/h}$ が計測された。有意な値ではないが、数字だけ見るとバックグラウンドレベルの10倍の線量があるように見え、正しくない数字だけが一人歩きし、混乱をもたらす可能性がある。

問題点⑤：非密封RI使用記録の作成は本当にいつも十分なされているか。

（注）使用記録と、実際の使用との不整合があった。

問題点⑥：すぐに情報公開ができる体制にあるか。

（注）使用していた核種・数量の把握ができず情報公開が遅れた。その結果、規制庁への通報・近隣住民への説明（情報公開）が遅れた。

問題点⑦：管理組織体制は適切か。

（注）火災があった施設の場合、建屋の管理、RI室管理、放射線取扱主任者の部局がバラバラであったため、緊急時に情報共有が遅れ組織としての対応が難しかった。

問題点⑧：放射線取扱主任者の代理者は設定されており、連絡体制が整っているか。

(注) 火災時、主任者は短期出張のため不在で、代わりの対応者が決められていなかったため、規制庁への連絡が遅れた経緯がある。

委員および会員有志の施設における取りまとめ結果を以下の表に示す。なお、施設によっては、当該線源を所持していない等の理由により無回答の設問がある。そのため、件数の合計は一致しない。

表 委員および会員有志の施設における取りまとめ

	①投与動物の使用記録	②表示付認証機器の使用記録	③密封線源に対する認識	④線量率測定	⑤使用記録	⑥情報公開	⑦管理体制	⑧主任者の代理者
対応できる	5	7	7	11	11	9	11	11
どちらとも言えない	3	2	4	3	3	3	2	3
対応できない	2	3	3	1	1	3	1	1
該当しない	6	4	2	-	-	-	-	-
対応できる割合(%)	50	58	50	73	73	60	79	73

上記の結果より、対応できるとの回答の割合が低かった点、すなわち、放射線障害予防規程や緊急時対応マニュアルに、事態を想定した対応を準備するよう提言すべき項目を順に示す。

- ①投与動物の使用記録
- ③密封線源に対する認識
- ②表示付認証機器の使用記録
- ⑥情報公開

具体的な提言は以下の通りとなる。

1. 非密封 RI では、その全ての使用を追うために適切な記録が残されているか、盲点となっている取り扱いはないか、記録を付けるユーザーに周知が徹底されているか、を確認することが必要である。

2. 密封線源では、線源の健全性が保たれなくなったことによる汚染拡大が起これうる。定期的に漏洩の有無を確認することが必要である。また、発生した場合の対処について通報判断基準を含めて定めておく必要がある。
3. 認証付装備機器は、法令の規制が緩やかなため管理が手薄になりやすい。装備機器の説明書に従い専用容器への収納、施錠付き金庫への収納が行われていることを確認することが必要である。また、使用する者や管理する者の全てが、線源に対する正しい認識を持つことが必要である。
4. 全ての事業所では、火災等の事故が起こったことを想定して、必要な情報をすぐに公開できる体制を構築することが必要である。

#### 2.1.4 提言を実現する上での課題やロードマップ

上記の提言は、規制側ではなく事業所側に向けたものである。放射線に関する事故に対する対応が上手くいかない事態が多発した場合、規制を強化せざるを得ないとの風潮になることが想定される。過度な規制に繋がらないよう、全ての事業所において事故の予防に努め、また、適切な対応ができるよう自主的な管理体制を見直す必要があると考えられる。

### 3. 人材育成

#### 3.1 放射線防護人材の確保・育成に関連する取り組み

##### 3.1.1 日本放射線安全管理学会の現状報告

「放射線防護研究分野における課題解決型ネットワークとアンブレラ型統合プラットフォームの形成事業」の令和元年度（平成 31 年度）の活動の一つとして、放射線防護アカデミアに参加している日本放射線安全管理学会、日本放射線影響学会、日本放射線事故・災害医学会、日本保健物理学会の会員に対して若手人材の確保・育成に関するアンケート調査が行われた。日本放射線安全管理学会会員の回答を抽出したものはすでに令和元年度（平成 31 年度）の報告書で報告しているが、本年度、日本放射線安全管理学会誌にも纏め、本学会会員にも現状を紹介した。（松田尚樹、中島 覚、日本放射線安全管理学会誌、**19**, 118-121 (2020)）さらに、統計データに基づいた 4 学会平均と比較した本学会の特徴に加えて自由記述欄についても学術大会で発表された。（松田尚樹、「放射線安全管理人材の確保・育成に関する現状把握のための調査結果」、第 19 回日本放射線安全管理学会学術大会(2020)）放射線管理業務を行うためには博士取得は必ずしも必要ではないが、若手が博士取得のために工夫し、努力した結果はその後の人生に大きな影響を与える可能性がある。そのような日々の努力は施設内でのポストアップにも良い影響を与えるに違いない。放射線安全管理の分野で若手が学位取得できる場を本学会が提供できれば良いと考えられるが、会場からも業務を行いながらの博士取得に関するコメントがあった。

##### 3.1.2 若手奨励金事業

若手奨励金事業を学会規程化し、1 名あたり 10 万円、各年度 2 名を限度に若手が旅費、研究費として使え、研究活動実績ともなる奨励金を公募選考により授与している。若手奨励金を受けるものは規程上、「原則として 45 歳以下の会員または入会后 5 年以内の会員」としていたが、准教授以上のものに授与することがあった。准教授相当になるまでのもう少し若手が選出されるように、「原則として 45 歳以下の会員（但し、職務上の身分が准教授以上またはそれと同等の者は対象外とする）」と規程を変更した。

#### 3.2 若手のポストマッチングや中堅のキャリアアップ支援に関する取り組み

##### 3.2.1 第 19 回日本放射線安全管理学会学術大会における若手セッション

第 19 回日本放射線安全管理学会学術大会において若手セッションを開催した。講演題目と講演者は次の通りである。

「放射線被ばくで生じた DNA 損傷を正確に修復する分子メカニズム」

山内基弘（長崎大学）

「次世代核医学診療に対応可能な RI 施設の構築」

志水陽一（京都大学）

「放射線教育」における放射線安全管理者としての活躍促進を目指して」

岩崎智之（愛媛大学）

日本放射線安全管理学会の特徴は、放射線施設を持っている会員が多いことである。放射線安全管理学が少しずつ認知されてきたが、放射線施設の安全管理と自身の研究や教育との両立に苦勞されている姿は変わっていない。また、自身の研究を遂行するために変更申請をせざるをえず、そこから放射線管理にも関与する姿は今も変わらない。ベテランがどのように両立してきたのかを示し、それを参考に若手がどのようなキャリアパスを描くかが重要となろう。

### 3.2.2 Web による進路等個別相談会への参加

本学会は学生会員が非常に少ない。学生会員が引き続き正会員になるキャリアパスは多くない。就職や配置換え等により業務として放射線管理に携わるようになって初めて正会員になる例が多いため、進路等個別相談会への参加はなかった。

## 4. 特記事項

### 4.1. 放射線防護アカデミアが提案した重点テーマに関する取り組み

#### 「放射線安全管理の新しいパラダイムの創造」と「放射線安全教育の社会的必要性に対応した標準プログラム開発」

日本放射線安全管理学会は、重点テーマとして「多種多様な所属の研究者の放射線業務従事者管理についての検討」、「幅広い分野での放射線管理における線量拘束値の活用のあり方に関する研究」「教育現場における放射線安全管理体制の確立」を提案し、これを「放射線安全管理の新しいパラダイムの創造」としてまとめた。また、「e-learning を基盤とした放射線業務従事者教育訓練の全国標準オンラインプラットフォーム開発」「N 災害対応のための消防署員への放射線教育プログラム開発と教育教材の提供」を提案し、「放射線安全教育の社会的必要性に対応した標準プログラム開発」としてまとめた。

新型コロナウイルスの感染症拡大により、2020 年 4 月 7 日に緊急事態宣言が発出された。その影響は放射線施設の運用にも及び、特に教育訓練や健康診断など、法令上必要であるものの、密が想定されることについては各施設で対応せざるを得ない事態となった。このような事態への対応を学会としてまとめることで、今後の長期化も想定される新型コロナウイルス感染拡大防止への放射線施設での取り組みに関する検討課題が明らかになる。また、新たな同様の事態が起こった際の対応を検討する際の情報としても、また記録に残しておく意味でも重要である。そのため会員にアンケート調査を行った。その結果を「新型コロナウイルス感染症拡大による放射線施設への影響調査の取りまとめ」桧垣正吾、三好弘一、伊藤茂樹、松田尚樹、中島 覚、日本放射線安全管理学会誌、**19**, 122-129 (2020)にまとめた。

調査の結果、所属機関から求められた対応は、最低限の入室のみ可能（動物や細胞の維持等）が多く、次に研究室等への入室規制（部分的に実験を行うことは可能）であった。施設の共同利用対応は、最低限の入室のみ可能、原則入室不可、入室規制の順番であった。新規の放射線業務従事者への新規教育訓練対応は、ICT 教育の実施、対面講義の禁止による延期の順番であった。具体的な ICT 教育の方策としては、e-learning を用いたビデオ学習（ビデオファイルをネット端末で閲覧）、ZOOM 等の Web 会議ツールを用いたリアルタイム講義（講義動画配信を含む）の順であった。新規の放射線業務従事者への健康診断対応は、1 月～2 月延期した、実施未定の順であった。これまでから教育訓練における e-learning の重要性が指摘されていたが、コロナ禍で一気に進んだ。しかし、コンテンツや受講時間の記録等、引き続きクリアしなければならない問題も明確になった。

## 4.2 その他

### 4.2.1 保健物理学会との連携

これまで日本保健物理学会とは学術大会の合同大会を 2 回開催してきた。本学会から柴副会長、渡部理事、保健物理学会から飯本副会長、藤淵理事でワーキングを構成し、今後の合同学術大会のあり方に関して検討した。その結果、保健物理学会が得意とする分野の情報

が入手できる、参加人数が増え、協賛企業にも呼びかけやすく、集金しやすい、学会の枠を超えた新たな人的交流が加速する等のメリットがある一方、重複会員がどちらかの学会に移行し、両学会の会員数が結果的に減少する可能性、電力業界等と共に安全に関するアカデミック的な活動することに対する懸念等が明らかになった。これらを踏まえて「日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会 ー今後の連携のあり方に関する Web アンケート」を実施した。なお、第3回合同学術大会の開催が決定（金沢、2021/12/1-3）された。

#### 4.2.2 アンブレラ事業「放射線に関わる量の正確な理解と国として対応が必要な点への提言を行う WG」

日本放射線安全管理学会からの保田浩志氏（広島大学）がワーキングメンバーとして参加した。

## 5. 参考資料

- 1) 「新型コロナウイルス感染症拡大による放射線施設への影響調査の取りまとめ」  
桧垣正吾、三好弘一、伊藤茂樹、松田尚樹、中島 覚、日本放射線安全管理学会誌、  
**19**, 122-129 (2020).
- 2) 「放射線安全管理人材の確保・育成に関する現状把握のための調査結果報告」  
松田尚樹、中島 覚、日本放射線安全管理学会誌、**19**, 118-121 (2020).