**参考資料４**

# 放射線安全規制研究戦略的推進事業の進捗状況について

令和元年７月２４日
原　子　力　規　制　庁

## １．　経緯

◯放射線防護分野の安全研究として、平成29年度から「放射線安全規制研究戦略的推進事業」を実施している。本事業は、「放射線安全規制研究推進事業」及び「放射線防護研究ネットワーク形成推進事業」で構成されている。

◯今般、外部有識者による研究評価委員会（別紙１）により、平成29年度に採択し、平成30年度末に事業が終了した課題についての事後評価を実施したところ。
（今回、本事業において事後評価を初めて実施）

## ２．　進捗状況

（１）令和元年度事後評価の対象課題

〇平成 29 年度に採択し、平成 30 年度末に事業が終了した７課題（参考資料１－１～１－２）を対象とした。

| | 課題名 | 研究代表者名<br>（研究機関） |
|---|---|---|
| 1 | 短寿命α線核種の合理的規制のためのデータ取得による安全性検証と安全管理・教育方法の開発 | 篠原 厚<br>（大阪大学） |
| 2 | 短寿命α核種等の RI 利用における合理的な放射線安全管理のあり方に関する研究 | 細野 眞<br>（近畿大学） |
| 3 | 加速器施設の廃止措置に係わる放射化物の測定、評価手法の確立 | 松村 宏<br>（高エネルギー加速器研究機構） |
| 4 | 原子力・医療従事者等の標準的な水晶体の等価線量モニタリング、適切な管理・防護はどうあるべきか？～水晶体被ばくの実態から探る | 横山 須美<br>（藤田医科大学） |
| 5 | 水晶体の等価線量限度の国内規制取入れ・運用のための研究 | 千田 浩一<br>（東北大学） |
| 6 | 眼の水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験校正手法の開発 | 加藤 昌弘<br>（産業技術総合研究所） |
| 7 | 「放射線業務従事者」としての「指定」の在り方に関する検討：原子力施設等と医療施設の比較 | 草間 朋子<br>（東京保健医療大学） |

（２） 対象課題の事後評価

◯事後評価の対象となる７課題について、研究評価委員会において、「採択課題の評価について」（参考資料２）に基づき、①研究目標の達成度、②事業における研究成果・特許、③放射線規制及び放射線防護分野への貢献度、④研究コスト及び費用対効果の評価項目について、ABCDによる評価を実施し（参考資料３）、総合評価を決定した（別紙２）。

| Ａ評価 | Ｂ評価 | Ｃ評価 | Ｄ評価 |
|---|---|---|---|
| １件 | ５件 | １件 | （該当無し） |

＊評価基準：　A: 非常に有用な成果が得られた、B: 有用な成果が得られた、
C: 限定的ではあるが、有用な成果が得られた、D: 有用な成果が得られなかった

## ３．　今後の対応

◯事後評価結果を踏まえた対応は以下のとおりとする。

・今年度採択した課題のうち関連した課題（参考資料４）については、評価コメントを反映して適切な進捗管理を行い、成果につなげる。

・来年度の公募等において評価コメントを周知し、本事業の目的に合致した研究提案を促す。

・本事業のPO、PO補佐は評価コメントを参考にして、丁寧な指導及び進捗管理を行い、着実な成果につなげる。

## ４．　今後の予定

・令和２年

２月中旬目途　　：令和元年度の成果報告会・中間評価

別紙及び参考資料

・別紙１　　研究評価委員会　構成員
・別紙２　　令和元年度事後評価　総合評価　一覧
・参考資料１－１　採択課題の概要について
・参考資料１－２　令和元年度事後評価 対象課題 研究成果概要
・参考資料２　　採択課題の評価について
・参考資料３　　令和元年度事後評価 対象課題 評価取りまとめ票
・参考資料４　　平成31年度に新規に採択した課題　一覧

別紙１

研究評価委員会　構成員　（平成31年２月15日時点）

外部有識者（五十音順）

| | |
|---|---|
| 占部　逸正 | 学校法人福山大学　工学部情報工学科　教授 |
| 小田　啓二 | 国立大学法人神戸大学　副学長 |
| 二ツ川　章二 | 公益社団法人日本アイソトープ協会常務理事 |
| 吉田　浩子 | 国立大学法人東北大学大学院　薬学研究科<br>ラジオアイソトープ研究教育センター　准教授 |

別紙２

令和元年度事後評価　総合評価　一覧

| | 課題名 | 期間 | 研究代表者 | 所属 | 研究費（千円） | 総合評価 | 研究評価委員会 総合コメント |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 短寿命α核種の合理的規制のためのデータ取得による安全性検証と安全管理・教育方法の開発 | 平成 29 年～30 年 | 篠原 厚 | 大阪大学 | 27,834<br>（1年目：16,870<br>2年目：10,964） | A | 目的とした成果が得られており、放射線規制への貢献度は非常に高い。得られた成果を踏まえ、今後は対象核種を広げるなど安全管理ガイドラインの策定につなげてほしい。 |
| 2 | 短寿命α核種等の RI 利用における合理的な放射線安全管理のあり方に関する研究 | 平成 29 年～30 年 | 細野 眞 | 近畿大学 | 7,132<br>（1年目：2,954<br>2年目：4,178） | C | 得られた成果は限定的で、放射線規制及び放射線防護分野への貢献度が十分ではない。また、海外調査と成果との関連が不明確である。海外調査においては、その目的を明確にすることが望まれる。 |
| 3 | 加速器施設の廃止措置に係わる放射化物の測定、評価手法の確立 | 平成 29 年～30 年 | 松村 宏 | 高エネルギー加速器研究機構 | 58,830<br>（1年目：28,696<br>2年目：30,134） | B | 費用対効果に改善の余地はあるものの、放射線規制への貢献度は高い。得られた成果を活用し、加速器施設の廃止措置に関わる放射化物の測定・評価手法の標準化を早期に進めることを期待する。<br>また、このような調査研究に若手研究者を参加させることにより、今後の若手の人材育成に資することを期待する。 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 原子力・医療従事者等の標準的な水晶体の等価線量モニタリング、適切な管理・防護はどうあるべきか？～水晶体被ばくの実態から探る～ | 平成 29 年～30 年 | 横山　須美 | 藤田医科大学 | 28,028<br>（1年目：22,314<br>2年目：5,714） | B | 医療施設における教育プログラムの開発については成果が不十分であるが、原子力従事者に関する成果はよくまとめられており、全体としては重要な成果が得られている。報告書の一部の誤記等については、正誤表の作成等の対応が必要と考えられる。今後、報告書の作成に当たっては、内容の充実とともに、体裁等についても丁寧に確認されるべきである。 |
| 5 | 水晶体の等価線量限度の国内規制取入れ・運用のための研究 | 平成 29 年～30 年 | 千田　浩一 | 東北大学 | 16,426<br>（1年目：6,547<br>2年目：9,879） | B | 放射線防護分野への貢献度は高く、現在検討が進められている医療分野のガイドラインへの反映が望まれる。 |
| 6 | 眼の水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験校正手法の開発 | 平成 29 年～30 年 | 加藤　昌弘 | 産業技術総合研究所 | 14,728<br>（1年目：8,452<br>2年目：6,186） | B | β線の標準場の確立という点で放射線防護分野への貢献度は高い。 |
| 7 | 「放射線業務従事者」としての「指定」の在り方に関する検討：原子力施設等と医療施設の比較 | 平成 29 年～30 年 | 草間　朋子 | 東京医療保健大学 | 4,003<br>（1年目：2,014<br>2年目：1,989） | B | 実態調査は評価できる。関連団体等との合意形成が今後の課題としてあるが、成果としてまとめられたガイドライン案が将来的に放射線防護に反映されることを期待する。 |

＊評価基準：　A: 非常に有用な成果が得られた、B: 有用な成果が得られた、C: 限定的ではあるが有用な成果が得られた、
D: 有用な成果が得られなかった

**参考資料１－１**

採択課題の概要について

１.

＜事業名＞

短寿命α線核種の合理的規制のためのデータ取得による安全性の検証と安全管理・教育方法の開発

＜機関名＞

大阪大学

＜事業のポイント＞

- ✓ $^{211}$At, $^{223}$Ra および $^{225}$Ac と壊変核種について、精製・標識実験、細胞実験、動物実験における空気中への飛散量、表面汚染、排気、排水中への混入量のデータを取得する。

- ✓ 病院内における $^{223}$Ra を用いた作業の実態調査と空気中濃度・表面汚染・排気、排水中濃度データ取得する。

- ✓ 短寿命α線核種の放射線管理、安全取扱教育法を開発する。

＜事業代表者名＞

篠原 厚　　（大阪大学大学院理学研究科化学専攻放射化学研究室　教授）

＜共同実施者＞

畑澤 順　　（大阪大学大学院医学系研究科核医学講座　教授）
山村 朝雄　（東北大学金属材料研究所アルファ放射体実験室　准教授）
吉村 崇　　（大阪大学ラジオアイソトープ総合センター　教授）

２.

＜事業名＞

短寿命α核種等の RI 利用における合理的な放射線安全管理のあり方に関する研究

＜機関名＞

近畿大学

＜事業のポイント＞

- ✓ 本研究は、短寿命α核種を用いた内用療法を含む放射線医療のさらなる発展を目指した研究開発が合理的な安全管理の下に促進されるために、国内外の短寿命α核種の使用及び管理と規制の実態を調査検討する。

- ✓ 本研究の主任研究者は、厚生労働科学研究費補助金研究等で長年にわたり高度な放射線医療に対応した放射線防護を推進するための研究を進め、その成果の一部が医療法等の関係法令に取り入れられている。

- ✓ 短寿命α核種を用いた放射線治療に関する基礎研究及び臨床研究が進められつつある現在、放射線障害防止法及び関係法令における規制を国際動向とも整合した科学的合理的なものとすることが求められる。

- ✓ 本研究では、医療用として期待される $^{211}$At、$^{225}$Ac などの短寿命α核種の使用及び管理と規制に関して、実際に核種を扱って研究開発に取り組んでいる国内外の施設と意見交換や訪問調査を実施し、また国際機関等で情報を収集して、科学的見地や国際動向から課題と対応策を整理する。

- ✓ 本研究で得た成果は学会発表、論文により国内外に発信し広く成果を共有し、より合理的な管理と規制の提言を通じて、短寿命α核種の研究開発の推進に繋げる。

＜事業代表者名＞

細野 眞　　（近畿大学医学部放射線医学教室高度先端総合医療センター兼原子力研究所教授）

＜共同実施者＞

なし

採択条件：提案された課題のうち、国内外の実態調査のみを採択する。調査の具体的内容および予算計画について事務局と調整すること。

３.

＜事業名＞

加速器施設の廃止措置に係わる放射化物の測定、評価手法の確立

＜機関名＞

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構

＜事業のポイント＞

✓ 本研究では，放射線発生装置施設の廃止措置を実施するための以下の３つの課題の検討を行い，放射線規制を進める上でのガイドライン作成などに資する成果を得ることを目的とする。

①規制対象施設・規制対象範囲の明確化

ここでは，規制対象施設の明確化，規制対象範囲の明確化のために，静電加速器，放射光施設，粒子線治療施設において，放射化・非放射化の領域の区分可能性について，調査・検討を行う。

②非汚染・非放射化の評価手順の検討

ここでは，クリアランスレベルを参考にしつつ，非汚染・非放射化を評価するための測定や評価手順を明らかにする。

③廃止マニュアルの作成

ここでは，廃止措置の計画から報告書の作成までの一連の進め方について，法的な手続き，安全管理体制構築，測定評価手法，廃棄物の管理等を項目毎に明らかにする。

＜事業代表者名＞

松村 宏　　（大学共同利用開発法人高エネルギー加速器研究機構共通基盤研究施設放射線科学センター　准教授）

＜共同実施者＞

なし

４.

＜事業名＞

原子力・医療従事者等の標準的な水晶体の等価線量モニタリング、適切な管理・防護はどうあるべきか？～水晶体被ばくの実態から探る～

＜機関名＞

藤田保健衛生大学

＜事業のポイント＞

- ✓ 以下の研究を踏まえ、水晶体モニタリング法、管理・防護策を提案する。
- ✓ 福島第一原子力発電所等において、従事者の水晶体の等価線量が高くなるもしくは不均等被ばくの可能性のある作業を抽出し、従事者の水晶体の等価線量を測定することによって、実態を調査する。
- ✓ 原子力研究施設のホットセル内作業、グローブボックス作業等における水晶体被ばくを調査するとともに、ファントムを用いた水晶体の等価線量測定に関する実験研究を実施する。
- ✓ 血管系及び非血管系透視下治療、核医学治療等を実施している医療施設において、医療スタッフの水晶体の等価線量の実態を調査するとともに、医療スタッフの被ばく低減のための効果的な教育プログラムを開発する。
- ✓ アンケートによる放射線診療従事者の不均等被ばく管理の実態調査、非透視検査での水晶体の等価線量の測定・評価及び防護眼鏡の遮蔽効果の評価を行う。

＜事業代表者名＞

横山 須美　（藤田保健衛生大学医療科学部放射線学科放射線安全管理学教室　准教授）

＜共同実施者＞

辻村 憲雄　（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構核燃料サイクル工学研究所放射線管理部線量計測課　主任研究員）

大野 和子　（京都医療科学大学医療科学部放射線技術学科　教授）

藤淵 俊王　（九州大学大学院医学研究院保健学部門医用量子線科学分野　准教授）

５．

＜事業名＞

水晶体の等価線量限度の国内規制取入れ・運用のための研究

＜機関名＞

東北大学

＜事業のポイント＞

- ✓ 新しい水晶体等価線量限度の国内規制取入れ･運用のため、医療従事者の水晶体近傍位置における等価線量(3mm 線量当量)を実際に測定評価することで、日本の水晶体被ばく実態を明らかにするとともに、従来の評価方法と比較する。加えて具体的運用方法を検討するため種々の基礎ﾃﾞｰﾀを取集する。

- ✓ 水晶体被ばくは医療分野において特に重要なところであり、最優先して医療機関従事者の水晶体線量の実情を明らかにする必要がある。我々は心臓 IVR 医師と看護師の水晶体線量の初期評価を行った(*Sci Rep.* 2017 Apr 3;7(1):569)。この実績と経験をもとに研究内容等を大きく発展拡充し課題を遂行する。

- ✓ 測定対象を拡大し、実態を明らかにする。医師、看護師に加えて、放射線技師と臨床工学士も評価。各種の IVR や IVR 以外の透視使用手技(ERCP、手術室での手技等)、さらに一般撮影ﾎﾟｰﾀﾌﾞﾙや核医学検査、密封小線源治療等も測定。

- ✓ 評価検討項目を拡大し、妥当な運用方法を検討する。左眼に加えて、右眼と中間部、頚部位置も同様に測定。3mm 線量当量と 70μm 及び 1cm 線量当量の比較。Pb 防護ﾒｶﾞﾈの内外で測定。さらに必要に応じてﾘｱﾙﾀｲﾑ線量計を用いて時系列分析し適切な水晶体被ばく防護対策を検討。

- ✓ 文献考察等も踏まえ関連学会にて討議し、新しい水晶体等価線量限度の国内規制取入れに際し、標準化手法の確立や運用法について具体的に提言する。(例) 各手技及び職種毎に最適な線量ﾓﾆﾀ方法、水晶体線量計装着位置、従来の個人ﾓﾆﾀ線量計で評価可能か、防護ﾒｶﾞﾈ使用時の評価、線量ﾊﾟﾗﾒｰﾀによる推定。

＜事業代表者名＞

千田 浩一　（東北大学災害科学国際研究所・医学系研究科放射線検査学分野兼任　教授）

＜共同実施者＞

なし

６.

＜事業名＞

眼の水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験校正手法の開発

＜機関名＞

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

＜事業のポイント＞

- ✓ 信頼性の高い水晶体等価線量の管理に必要な、国内における線量計の試験・校正システムの確立を目指す。そのためにβ線標準場のエネルギー拡大、X線場とβ線場の3mm線量当量の導出、水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験・校正の実証実験を行う。

- ✓ β線の3mm線量当量の評価に利用できるβ線標準場は現状で1種類しかない。線量計のエネルギー特性の調査を可能にするために、β線源とアクリルフィルタを組み合わせる手法により、試験校正に利用できるβ線標準場のエネルギーの種類を増やす。

- ✓ 産総研が試験・校正のために維持・管理しているX線場とβ線場の3mm線量当量をモンテカルロシミュレーションにより導出する。

- ✓ 線量測定サービス業者・線量計メーカー等と連携して、眼の水晶体の等価線量に用いることが想定される線量計を選定し、開発したX線場とβ線場において試験・校正の実証実験を行う。

＜事業代表者名＞

加藤 昌弘　（国立研究開発法人産業技術総合研究所分析計測標準研究部門 放射線標準研究グループ　主任研究員）

＜共同実施者＞

なし

7.

＜事業名＞

「放射線業務従事者」としての「指定」の在り方に関する検討：原子力施設等と医療施設の比較」

＜機関名＞

東京医療保健大学　東が丘・立川看護学部　看護学科

＜事業のポイント＞

- ✓ 目的：「放射線業務従事者」は、法的に「管理区域に立ち入る者」とされている。しかし、個々の医療施設で放射線業務従事者を指定するための基準が異なっており、放射線防護・安全の視点から、作業者の安全やひいては放射線管理に対する作業者等からの信頼を失いかねない状況にある。そこで、本事業では、放射線事業所、特に医療機関の間の「放射線業務従事者」としての指定の基準の標準化を図り、医療従事者が事業所を移動した場合でも、統一的な放射線安全・管理が実施できるようにすることを目的とする。

- ✓ 方法：医療施設の放射線管理の実態を質問紙調査により把握し、さらに標準化された放射線管理が徹底している原子力施設の実態をインタビュー調査により把握し、それらの結果を踏まえて、実現可能な「指定」基準を作成し、提言する。

- ✓ 期待される成果：放射線作業者としての指定基準の標準化について、実施可能性を含めて検討・提案し、普及を図ることによって、放射線施設、特に医療施設間での基準の相違がなくなり、放射線作業者の安全及び放射線に対する国民の安心に繋がる。

＜事業代表者名＞

草間 朋子　（東京医療保健大学東が丘・立川看護学部看護学科　副学長、研究科長）

＜共同実施者＞

なし

採択条件：課題名を『「放射線業務従事者」としての「指定」の在り方に関する検討：原子力施設等と医療施設の比較』とし、放射線業務従事者の指定に関し厳格な運用を行っている原子力施設等（原子炉等規制法及び放射線障害防止法の規制を受ける施設）との比較に基づいて、医療施設における放射線業務従事者の指定の在り方について考察すること。

**参考資料１－２**

# 令和元年度事後評価 対象課題 研究成果概要

◯目次

1. 短寿命α線核種の合理的規制のためのデータ取得による安全性検証と安全管理・教育方法の開発・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P.1
2. 短寿命α核種等の RI 利用における合理的な放射線安全管理のあり方に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P.14
3. 加速器施設の廃止措置に係わる放射化物の測定、評価手法の確立・・・・・・・・・P.26
4. 原子力・医療従事者等の標準的な水晶体の等価線量モニタリング、適切な管理・防護はどうあるべきか？～水晶体被ばくの実態から探る～・・・・・・・・・・・・・・・P.37
5. 水晶体の等価線量限度の国内規制取入れ・運用のための研究・・・・・・・・・・・P.54
6. 眼の水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験校正手法の開発・・・・・・・・・・P.73
7. 「放射線業務従事者」としての「指定」の在り方に関する検討：原子力施設等と医療施設の比較」・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・P.81

原子力規制庁・放射線安全規制研究戦略的推進事業
2019年6月26日　研究評価委員会・事後評価用資料

# 短寿命α線核種の合理的規制のための データ取得による安全性検証と 安全管理・教育方法の開発

OSAKA UNIVERSITY
Live Locally, Grow Globally

篠原　厚　（プロジェクト代表）
大阪大学大学院理学研究科
大阪大学放射線科学基盤機構

## 研究目的と概要

OSAKA UNIVERSITY
Live Locally, Grow Globally

### 研究目的

今後、医学利用等で利用の拡大が期待される短寿命α線放出核種$^{211}$At, $^{223}$Raおよび$^{225}$Acとそれらの壊変核種について、空気中への飛散量、表面汚染、排気、排水中への混入量を取得する事を目的として、RI製造・精製・標識・細胞実験・動物実験に対するモデルとなる実験を行い、データを取得する。また、短寿命α線使用における管理方法を調査研究し、放射線作業従事者、医療従事者の作業実態を調査するとともに、効果的な教育訓練プログラムを作成する。

### 研究項目と主担当者

1. 短寿命α線放出核種：$^{211}$At, $^{223}$Ra, $^{225}$Acとそれらの壊変核種($^{213}$Bi等)の各種実験条件下における空気中濃度・表面汚染・排気、排水中濃度のデータ取得と安全性検証

| | | |
|---|---|---|
| 代表者 | 阪大院理/放射線機構 | 篠原　厚 |
| 分担者 | 東北大金研 | 山村　朝雄 |

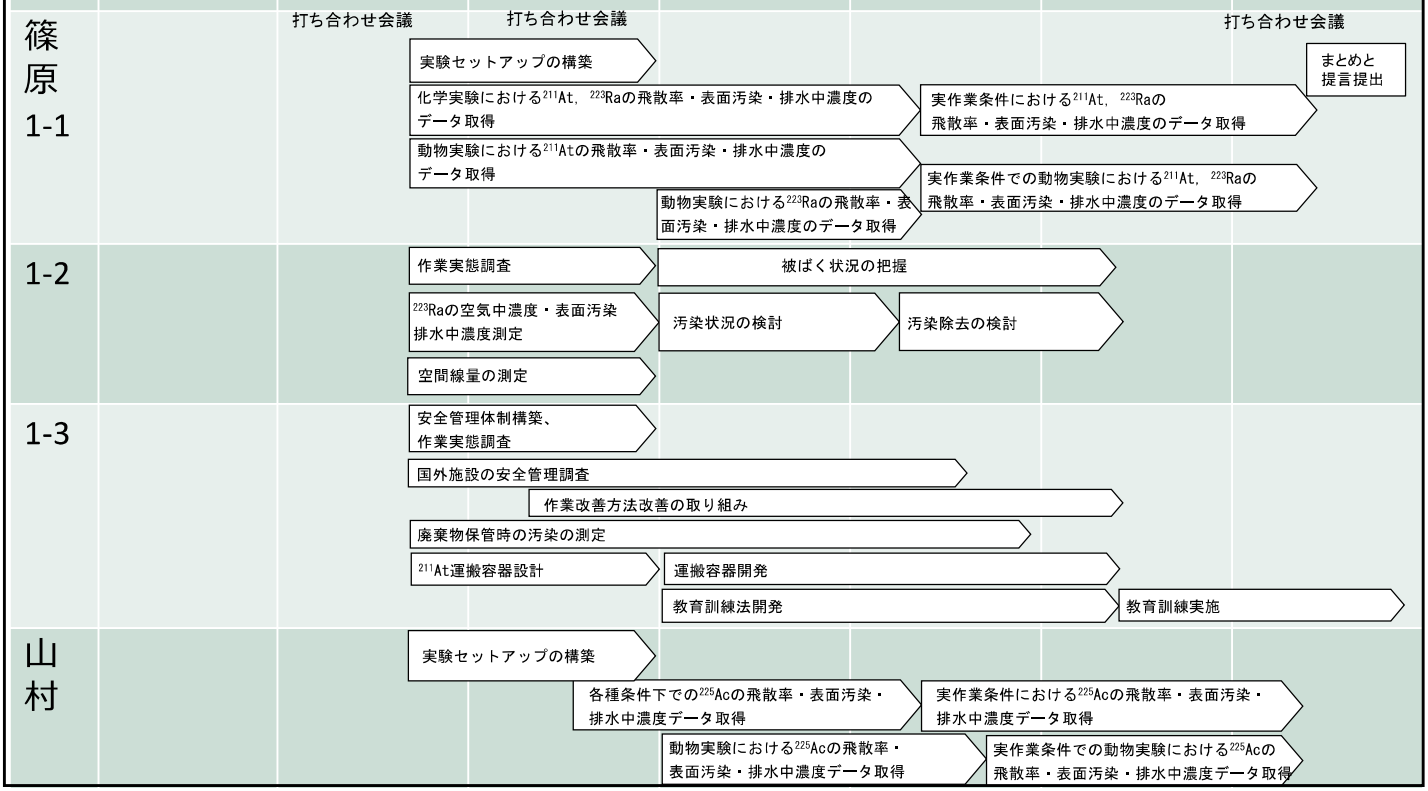
2. 病院内における$^{223}$Raを用いた作業実態の調査と空気中濃度・表面汚染・排気、排水中濃度データの取得による安全性の検証

| | | |
|---|---|---|
| 研究協力者 | 阪大病院/阪大院医 | 畑澤　順 |

3. 短寿命α線放出核種の安全管理、安全取扱教育法開発

| | | |
|---|---|---|
| 研究協力者 | 阪大RIセ | 吉村　崇 |

# 研究概要（ロードマップ）




# 研究概要（H29-30年度事業計画）

**1．実作業実験条件下での$^{211}$Atおよび$^{223}$Raの飛散率等のデータ取得　（阪大）**

**1-1. 各種実験条件下における$^{211}$Atおよび$^{223}$Raの空気中濃度・表面汚染・排気、排水中濃度データの取得**
**［篠原、豊嶋、兼田、大江、永田、張］**

① 飛散率、表面汚染、排水中濃度取得のための実験セットアップの構築と飛散率が既知のRIを用いた実験セットアップの構築
② 化学実験における$^{211}$Atと$^{223}$Raの飛散率等のデータ取得、条件検討による再実験（H30）
③ 各種化学実験における$^{211}$Atと$^{223}$Raの飛散率、表面汚染、排水中濃度のデータ取得
④ 各種条件下の動物実験における$^{211}$Atと$^{223}$Raの飛散率、表面汚染、排水中濃度のデータ取得
⑤ 上記結果の検討による各実験手法の改善（1-3②）に対する検証実験

**1-2. 医療従事者の安全確保のための$^{223}$Ra飛散量の測定　［畑澤、渡部、大江、神谷］**

① 実態調査からの汚染状況の検討
② 汚染除去に関する検討
③ 放射線診療従事者の被ばく状況の把握

**1-3. 短寿命α線核種の安全管理、安全取扱教育法開発　［吉村、笠松、永田、鈴木、羽場、鷲山］**

① 学内放射線施設連携によるα線管理体制の構築と作業実態の調査
② 国外施設の安全管理調査
③ α線核種使用時の各実験操作や作業方法（1-1②③）の手法改善への取り組み
④ RI保管廃棄時における空気中RI濃度、表面汚染の測定
⑤ $^{211}$Atの運搬容器の作製・安全性試験
⑥ 教育訓練法の開発と実施

**2．具体的実験条件下における$^{225}$Acの飛散率等のデータ取得　（東北大）［山村、菊永、白崎］**

① 飛散率、表面汚染、排水中濃度取得のための実験セットアップの構築と飛散率が既知のRIを用いた実験セットアップの構築
② $^{225}$Acの飛散率、表面汚染、排水中濃度の追加データ取得
③ 具体的各種化学実験における$^{225}$Acの飛散率・表面汚染・排水中濃度データ取得
④ 実作業条件での動物実験における$^{225}$Acの飛散率・表面汚染・排水中濃度データ取得

**3．事業進捗のPDCA　［PO、規制庁、メンバー］**

# 研究概要（事業進捗のPDCA）

## キックオフミーティング（1）

日時： 平成29年11月1日（水） 13:30-17:30
場所： 大阪大学コンベンションセンター・会議室
参加者： 中村PO、篠原、畑澤、吉村、山村、渡部、豊嶋、羽場、菊永、他18名
内容： 研究計画、各グループ進捗報告、阪大RIセンターの実験現場の見学、具体的課題検討/意見交換、中村POによる講評

H29年度キックオフミーティング

## 実験検討及び成果報告の打合会（2）

日時： 平成30年2月24日（土） 9:30-12:30
場所： 東北大学金属材料研究所 本多記念館3F会議室
内容案： 実験法のプロトコルの摺り合わせ、2-3月期の実験結果と計画、成果報告会の打合せ、スケジュールなど

## 研究ミーティング（3）

日時：平成30年5月10日（水） 13:30-17:00
場所：大阪大学RIセンター（吹田）
出席者：実験担当主要メンバー、中村PO
議題：H29年度の成果検討、改善、H30計画へ
合意事項：前年度の結果のまとめ、再検討により方法論の改善、H30年度の実験計画を精査。夏頃の全体会議でデータ整理とガイドライン策定を想定した課題抽出。

H30年度の研究ミーティング

## 実験打合せ（5-8月、9-12月期適宜、1回程度/月）

内容：参加可能なメンバーによる実質的実験打合せ



# 研究概要（事業進捗のPDCA）

## 研究ミーティング（4）・全体会議

日時：平成30年8月29（水） 13：30～18：00
場所：大阪大学理学部J棟セミナー室、京大複合研（Web）
出席者：実験担当者全員、中村PO、西田管理官（規制庁）
議題：実験報告（一応全実験終了）、結果の評価、考察による追実験の検討
合意事項：データについて精査、ガイドライン策定を想定し必要な追加実験の実施を計画

## 研究ミーティング（5）・細野Gr.との合同会議

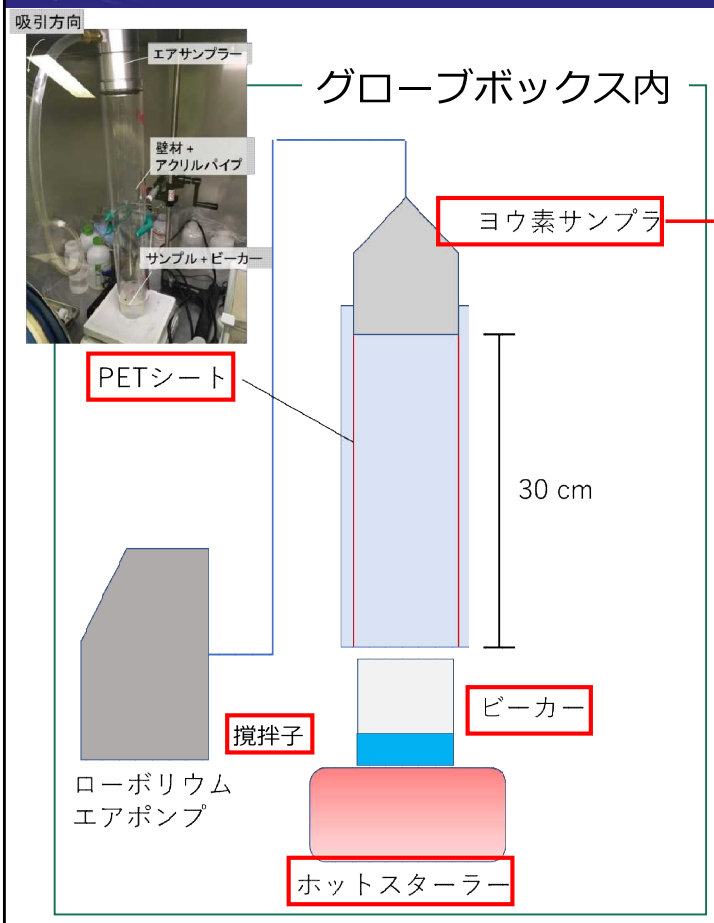
日時：平成31年1月18日（金）10:00-(12:00) 場所：阪大理学部J棟・センター長室研究報告会
出席者：実験担当者、山田（細野Gr）、中村PO、永﨑（規制庁）、土居審査官（規制庁）
議題：成果報告に向けた細野チームとの摺り合わせ、ガイドラインに向けた成果の整理と今後
合意事項：両チームとも方向は一致していることを再確認、最終報告に向け意見交換を継続、ガイドラインに向けた論点について議論され、おおよその内容と方向性で合意

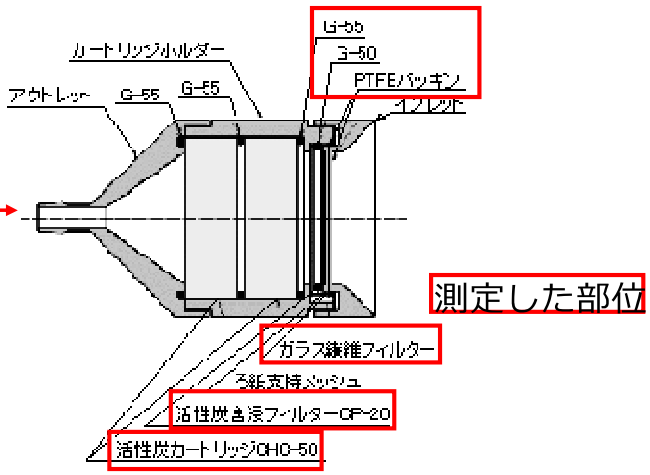
→ これらの会合で、プランPとチェックCが行われ（PO、規制庁によるコメント）、適宜、改善Aがなされ、PDCAサイクルが回っている。

規制庁安全研究ヒアリング（11月27日、近大東京オフィース）： 規制庁、中村PO、単寿命アルファ研究（細野Gr＆篠原Gr）、アンブレラ（神田）が一堂に会し、短寿命アルファ核種取り扱いのガイドラインに向けて、検討が行われ、内容の方向性とガイドライン制定プロセスについて大枠で合意が得られた。

PO、規制庁との意見交換： 随時、面談やメール等による進捗状況報告と意見交換（CとA）を行っている。

# 研究の進捗（飛散率の測定法）




溶液量：20 mL in 100 mLビーカー
吸引量：30 L/min、1 hr
吸引時間：60分間 with 溶液攪拌
溶液の種類：*p*H 1 using $H_2SO_{4\ aq.}$
*p*H 7 using $H_3PO_{4\ aq.}$ buffer
*p*H 13 using $NaOH_{\ aq.}$
$CHCl_3$
吸引後、溶液0.5 mL を分取

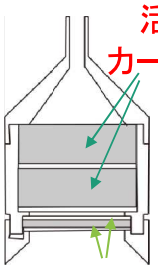
試料　$^{211}$At：$^{209}$Bi(α,2n)$^{211}$At、加速器で製造
$^{223}$Ra：バイエル薬品株式会社より提供
$^{225}$Ac：$^{229}$Th（東北大所有）よりミルキング



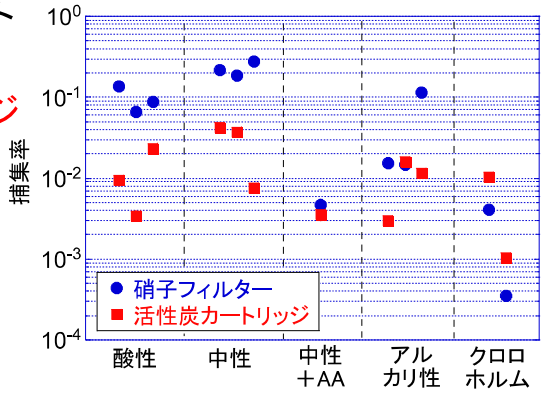
# 研究の進捗（1–1 $^{211}$At飛散率測定実験の結果１）

## ○飛散率測定実験

飛散RI捕集ユニット

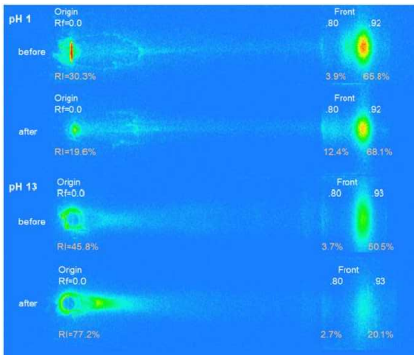



Atの捕集率




AA:アスコルビン酸

## ○薄相クロマトグラフィー（TLC）によるAtの化学形の推定




図．酸性条件とアルカリ条件における飛散実験の前後でのTLC挙動

### 各溶液条件での飛散率

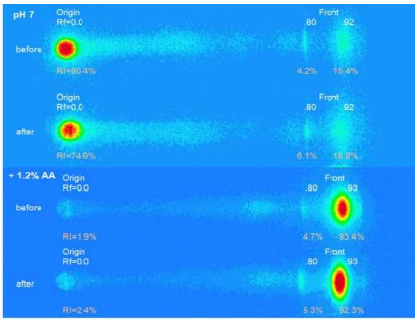
| | 飛散率 ($10^{-2}$/h) |
|---|---|
| 酸性 | 11±3 |
| 中性 | 26±2 |
| 中性+AA | 0.82±0.03 |
| アルカリ性 | 6±4 |
| クロロホルム | 0.8±0.5 |

**TLCにより推測された考察**

中性還元(AA)条件
$At^-$イオン（-I価）に還元

アルカリ性条件：
$At^-$とは異なる化学種
おそらく$AtO(OH)_2^-$
➔ ヨウ素とは違う

中性、酸性条件：
AtO(OH)、$AtO^+$等が混在




図．中性条件におけるAA添加の有無における飛散実験の前後でのTLC挙動

# 研究の進捗（1–1 $^{211}$At飛散率測定実験の結果2）

## ○実操作実験（容器径依存性）

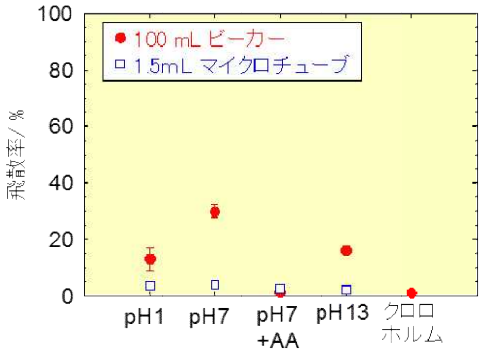
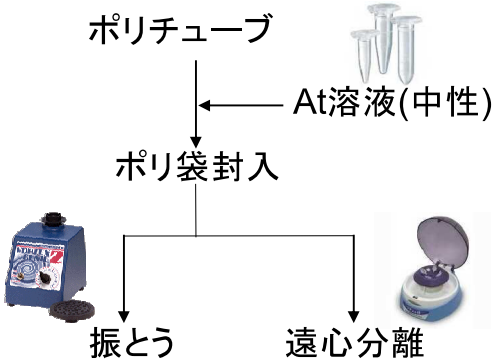



図. 100 mLビーカーと1.5mLマイクロチューブでの捕集率の比較。
飛散しやすい成分の容器の口径依存が明らかになり、実際の実験では飛散はかなり少ないと予想される。

## ○実操作実験（振とうと遠心分離）




## ○洗浄率測定

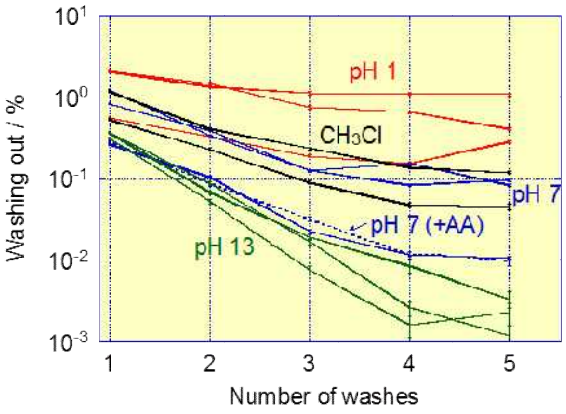



図. 各液性における洗浄率。
いずれの条件も、ほぼ単調に減少している。酸性（pH1）条件以外では、2回目の洗浄で洗浄率は1%以下となる。酸性条件では、洗浄を繰り返しても洗浄率は1%程度である。

### 振とう操作における回収率

| | 回収率 / % |
|---|---|
| 溶液 | 102±1 |
| ビニール袋（内） | 0.03±0.01 |
| ビニール袋（外） | 0.02±0.01 |
| 飛散率 | **0.05±0.01** |

### 遠心操作における回収率

| | 回収率 / % |
|---|---|
| 溶液 | 101±1 |
| ビニール袋（内） | 0.02±0.01 |
| 飛散率 | **0.02±0.01** |

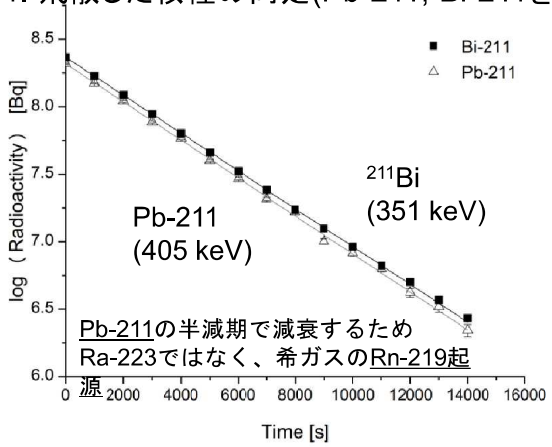


# 研究の進捗（1–1 $^{223}$Raの飛散率実験の結果）

○実験概要　1. Ra-223およびその子孫核種(特にRn-219)のうちで飛散した核種の同定
2. 実際の実験操作における飛散率測定
3. Rn-219の飛散率の表面積依存性

○結果　Ra–223は測定試料の放射能が検出限界(5.4 Bq)未満だったため不検出とした。

1. 飛散した核種の同定(Pb-211, Bi-211を検出)

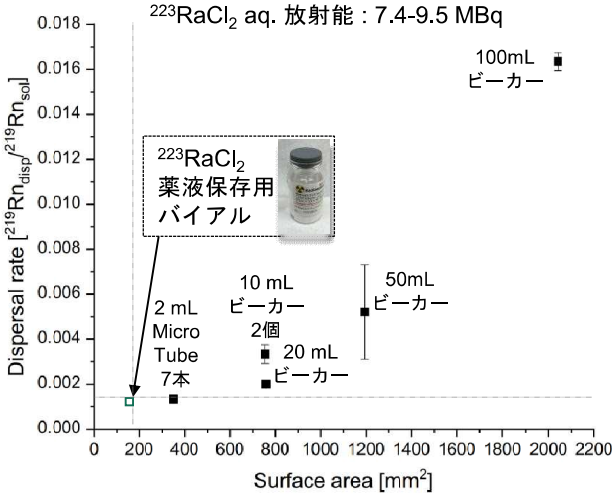



2. 実際の実験操作を想定した飛散率測定

| 実験操作 | Rn-223 飛散率 | Rn-219 飛散率 |
|---|---|---|
| 振とう | N.D. | N.D. |
| 遠心分離 | N.D. | N.D. |

Rn-219 検出限界 ‖ Pb-211 検出限界 (7.6 Bq)未満

3. Rn-219の**飛散率測定実験**



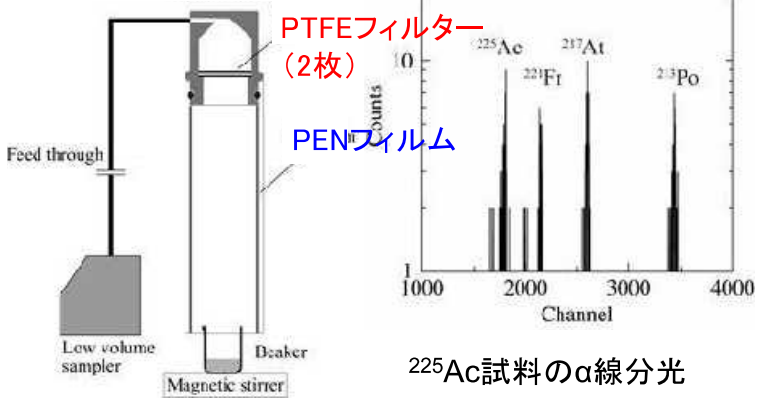

$^{223}$Ra保存用バイアル(内径:11 mm)の蓋を開放した状態であっても、空気中へ飛散する$^{219}$Rnの飛散率は1時間当たり**$1.3\times10^{-3}$以下**
⇒シリンジを用いて分注するのでほぼ飛散しない

# 研究の進捗（2 $^{225}$Ac飛散率測定実験の結果（東北大学））

OSAKA UNIVERSITY

○実験概要　1. $^{225}$Acの飛散率、表面汚染、排水中濃度のデータ取得
2. 具体的各種化学実験における$^{225}$Acの飛散率、表面汚染、排水中濃度のデータ取得

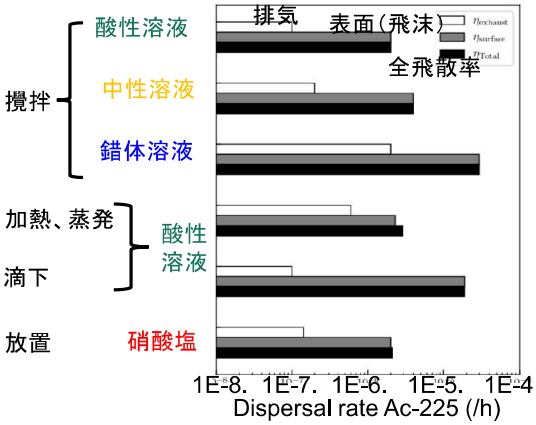
## 飛散率測定実験




$^{225}$Ac試料のα線分光

○結果

1. $^{225}$Acの飛散率、表面汚染、排水中濃度




洗浄による$^{225}$Ac系列の除去（酸性水溶液）

| | 放射能比（原液1とする） | | |
|---|---|---|---|
| | $^{225}$Ac | $^{221}$Fr | $^{213}$Bi |
| 1回目 | < 8.6E-03 | 2.2.E-03 | 1.9.E-03 |
| 2回目 | < 4E-03 | 2.8.E-04 | 2.5.E-04 |
| 3回目 | | < 5E-05 | < 4E-05 |

2. 具体的各種化学実験における$^{225}$Acの飛散率

各実験における$^{225}$Ac飛散率測定（酸性水溶液）

| 実験操作 | $^{225}$Ac飛散率(%) | |
|---|---|---|
| 振とう | N.D.* | * $^{255}$Ac検出限界(7%)未満 |
| 遠心分離 | N.D.* | |

# 研究の進捗（1-1,2 動物実験における$^{211}$At、$^{223}$Ra、$^{225}$Acの飛散率測定）

OSAKA UNIVERSITY

○ **動物実験における3核種の飛散率、表面汚染、排水中濃度のデータ取得**

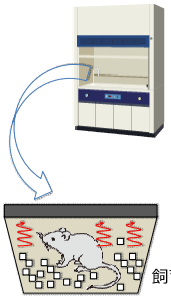
- 短寿命α線放出核種3核種において、投与動物、排泄物、呼気補集フィルタ、飼育ケージ表面に関する線量測定、器具の洗浄水に混入する核種量の測定を実施した（図1）。

○ **結果**（表1）

- 糞尿、および床敷からの二次的な飛散は僅少であった。
- 呼気中の核種は活性炭含浸フィルタで捕集できた。
- $^{223}$Ra投与動物からの、呼気による飛散は認められなかった。
- $^{225}$Ac投与動物からの糞尿における飛散量は少なく、そのほとんどが肝臓に集積した。

○ **考察**

- $^{211}$At、$^{223}$Ra、$^{225}$Acのいずれも飛散防止措置を適切に実施すれば、ほとんど拡散はないことが示された。今後、短寿命α線核種が医療応用される際には、患者の排泄物の取り扱いに十分気をつけることが肝要であると思われる。




飼育ケージはドラフト内に設置（排気：3,300m³）。温度コントロールはパネルヒーター(25℃)、簡易加湿器で加湿（50±5%）
給水にはトランスポートアガー（オリエンタル酵母）。飼料はCRF-1(γ線滅菌済, オリエンタル酵母)。

活性炭含浸フィルタ：厚／1.8 mm、活性炭素繊維含有量／46 %、 400±30 g/m², 繊維表面積（活性炭）／1,200 m²/g

フィルタ、床敷、マウス全て測定。

全て取り除いた後、ペーパータオルで拭き取り、蒸留水で洗浄。ペーパータオル、洗浄液は全て回収して測定。

**図1．実験概略図**

いずれの核種も壊変時放出されるγ線を利用してガンマカウンタを用いて測定（$^{223}$Ra, $^{225}$Acのγ線は複数本放出されるため、15-1000 keVまでの全てのカウントを取得した）

**表1．動物からの飛散状況(%)**

| | $^{211}$At | | $^{223}$Ra | | $^{225}$Ac | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| % ID | 正常 24hr | 担がん 24hr | 正常 24hr | 正常 48hr | 正常 24hr | 正常 48hr |
| 軟組織 | 42.150 | 66.950 | 64.010 | 64.012 | 16.125 | 12.625 |
| 骨組織 | 1.350 | 0.000 | 25.090 | 24.590 | 39.485 | 37.415 |
| 糞 | 1.630 | 1.300 | 1.080 | 0.560 | 16.250 | 19.080 |
| 尿 | 54.730 | 30.380 | 9.800 | 10.830 | 28.140 | 30.875 |
| 呼気・蒸散分 | 0.136 | 1.370 | 0.020 | 0.008 | 0.000 | 0.005 |

## 研究の進捗（1–2 医療従事者の安全確保のための $^{223}$Ra飛散量の測定）

OSAKA UNIVERSITY Live Locally, Grow Globally

○ **実態調査からの汚染状況の検討**

- 通常、塩化ラジウムの投与においてはシリンジを介して、経静脈的投与を行うことから、使用室における飛散による汚染の可能性は極めて低いが、投与後の患者周囲の汚染状況について、呼気に注目し、Ge半導体検出器を用いた計測により詳細に確認した。
- 患者呼気の高精度計測により、ごく微量の娘核種の$^{219}$Rnが検出されたが、介護者の内部被ばく　線量は3.5 [μSv]と推定され、ICRPやIAEAの国際基準である5mSv/件を大きく下回っていることから退出基準への影響はないと考えられた。

○ **汚染除去に関する検討**

- 作業台や床面等に放射能汚染が発見された場合の除染対応について、除染場所のα線サーベイメーターを用いた計測を通じて有効な手法や安全性を検証した。
- アルコール綿等、院内の常設備品を用いた拭き取りにより、汚染を500分の1以下に低減できることを確認した。
- 薬剤の分注時は濾紙を敷いておき、汚染発覚後に速やかに濾紙の交換を行うことにより、汚染拡大防止や汚染除去ができることを確認した。

○ **放射線診療従事者の被ばく状況の把握**

- 塩化ラジウムの診療に従事する医療従事者（主に医師）に対して、通常のガラスバッジ等の線量計に加えてポケット線量計を塩化ラジウムの診療に従事する際に装着し、外部被ばく線量を測定した。
- 有意な外部被ばくは確認されなかった。

## 研究の進捗（1–3 安全管理・教育手法）

OSAKA UNIVERSITY Live Locally, Grow Globally

○安全管理

短寿命アルファ線放出核種の安全管理方法について検討

↓

「安全管理の合理的運用に向けたポイント」として整理

○教育　（当該研究を行う従事者に対して法定教育に加えて行うことを想定）

教示すべき項目を検討

- 使用できる核種と使用できる数量、管理区域内での使用場所（通常のRI実験、動物実験）
- 使用する放射線測定器
- 使用時の注意、ヒヤリハット事例
- 保管時の注意
- 廃棄方法、廃棄物の保管方法
- 緊急時の対応

上記内容を
大阪大学放射線科学基盤機構
附属ラジオアイソトープ総合センター
（吹田本館）の施設の実情に合わせた形で、
アルファ線放出核種を取り扱う者に対して
教育を実施

スライドの例

# 研究の成果（実験結果のまとめ（1））

研究の進捗では主にH30年度が対象となっているが、ここ以降は、
最終報告としてプロジェクト期間全体の成果について記している。

## ◯$^{211}$Atの飛散率実験での結果

・有機溶媒（クロロホルム）中では、ほとんど空気中への飛散は無い

・水溶液中では、**溶液のpHによって飛散する割合が変化する。**

・pH 7 水溶液から$^{211}$Atの飛散が起こる（およそ20%程度）が、**アスコルビン酸を加えると飛散はほぼ無くなる**（Atイオンの還元が起こり、飛散しにくい化学種に変化したと推定）。

・$^{211}$Atは、ガラスフィルターにほとんどが吸着する。従って、$^{211}$AtはHEPAフィルターの透過率１のヨウ素とは、フィルター透過率が異なる。

**・遠心分離と振とう実験においては、ほとんど飛散は見られない。**

## ◯器具等の洗浄

酸性溶液以外：2回洗浄すれば、容器内のRIの割合が使用量の1/100未満になる。
→ **従来どおりの排水混入率(0.01)が適用可能。**
酸性溶液：洗浄してもRIが残存し続ける。（酸性溶液は通常排水しない）
→ 洗浄はせずにRI廃棄物とするか、減衰待ちした上で洗浄する。

## ◯動物実験時における$^{211}$Atの飛散

ほぼ全て体内に残存か、糞尿へ移行しており、**呼気による飛散は1%以下である。**



# 研究の成果（実験結果のまとめ（2））

## ◯$^{223}$Raの飛散率等

$^{223}RaCl_2$溶液からの$^{223}$Raの飛散は検出限界未満 → **$^{223}$Raは飛散しないとして良い**

$^{211}$Pb, $^{211}$Biのフィルターへの吸着がみられる → **$^{219}$Rnとしての飛散が原因**

$^{219}$Rnの飛散は容器口径により大きく依存する。バイアルの径で$1.3 \times 10^{-3}$

→ 実際は、$^{223}$Raは医薬品としての利用がほとんどである。
この場合、バイアルに封入し、シリンジを用いるため、$^{219}$Rnが空気中に飛散することはほとんど無いと考えられる。

## ◯$^{225}$Acの飛散率等

$^{225}$Acは液体（攪拌）では、酸性$2x10^{-7}$/h 、中性$2x10^{-6}$/h 、中性錯体$1x10^{-5}$/h、
固体（乾固硝酸塩）では$3x10^{-6}$/hである
実験操作（酸性液体）に関しては滴下$1.4x10^{-5}$/h（飛沫）、蒸発$3.5x10^{-6}$/hとなる
→ **$^{225}$Ac は飛散は僅か（最大で$10^{-4}$/hレベルと推定）**

## ◯$^{223}$Ra、$^{225}$Acの器具等の洗浄

2回洗浄すれば、容器内のRIの割合が使用量の1/100未満になるので、
→ **従来どおりの排水混入率が適用可能。**

## ◯ $^{223}$Ra、$^{225}$Acの動物実験　**$^{223}$Ra、$^{225}$Acの動物からの飛散はほとんど無し**

## 研究の成果（ガイドライン策定に向けた結果のポイント）

### ○ データから得られたガイドラインに向けた結果のポイント

- $^{225}$Ac、$^{223}$Raは飛散率は非常に低く、通常のRIと同様の方法で取り扱っても問題ない。特に$^{225}$Acについては子孫核種含めて、ほとんど飛散は無い。
- $^{211}$Atについては、揮発性の高い薬品に対する一般的な飛散防止措置が必要と思われるが、アスコルビン酸を添加する等の医学関連研究の条件下では、飛散率は十分低くなる。
- $^{211}$Atを飛散しやすい状態で使用する場合は、安全取扱のためのRIアイソレーションボックス（RIフィルター付隔離操作ボックス、排気系に接続しないグローブボックス）の使用を検討したほうが良い。
- 飛散率測定で使用した容器（100mLビーカー）は最大値を与える条件であり、実際に使用するバイアル等の口径の小さい容器では、大幅に飛散率は抑えられる。
- 動物実験における飛散率は1%以下であり、糞尿処理を条件に緩和は可能と思われる。
- $^{211}$Atの酸性溶液以外では、3核種の各液性でにおいて2回洗浄で1%以下になるため、従来通りの排水混入率が適応可能である。
- 管理者に加え、従事者の安全意識が重要である。当該研究を行う従事者に対して法定教育に加えて、教育すべき項目を施設ごとに検討する必要がある。

## 合理的管理法の検討に向けた論点の整理（1）

本研究の最終的な出口を短寿命アルファ線放出核種の合理的な安全管理のためのガイドライン策定と考え、本研究の調査実験の結果を踏まえ、策定の際の論点を以下の13項目に整理した。ここでは、法令の改正を伴わず規制の運用により、より合理的な安全管理を実現するガイドラインを想定する。

### （1）ガイドライン策定の目的

各放射線事業所での短寿命アルファ線放出核種の許可使用数量を決める新しい施設設備基準及び行為基準をまとめるために、ガイドライン等を作成する。また、策定したガイドラインは、以下に示す存在となるべきものである。

1) ガイドライン等はこれまでの安全規制研究のデータを元に作成され、合理的に安全性が担保される場合には一律の規制でなく、施設の状況に応じて、規制を緩和する根拠となるものである。（十分な教育体制が整っており、必要な基準を遵守できる場合に限る。）

2) ガイドライン等は関連学協会にてオーサライズされると共に、各事業所の許可申請における使用数量設定の根拠となり、かつ原子力規制委員会が使用数量の許可を判断する上でも、科学的に検証された合理的な判断基準として取り扱われる存在となる。

### （2）ガイドラインの対象となる研究目的と用途

ガイドラインの適用については、その研究目的と用途で限定すべきと考える。

**提案：　現段階では、医学での利用及び医学利用を目的とした研究に特化するのが適当である。**

### （3）ガイドラインの対象となる施設

ガイドラインで設定された施設、設備基準及び行為基準を満たした時に、原子力規制委員会はアルファ線放出核種に特化して使用数量の増加を許可（承認）すべきである。

### （4）短寿命アルファ線放出核種の定義

ガイドラインで対象とする短寿命のアルファ線放出核種は、上記（2）で規定される目的や用途を考慮した上で、定義しておく方がよいと考える。

**提案：　時点では、本研究で対象とした$^{221}$At、$^{223}$Ra、および$^{225}$Acが挙げられる。**

# 合理的管理法の検討に向けた論点の整理（2）

OSAKA UNIVERSITY
Live Locally, Grow Globally

## （5）使用方法

目的により使用方法はかなり異なるため、使用方法を精査した上で、利用方法に関してガイドラインに盛り込む内容が何かを検討する必要があると考える。
短寿命アルファ線放出核種は、医学系での研究に限った場合でも、大きく以下の4つの利用方法が挙げられる。

① 病院等での使用
② 研究施設における動物への投与
③ 研究施設における非密封RI実験（動物実験を除く）
④ 放射線発生装置を使用したRI製造

## （6）設備要件

核種と使用方法に基づいて、より合理的な規制を実施する際に必要な設備要件を検討する必要がある。

**提案：$^{223}$Raや$^{225}$Acの通常使用では、飛散率は充分に小さく、娘核種の飛散も充分に小さいことが分かったので、特別な設備要件は必要ないと。**

**提案：$^{211}$Atについては、揮発性の高い薬品に対する一般的な飛散防止措置を考える必要がある。特に、飛散しやすい状態で使用する場合は、特別な飛散防止装置を検討すべきである。本研究で、飛散した$^{211}$AtはHEPAフィルターで除去できることが分かったため、RIアイソレーションボックス（RIフィルター付隔離操作ボックス、排気系に接続しないグローブボックス）を使用することを認める検討してはどうか。**

## （7）個別の飛散率等を設定するのに必要な条件

飛散率をどのように設定していくかを検討し項目として含める必要がある。また、排水については、「排水しない」という形の許可（承認）申請方法も、ガイドラインの記載に含めても良いと思われる。

**提案：$^{225}$Ac及びその子孫核種については、存在状態がイオン種であるため、非常に飛散しにくい。$^{223}$Raの場合は、塩化ラジウム（放射性医薬品ゾーフィゴ）としての使用がほとんどと考えられる。これらについては、本研究で得られた飛散率の数字を適用出来るものと考える。**

# 合理的管理法の検討に向けた論点の整理（3）

OSAKA UNIVERSITY
Live Locally, Grow Globally

**提案：$^{211}$Atでは、条件によって飛散率が大幅に変化するため、エビデンスに基づいて飛散率を決定するのか、ある程度の範囲ごとに条件を括って、飛散率の数字をガイドライン中で設定するのか、検討が必要である。本研究では、アスコルビン酸の添加が飛散を抑える効果が大きいことが示されたが、このような条件付きの設定も有用と考える。**

**提案：動物実験時の呼気による飛散は、上記3核種とも非常に少ない（<1%）ことが実験により明らかになったため、糞尿の処理を条件に大きく緩和が可能と考える。**

## （8）安全管理の方法

一部の者が対象となる場合が想定されるが、短寿命アルファ核種利用方法を確実に遵守させるための教育を実施し、また、使用区域に関しては、管理区域全域とはせずに、特定の場所に限定する方法が考えられる。

## （9）安全管理の合理的運用の根拠となるエビデンスの取得の必要性

画一的に安全規制の合理的運用をするのは困難であり、安全管理の合理的運用においては、根拠となるデータは必要と思われる。安全管理の合理的運用の根拠となるエビデンスは、各施設固有の作業条件下で、必要に応じ個々に取得することを要請するかどうかは検討が必要である。

## （10）使用施設の等級別的扱いの導入

使用施設は高いグレードが要求されるため、使用施設に等級の導入、及び使用者にも経験の有無や期間の条件の導入を検討する必要があると考える。

## （11）教育及び訓練の実施体制

教育及び訓練の実施が必須で、内容が重要であるため、教育の実施体制については考慮されるべきである。

## （12）教育及び訓練での教育内容

短寿命アルファ線核種の安全取扱についての教育内容は、各施設の実情に合わせて十分に検討が必要である。
従って、ガイドラインの作成においては、その作業と平行して、教育のモデルプログラムを作成することが必要である。

# 研究成果の評価コメントに対する対応、及び放射線規制や防護分野への活用

## ■ 評価結果に付されていたコメントに対する対応

評価結果：A
コメント： ガイドライン策定の際に取り入れるべき重要な知見が得られている。報告書においては、実験データに影響を与える因子にも言及されたい。

詳細は、報告書、及び本資料p.8とp.15に記されているが、アスタチンのデータに影響を与える因子は、主にその化学形にあると考えられる。
アスタチンの液性による飛散率の変化は、主に溶液中のアスタチンの化学形による。化学形の同定には至っていないが、飛散しにくい還元種の成分が溶液のpH等で変化することにより飛散率が変化する。実際に、還元剤（アスコルビン酸）の添加により還元種にそろえられるため、飛散率は大きく抑えられることが判明した。
一方で、アクチニウムは3価、ラジウムは2価が水溶液中で安定なため、低飛散率で化学的条件により飛散率が変化することは少ない。

## ■ 放射線規制及び放射線防護分野への活用

本研究の成果の全ては、短寿命アルファ線放出核種の合理的安全管理についてのガイドライン策定の根拠データとなる。また、研究成果の考察から導かれた論点の整理は、ガイドライン策定時の重要な指針となる。



# H30年度自己評価

| 事業項目 | 事業内容 | 事業成果 | 自己評価 |
|---|---|---|---|
| 1-1. 各種実験条件下における$^{211}$Atおよび$^{223}$Raの空気中濃度・表面汚染・排気、排水中濃度データの取得 | ①H29年度結果に基づく条件検討による、追加データ取得、②各種化学実験における$^{211}$Atと$^{223}$Raの飛散率等のデータ取得、③各種条件下の動物実験における$^{211}$Atと$^{223}$Raの飛散率等のデータ取得、④上記結果の検討による各実験手法の改善 | 追実験により測定プロトコルの改善を行い、$^{211}$Atについては特に液性の違いも含め、多くの実条件下での飛散率等の測定を、計画通り行った。$^{211}$Atについてはアスコルビン酸添加により飛散は押さえられることが分かった。動物に投与した場合の呼気からの飛散はすべての場合で1%以下であることが分かった。 | ○ |
| 1-2. 医療従事者の安全確保のための$^{223}$Ra飛散量の測定 | ①実態調査からの汚染状況の検討、②汚染除去に関する検討、③放射線診療従事者の被ばく状況の把握 | 医療現場における$^{223}$Ra投与後の呼気の測定等が行われ、医療従事者等への被曝は基準以下であることが分かった。また、実際にポケット線量計による実測でも被曝は観測されなかった。作業台等への汚染は、常備品であるアルコール綿により1/500以下となり充分除染可能であった。 | ○ |
| 1-3. 短寿命α線核種の安全管理、安全取扱教育法開発 | ①国外施設の安全管理調査、②α線核種使用時の各実験操作や作業方法、③RI保管廃棄時における空気中RI濃度、表面汚染の測定、④$^{211}$Atの運搬容器の作成・安全性試験、⑤教育訓練法の開発と実施 | 海外状況の調査は実施しないこととなったが、各実験の作業上の注意点や、保管時の飛散の有無など、計画通り実施された。また、これらの実作業上の注意点やヒヤリハット情報を元に、当施設を対象とした教育プログラムを作成し、実施した。 | ○ |
| 2．具体的実験条件下における$^{225}$Acの飛散率等のデータ取得 | ①$^{225}$Acの飛散率等の追加データ取得、②具体的各種化学実験における$^{225}$Acの飛散率等のデータ取得、③実作業条件での動物実験における$^{225}$Acの飛散率等のデータ取得 | $^{225}$Acの飛散率等のデータ取得実験は、受託研究契約前に、昨年度実施した実験結果の解析による課題抽出とそれに対応した実験手法の確立が行われた。契約後、前年度の反省を生かして効率的なデータ取得が出来、計画していたデータ取得を完了した。 | ○ |
| 3．事業進捗のPDCA | POに事業の進捗状況を報告し、助言をうける。 | POからの適切な助言を受けて、事業の適切な進捗管理が出来た。 | ○ |

◎ 当初の計画以上の成果、 ○ 当初の計画通りの成果、× 計画が達成できない

＞評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか？： 当初の計画通りの成果

# 研究成果の発表（1）

飛散率等の各データは、関連する幾つかの研究会等で紹介すると共に、以下の学会にて学術発表を行った。特に、日本放射線安全管理学会では、特別セッションが設けられ講演に引き続き有用な議論がなされた。

1. 篠原ら、「短寿命α線核種の飛散率等の基礎データ取得と合理的法規制に向けた安全性検証」、2018日本放射化学会年、京都、9月(2018).
2. 篠原ら、「短寿命α線核種の飛散率等の基礎データ取得と合理的法規制に向けた安全性検証と放射線管理法の開発」、日本放射線安全管理学会第17回学術大会、名古屋、12月（2018）.
3. 豊嶋ら、「短寿命アルファ線放出核種At-211の合理的規制に向けた飛散率測定」、日本放射線安全管理学会第17回学術大会、名古屋、12月（2018）.
4. 山村ら、「短寿命アルファ線核種Ac-225の合理的規制に向けた飛散率測定」、日本放射線安全管理学会第17回学術大会、名古屋、12月（2018）.
5. 永田ら、「短寿命α線放出核種の合理的規制のためのラジウム-223およびその子孫核種の飛散率等の測定」、日本放射線安全管理学会第17回学術大会、名古屋、12月（2018）.
6. 兼田ら、「動物実験における短寿命アルファ線核種の体内外の分布」、日本放射線安全管理学会学第17回術大会、名古屋、12月（2018）.
7. 白崎ら、「短寿命アルファ線核種の合理的規制のためのAc-225飛散率の評価」、原子力学会東北支部研究交流会、仙台、12月（2018）.



# 研究成果の発表（2）

$^{211}$At、$^{223}$Ra、$^{225}$Acの飛散率等のデータ、およびこれらの動物実験時の飛散率データについては、すでに学術雑誌への投稿を行い査読もしくは改訂中である（一部準備中）。

1. “Quantitative measurement of $^{219}$Rn radioactivity in exhaled breath from patients with bone metastasis of castration-resistant prostate cancer treated with $^{223}RaCl_2$”
Kazuhiro Ooe, Tadashi Watabe, Takashi Kamiya, Takashi Yoshimura, Makoto Hosono, Atsushi Shinohara, Jun Hatazawa,
Submitted to EJNMMI Physics.

2. “Dispersal rates of astatine-211 from various solutions and chloroform”
Atsushi TOYOSHIMA, Kojiro NAGATA, Kazuhiro OOE, Zijian ZHANG, Takumi IKEDA, Soichiro ICHIMURA, Honoka OBATA, Takashi YOSHIMURA and Atsushi SHINOHARA
Submitted to Radiation Safety Management.

3. “Measurement of Radon-219 and Radium-223 Dispersion from Aqueous Radium-223 Dichloride Solution”
Kojiro NAGATA, Kenji SHIRASAKI, Atsushi TOYOSHIMA, Kazuhiro OOE, Tomoo YAMAMURA, Atsushi SHINOHARA, Takashi YOSHIMURA,
Submitted to Radiation Safety Management.

4. “Dispersion and Excretion of $^{223}$Ra, $^{211}$At and $^{225}$Ac during Animal Experiments”
Kazuko KANEDA, ZiJian ZHANG, Kojiro NAGATA, Kenji SHIRASAKI, Hidetoshi KIKUNAGA, Tomoo YAMAMURA, Atsushi TOYOSHIMA, Takashi YOSHIMURA, Atsushi SHINOHARA,
To be submitted to Radiation Safety Management.

5. “Dispersal rates of $^{225}$Ac in exhaust, surface, and waste water under chemical operations”
Tomoo YAMAMURA, Kenji SHIRASAKI, Hidetoshi KIKUNAGA, Kojiro NAGATA, Zi Jian ZHANG, Koshin WASHIYAMA, Atsushi TOYOSHIMA, Takashi YOSHIMURA, and Atsushi SHINOHARA
To be submitted to Radiation Safety Management.

# おわりに

本研究の放射線規制や防護への貢献と、安全管理の合理的運用の将来も含めた状況について意見や要望を記すことで、本研究のまとめとしたい。

- 本研究の成果や検討された論点は、短寿命アルファ線放出核種の合理的安全管理についてのガイドライン策定の根拠データや重要な指針となる。
- R1年度の放射線安全規制研究推進事業として「短寿命アルファ線放出核種の合理的安全規制のためのガイドライン等の作成」が当研究チームが母体となるグループで採択された。メンバーには関連学協会のキーパーソンも含まれており、今後ガイドライン策定がスムースに進み、早期に制定されることが期待される。そのために、本研究の成果が大きく貢献すると思われる。
- 合理的な安全管理を規制の運用により実現する観点では、細野グループで調査研究されたように、国外の主要機関で採られている対応が参考になるが、その前提条件、特に人的資源・環境の違いに留意すべきである。
- 規制部門のガイドラインに基づく許可（承認）審査に関するシステムの整備も同時に検討が望まれる。また、短寿命核種の廃棄に関しては、将来的には、DIS（Decay in Storage）の概念の導入も視野に入れることを検討すべき状況にある。
- 安全管理の合理的運用は、管理者と使用者のスキルのみならず安全意識の高さを前提とするもので、「安全文化の醸成」が最も重要である。さらに、健全な原子力社会を支える科学・技術の発展を考える中で、放射線の安全規制を考える場合、海外の例に見られるような専門性の高い管理人材や医学物理士等の養成と放射線防護の基礎からの研究が必須であり、そのためには広く関連分野の教育と人材育成についての施策も必要になると思われる。

平成 30 年度
放射線対策委託費
（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）

# 短寿命α核種等の RI 利用における合理的な放射線安全管理のあり方に関する研究

主任研究者　細野　眞
近畿大学医学部



## 研究体制

主任研究者　細野眞（近畿大学医学部）
研究協力者　織内昇（福島県立医科大学先端臨床研究センター）
　　右近直之（福島県立医科大学先端臨床研究センター）
　　永津弘太郎（QST放射線医学総合研究所）
外部有識者　蜂須賀暁子（国立医薬品食品衛生研究所）
研究参加者　伊藤哲夫（近畿大学原子力研究所）
　　山西弘城（近畿大学原子力研究所）
　　松田外志朗（近畿大学原子力研究所）
　　山田崇裕（近畿大学原子力研究所）
プログラムオフィサー　　中村吉秀（日本アイソトープ協会）
同　補佐　　永﨑博子（原子力規制庁）

# 研究概要

- 本研究は、医療において放射性同位元素を用いた診断・治療が発展し続けている現在において、短寿命α核種等を用いた内用療法を含む研究開発が、科学的知見に基づく合理的な安全管理の下に促進されるために、放射線防護を関連法令や指針の上でどのように確保するか、防護の最適化の観点から検討を進めた。
- 平成３０年度は、平成２９年度の成果に基づき、今後研究を進めるに当たって、具体的に規制に生かす視点から、調査の成果を具体的に示すことを目的に、更なる海外調査を進める必要が生じたため、短寿命α核種等の製造・利用に係わる各分野専門性を有する研究協力者とも連携し、短寿命α核種等の利用実態に関する情報収集及び研究交流を実施した。
- 国内における短寿命α核種等の研究利用の利用実態や今後の利用ニーズ、並びにそれに応じた実態に応じた合理的規制の要望についてより詳しく調査するため、平成２９年度の研究成果を踏まえ、実際にα核種等の研究用短寿命RI製造が可能な施設（将来の「日本発の治療薬」開発に向けた拠点）に対して、調査票を基にヒアリング調査を実施した。





# 方法1　海外における実態調査

- 諸外国においても実際にα核種を利用して医療における研究開発に取り組んでいる高度な施設は限られている。α核種の臨床応用の研究開発に世界的な業績を持つ施設を訪問し、施設責任者を含めた研究者との対面での質疑応答、施設・設備の詳細な確認によって、利用実態を踏まえた規制の妥当性の観点からそれぞれの施設において調査を実施した。
  - ✓ヨーテボリ大学（H29、30）、ARRONAX（H29）、JRCカールスルーエ（H30）
- 本研究に関連する施設として空気中濃度モニタリング手法やその品質保証に関連した知見。
  - ✓IRSNエアロゾル計量物理学研究所（H29）

研究概要

# 海外調査質問票（抜粋）

**[1] SAFETY PRACTICIES/REGULATIONS AT THE LABORATORY**

1-1. Do you have not only annual limits for the use of radioisotopes、 but daily/monthly/quarterly limits?

max 1、200 MBq At-211 (at any time)
max 10、000 MBq Bi-213 (at any time)
Max 200 GBq of ALL isotopes (at any time)
Max 20 GBq of class A and B isotopes (at any time)

1-2. Which model do you use for estimating the discharged activities?

Direct、 site-specific、 and individual measurements by a medical physicist

1-3. We would like to see examples for estimaing release amount of alpha-emitters into the environment、

We work in a double-under-pressure lab (glove box and fume hood in "sealed" low-pressure lab).
We regularly measure exhaust filters and have never been above detection limits.
Total activity released (waste、 sewerage、 air) is individually monitored by a medical physicist so that possible dose limits to the public is well below the legal limits.

1-4. Examples of estimation about the internal/external exposure from alpha-amitters to radiation workers.

External exposure is monitored by radiation detectors.
Internal exposure was previously measured in a whole-body counter available in our hospital.
After several years when only extremely low amounts were measured、 we do not use the whole-body counter any more. In our experience、 we all receive less than 5 mSv per year (internal and external) from handling the various alpha-emitters (At-211、 Bi-213、 Ac-225).

1-5. Examples of estimation about the internal/external exposure from alpha-emitters to public.

We have not found any exposure to the public since we work in a restricted area.
We did measure slightly elevated levels (~10uSv/h) outside the lab (from high-energy gammas in At-211 decay) when distilling astatine.
We solved this by restricting also the areas with elevated levels to the general public when using astatine in the lab.

1-6. Which unit do you employ to assess these conditions?

We are allowed 20 mSv/a、 but are always below 5 mSv/a (as measured by dosimeters replaced every month)

（H30年度 ヨーテボリ・JRCカールスルーエ実施分）



研究概要

# 方法2　国内における実態調査

- 国内における実態調査は、当該核種の利用状況や利用における放射線防護措置に関して調査（H29）
  - 短寿命α核種等を実際に利用して研究に取り組んでいる先進的な施設
    - ✓ 放射線医学総合研究所、福島県立医科大学
  - 医療用核種の利用について先進的な知見を持っている施設
    - ✓ 国立医薬品食品衛生研究所
- 国内における短寿命α核種等の研究利用の利用実態や今後の利用ニーズ、並びに実態に応じた合理的規制の要望についてより詳しく調査（H30）

調査施設(五十音順)：

・大阪大学（医学部附属病院、ラジオアイソトープ総合センター）

・国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（放射線医学総合研究所、高崎量子応用研究所）

・東北大学（サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター）

・福島県立医科大学

・横浜市立大学附属病院

・理化学研究所　仁科加速器科学研究センター

研究概要

# 国内調査質問票（H30年度）（訪問によるヒアリング調査）

**調査項目**

①排気/排水/空気中の放射性同位元素の濃度限度（mpc：最大許容空気中濃度）について

Ex)計算条件（評価シナリオ）が実態と乖離していることにより困っている点

②日／月／３か月の制限について

Ex)医用短寿命核種の使用量、使用頻度はどの程度か。実際に使用したい量を確保出来ているか。

③遮蔽計算について

④廃棄物管理に関して困っている点はあるか。

⑤動物実験について（研究者向け質問）

Ex)RI投与動物の管理区域外持ち出し等のニーズはあるか？

⑥運用上実際に困っている点

Ex)実際のRI使用において実測計算/検証により何か問題を把握し、困っていることがあるか。

⑦施設ごとの実測に基づく管理条件（実態を反映したシナリオでの線量評価）が認められるなら、利用するか。適切な（測定）管理が可能か。



研究進捗

# 米国調査

1. 米国核医学会におけるICRPのアイソトープ治療に関するセッション（CE73）にて、関係者から聞き取り調査
2. 同セッションにおいて、米国の短半減期α核種等の臨床応用に向けた研究の動向調査
3. 他関連セッション（CE22）での情報収集

<u>セッション：</u>

I. CE73: Radiological Protection in Therapy with Radiopharmaceuticals; Prospects from ICRP TG101
II. CE22: Alpha-Emitting Radiopharmaceuticals

研究進捗

# 米国核医学会におけるICRPのアイソトープ治療に関するセッション（CE73）にて、関係者から聞き取り調査

ICRPのアイソトープ治療に関する企画セッションに出席の主要関係者Darrell Fisher博士*1に、下記の項目について、調査を実施した

*1 Darrell Fisher博士：元米国保健物理学会（放射線安全の科学と実践を専門とする約5000名の会員からなる国際的な科学機関）会長

① 短半減期核種を用いた前臨床研究の実施の有無

→ $^{223}$Ra、$^{211}$At、$^{225}$Ac 、$^{212}$Pb/$^{212}$Biを用いた動物実験により、線量評価研究を実施

② 短寿命核種を用いた臨床試験の実施の有無

→ $^{223}$Ra、$^{211}$At、$^{213}$Bi 、$^{212}$Pb/$^{212}$Biを投与した患者に対して、線量評価研究を実施

③ RI投与動物の管理区域外への持ち出しの可否

→ 持ち出しを可能としている

④ Decay-in-Storage：DISの適用の有無

→ Pacific Northwest National Laboratoryでは、適用していた。

当該施設では、$^{212}$Pb/$^{212}$Bi $^{223}$Ra、$^{227}$Ac を製造し他施設に供給

⑤ 米国における他の短寿命α核種の研究機関/研究者について

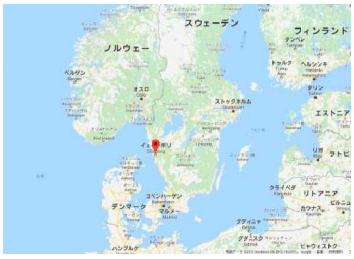
→ Tom Quinn教授 コロンビア州ミズーリ大学、Scott Wilbur教授 ワシントン大学シアトル校



研究進捗

# ヨーテボリ大学における短寿命α核種等の利用

Göthenburg, Sweden. 2018/09/17-18



- 1回の実験あたりに許可を受けている量
  - 最大20 GBqのClass A核種（≒α線放出核種）
  - 最大200 GBqのClass B核種（その他の核種）
- 基礎および臨床実験での使用量は、放射線管理・防護を専門とするPh.D.スタッフ（医学物理士）と当局の協議のもと核種ごとに1回最大使用数量を定めている。
  - At-211（$T_{1/2}$ = 7.2 h） → 1.2 GBq
  - Bi-213 （$T_{1/2}$ = 46 min） → 10 GBq
- 1回使用あたりの上限という項目のみがいわゆる規制量

研究進捗

# ヨーテボリ大学における短寿命α核種等の利用

## 大学・病院側

RI利用者の意思を元に限度値及び運用規則を定めることができる

## 規制当局側

1回に使用できる限度値、運用方法等について承認する

規制値や運用の考え方

EURATOM
ICRP勧告
IAEA勧告

医学物理士の裁量によって具体的管理を策定

- わが国では各RI施設の責任者には放射線取扱主任者が充てられるが、スウェーデンでは放射線防護を専門とする医学物理士が担当。
- 施設側が準備するものは線量評価のための資料（例えば公衆・成人男性に対する$^{211}$At吸収時の線量換算係数:1.1×10$^{-7}$ Sv/Bq）と実測結果であり、職業被ばく並びに公衆被ばくとして、それぞれ 5 mSv/a、1 mSv/a以下が担保されることを示したうえで、規制当局（放射線安全機関 Stråℓ säkerhets myndigheten、SSM）が許可を与える。



研究進捗

# ヨーテボリ大学における短寿命α核種等の利用

**被ばく評価・防護対策・放射線管理**

ホールボディカウンター（WBC）

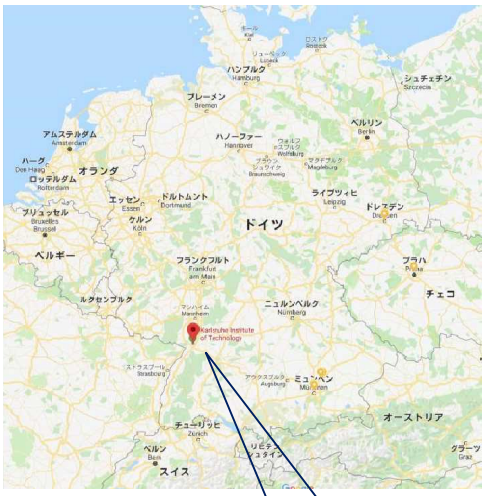
エリアモニター、エアロゾルモニタ（常時）

ドラフト、グローブボックス

- 我が国では、原則としていわゆる計算モデル評価によって、管理区域内の複合値が1 mSv/週を超えないことを示し、許認可を受ける。
- 同施設では実測による評価を行い、年間被ばく線量限度を超えないことを示したデータをもとに許可を受けている。
  - 実測例：500 - 600 MBq程度のAt-211を扱った作業者4名に対して、WBCにより内部被ばくを複数回（20回程度）測定し、吸引や付着の程度を評価
- 実測例は許可を与えるうえでは十分な証拠として扱われ、施設設計にきわめて有効な働きをしている。
- 放射線安全機関SSMと施設（医学物理士）は対等な関係にあり、実測値を元にした科学的な協議のうえで許認可が与えられる。

研究進捗

# JRCカールスルーエにおける短寿命α核種の利用



（核セキュリティ対策のため写真撮影禁止）

2018/ 10/ 4
European Commission DG Joint Research Centre、Karlsruhe Directorate G、Germany
（超ウラン元素研究所カールスルーエ）

・EUが運営する共同研究センターのひとつ。原子力関連の研究拠点
・アルファ線の医療応用における世界的中心
・Ac-225製造拠点のひとつ（世界に３拠点：米･露･独）

［目的］
・施設視察（α線 RI 取扱いの実際）を含む実態調査
・日本のα線医療の現状を紹介
・Ac-225、At-211等の医療応用について意見交換

［成果］
独国内病院は州当局と個別協議し、承認を得て臨床。
独核医学会が中心となり州当局と協調。安全利用のためのガイドラインを制定。各州の承認基準となっている。
Th-229に由来するAc-225製造ラボを視察（250 mCi/y）。
臨床研究用に225Ac-PSMAをハイデルベルグ大学病院に月に１GBq、ミュンヘン大学にも（月にないし年に）数GBqを供給。
EU-Directive/Euratomの新基準で州当局から認可を受ける。核燃料の取扱いも含め、桁違いの施設。
我が国にも同様のα線核医学研究拠点が望まれた。



研究進捗

# 国内実態調査（ヒアリング）における意見等

- 空気中放射性同位元素の濃度限度に関して：
  → ドラフトチャンバーを用いたときに適用する飛散率（$^{211}$At：$10^{-3}$）が厳しく、また気密性の高いグローブボックスの逆流率について指針がなく、通常のドラフトチャンバーよりも小さい値を使うことも容易でない。
- RI投与動物の持ち出しについて：
  → 前臨床では毒性試験が必要であり、外部機関に委託する。現行では投与RIが減衰してしまってからでもRI法の許可を持たない外部機関に持ち出せない。
- 排水について：
  → 排水について減衰待ちのために1ヶ月放置せざるを得ないケースがある。病院からの一般排水は大量であり、その分で希釈されることの評価を認めてもらいたい。仮に現状で計算すると、内用療法患者1人に付き、病院全体の排水による希釈でクリアできる。
- 施設ごとの実測に基づく管理条件（実態を反映したシナリオでの線量評価）の利用に関して
  → グローブボックスやフードなどの設備を利用し飛散率等が軽減できるのならば、各種設備を保有しているため管理可能である。
- 短寿命核種へのDIS適用に関して：
  → 短寿命核種へのDIS適用について規制当局と学協会で協議すべき。α核種であることから廃棄物が事業所保管となる為、将来的には廃棄物の保管が困難となることが懸念される。

成果
## 考察

- 国内で今後短寿命α核種の研究を進めるために合理的な管理を導入することが不可欠と考えられる。
- ヨーテボリ大学では90年代半ばから短寿命α核種の研究が進められ、科学的知見に基づいて管理されていることが分かった。
- 施設の運用にあたっては、施設と行政の間で合理的な管理について議論し、合理的な規制の下で安全を確保しつつ利用されていることが確認できた。
- JRCカールスルーエでは州当局から治療量の$^{225}$Acを許可されており、他施設に供給している。
- 各国において短寿命核種についてDIS（Decay-In-Strage）（例：フランスでは半減期100日以下の核種が適用範囲）が運用されていた。



成果
## 結論

- 実際にα核種を利用して研究開発を実施している高度な施設を対象に研究者との質疑応答、施設設備の確認によって調査を実施し、短寿命α核種等の利用に対する合理的規制、安全管理等について研究を進めた。
- 本研究によって臨床応用に向けた短寿命α核種を用いた研究が国内外で行われ、我が国においても短寿命α核種を用いた日本発の放射性治療薬開発に向けた研究等の医療応用において臨床応用規模の将来の利用ニーズがあることが分かった。
- 各施設が短寿命α核種の利用にあたって合理的な安全管理を行ううえで、実際にどのような評価を行うべきか、規制当局が要求している事項は何かなどの具体的な詳細事項が重要であると思われた。

成果

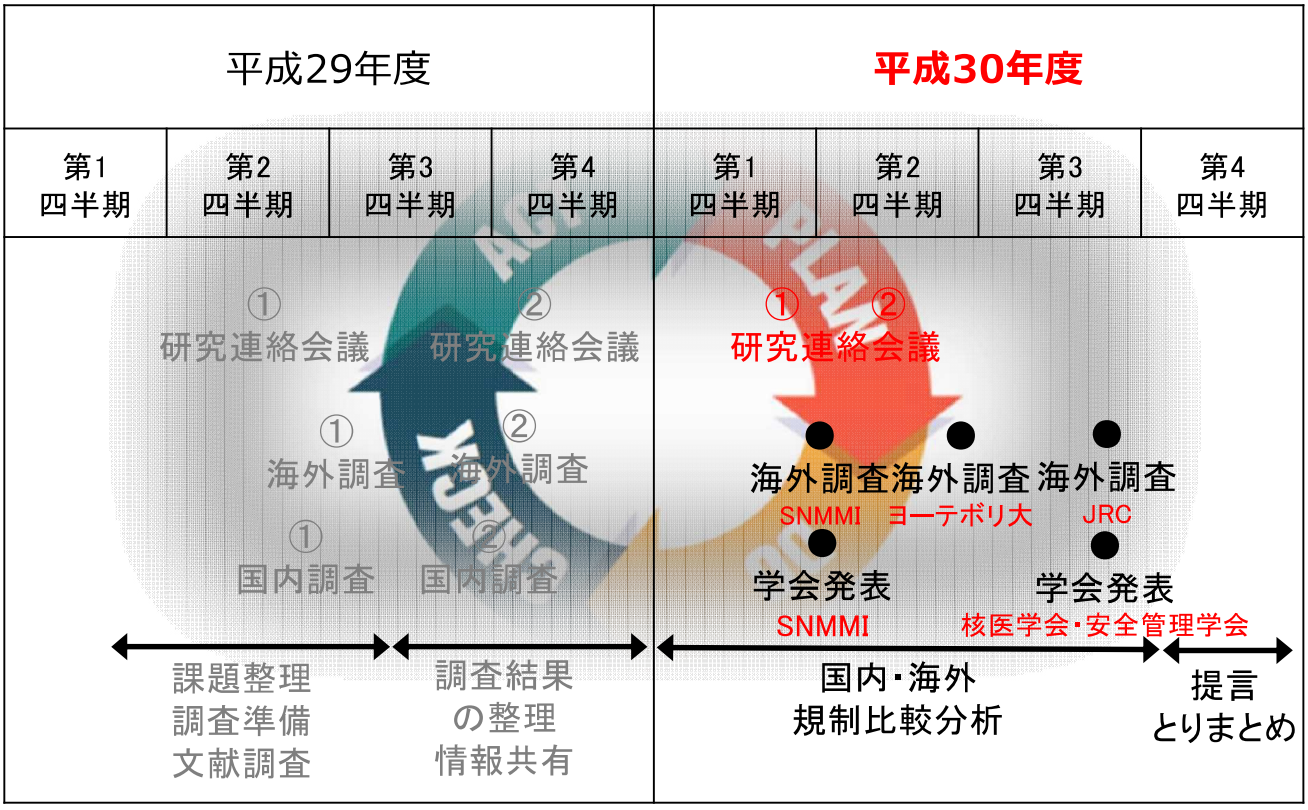
# 提言の取りまとめに向けて

- 現在の利用及び実態に応じた合理的規制の要望において、法令（法律・政令・省令・告示レベル）改正に及ぶような優先事項はないと思われるが、事業者と行政の間でそれぞれの課題を認識し、合理的な管理について共通認識の下に議論するための指針等を定めるのが有効ではないか。
- 我が国では、いわゆる計算モデル評価によって、管理区域内の複合値（実効線量と空気中濃度限度との比から算出される線量）が1 mSv/週を超えないことを示し、許認可を受ける。例えば、「ICRP Pub.60の取り入れによる放射線障害防止法関係法令の改正について（通知）」においては、適用できる一律の数値とともに個別の値を用いてもよいとされているが、実際の運用は容易ではなく、事実上一律の値を用いた評価となっている。
- このような方法は、多重な安全ファクタをかけることによって、使用者、公衆の安全を確保しつつ、RIを利用させることに有効に働いた。
- 一方で、短寿命α核種の将来の医療応用のためには、実測等による科学的知見に基づく合理的な管理方法を認める道筋をつけなければ、従来の事実上の一律的な計算モデル評価では、 国内でのα核種の医療応用は極めて困難になる恐れがある。
- 従来の計算モデル評価による許認可は今後も維持しつつ、管理レベルの高い事業者に対して、申請者が使用目的・方法の実態とその管理方法等施設の状況を踏まえ科学的見地から設定した数値（実測等によるデータと実態を踏まえた線量評価による）の使用が容認されるのがよい。
- このような方法の導入には、事業者・規制側の双方に品質保証上の課題がある（事業者側での許認可条件遵守の確保、規制側の担当官による許認可判断のばらつきの排除）。



自己評価

# 研究ロードマップ



自己評価
# 達成度自己評価

| 評価の視点 | 自己評価 | コメント |
|---|---|---|
| 評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか | 概ね計画どおり | 研究連絡会議を２回予定していたが、昨年度の評価委員からのご指摘を踏まえ、**さらに海外調査を充実化**すべく、事前に十分な議論をするため計画より前倒し、**詳細な質問票**を予め作成して調査を実施した。特にヨーテボリ大の調査によって**実態がより具体的明らか**になり、**今後の合理的な安全管理・規制のあり方に大変有益**なものとなりうる。また、同テーマで研究を進める大阪大学チーム（研究代表者：篠原氏）とPO、原子力規制庁放射線規制部門ご担当の参加の下、**合同会議を２回開催**し、研究成果の共有、情報交換を行った。 |
| 今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画に変更が必要か | 必要ない（今年度で終了） | 本研究は本年度が最終年度である。２か年の研究を通じて明らかになったことを元に、課題解決に向け、提言の具体化のための**RI・放射線利用の実態を踏まえた安全管理の合理化・体系化に係わる新たな研究計画を立案**する予定である。 |



# 主な研究成果

○招待講演

- 細野　眞　短寿命α核種等のRI利用における合理的な放射線安全管理のあり方に関する研究　短半減期核種の放射線安全管理の現状と課題　日本放射線管理学会第17回学術大会　2018年12月6日　名古屋大学野依学術記念交流館

○一般演題

- Hosono M, Oriuchi N, Ukon N, Nagatsu K, Ito T, Yamanishi H, Matsuda T, Yamada T, Hachisuka A, Nakamura Y. Evidence-based safety management for short-lived alpha emitters by grant of Nuclear Regulatory Agency of Japan. Annual Congress of European Association of Nuclear Medicine. Düsseldorf, October 1317, 2018. EP-1062. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2018;45(Suppl.1):S735.
- 細野　眞，織内　昇，右近直之，永津弘太郎，伊藤哲夫，山西弘城，松田外志朗，山田崇裕，蜂須賀暁子　短寿命α核種等の RI 利用における合理的な放射線安全管理のあり方に関する研究 第58回日本核医学会学術総会2018年11月15-17日　沖縄コンベンションセンター

# 評価結果のコメントへの対応

- コメント

報告書においては、海外法令との関係や他のＲＩに対する規制との関係に言及する等、もう少し踏み込んだ内容にすべきである。

- 対応

欧州各国法令に取り入れられているEU指令（ 2013/59/Euratom ）の中で、合理的管理に重要な関連する条項番号を調査した。

（例）

安全管理体制

高度な専門家が構築した管理体制による防護の最適化

（2013/59/Euratom art 34 a–e, 37.2, 38.2 a, 79.1 c and 82.1 and 82.2 a–o）

使用に伴う施設等における安全管理

研究の内容や核種の性質に応じた合理的なGraded approachで施設を運用し研究を実施（art 24）

排気・排水（公衆被ばく・モニタリング）（2013/59/Euratom art 65.2 ）
（2013/59/Euratom art 12, 67.1 and 85.2）

教育・訓練　（ 2013/59/Euratom art 14, 37.1 e）



# 研究成果の放射線規制及び放射線防護分野への活用

- 本年度に計画されている大阪大学の研究チームによる我が国における短寿命RI利用規制・運用のあり方の具体的検討に本事業の研究者が参画し、本研究成果に関する情報提供を行う。

# End of slide

M.Hosono

1

加速器施設に対するクリアランス制度運用のための研究

# 加速器施設の廃止措置に係わる放射化物の測定，評価手法の確立

2017年度，2018年度　2年計画

高エネルギー加速器研究機構
放射線科学センター
松村　宏

## 2018年度自己評価

2

**研究の実施**　計画を上回る

４月より調査を開始。当初予定していた調査はほぼ実施済み。放射線規制に係わる重要な成果が数多く得られた。研究成果は国内外の多くの学会等で発表及び議論してきた。

**研究の成果**　A

1. 廃止措置時に放射化評価の必要性を判定する手法について検討した上で、国内の陽子線治療、重粒子線治療、放射光実験加速器施設で放射化調査を進め、各施設の放射化データを集積した。特に、建屋コンクリートについては、一部を除き廃止時においても放射化はないと判定でき、廃止時の負担軽減が期待できる。ただ、陽子線治療加速器施設においては、更なるデータ収集の必要性があることが分かった。

2. 建屋コンクリートに対してはサーベイメータを用いた放射化判定手法の確立を進めた。これにより、従来法に比べて格段に簡便に放射能の定量及び放射化の判定が可能となり，実用可能なレベルに達した。また、ガンマカメラによる放射化イメージング測定を3種の異なるタイプの機器で実施し，加速器放射化物の放射化領域を判定する上での備えるべき技術要素が明らかになってきた。

3. 加速器施設の廃止マニュアル（案）を作成した。

# 研究の３本の柱 3

## 加速器施設廃止の３要素

### ①規制対象施設・規制対象範囲の明確化

**測定不要部の洗い出し**

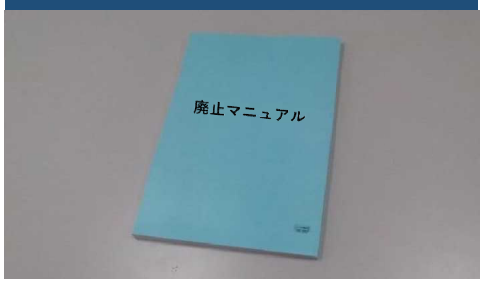
調査により明確化

### ②非汚染・非放射化の評価手順の検討

**実用的な測定方法の確立**

一般化できる手法考案

### ③廃止マニュアルの作成




**方法の標準化**

計画から報告書作成まで

# ①規制対象施設・規制対象範囲の明確化 4

放射化測定・中性子生成量測定を行い，規制対象施設，規制対象範囲の区分を行う

## 2017年度 静電加速器施設

- 東北大ダイナミトロン（宮城）
- 神戸大タンデム（兵庫）
- 筑波大タンデム（茨城）
- 原研タンデム（茨城）

## 2018年度 放射光施設，粒子線治療施設

陽子線治療施設

- 国立がん研究センター（千葉）
- 筑波大PMRC 2（茨城）

重粒子線治療施設

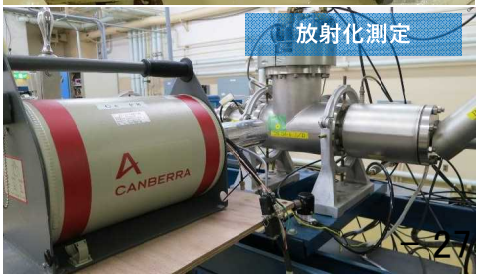
- 群馬大GHMC（群馬）

放射光実験施設

- KEK-PF（茨城）
- 理研SPring-8（兵庫）
- 分子科学研究所UVSOR（愛知）
- 広島大放射光科学研究センター（広島）
- 立命館大SRセンター（滋賀）

加速器例

中性子生成量測定



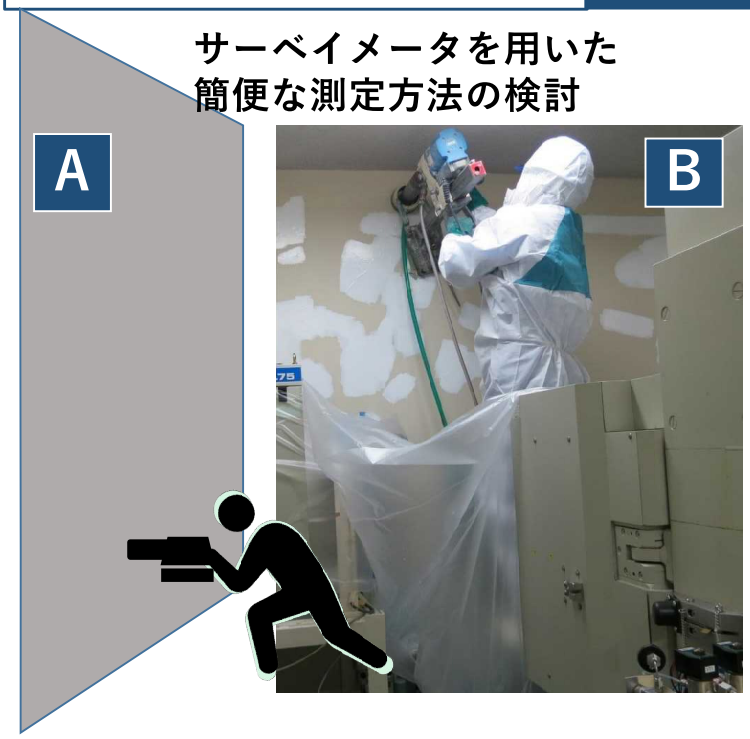
放射化測定

# ②非汚染・非放射化の評価手順の検討 5

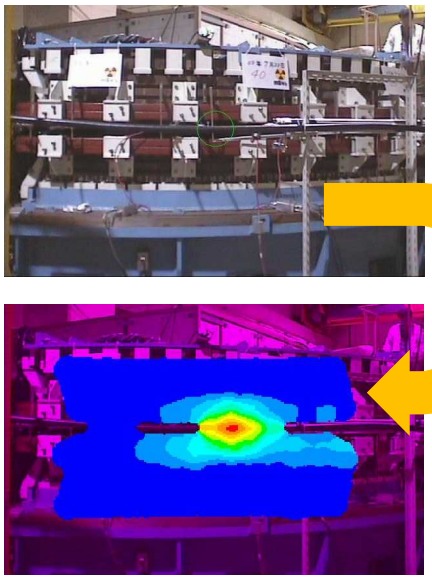
サイクロトロン施設等での実測を通して放射化測定評価法を検討する

**放射化測定方法** | 2017＆2018年度 | **放射化イメージング**

### サーベイメータを用いた簡便な測定方法の検討




### 現存の放射化イメージング技術のテスト



コンプトン方式

マスク方式

ピンホール方式

# 研究体制(2017年度) 6

## 現場調査

| 調査実施者 | |
|---|---|
| 松村　宏 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 桝本和義 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 三浦太一 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 別所光太郎 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 吉田　剛 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 豊田晃弘 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 中村　一 | 高エネルギー加速器研究機構 |

## 研究全体

| 本委員会<br>方針確認とまとめ | |
|---|---|
| 上蓑義朋 | 理化学研究所 |
| 渡部浩司 | 東北大学 |
| 大越　実 | 日本アイソトープ協会 |

## 各研究要素

| 小委員会１<br>① 規制対象施設・規制対象範囲の明確化 | |
|---|---|
| 笹　公和 | 筑波大学 |
| 松山成男 | 東北大学 |
| 森口哲朗 | 筑波大学 |
| 土田秀次 | 京都大学大学院 |

| 小委員会２<br>② 非汚染・非放射化の評価手順の検討 | |
|---|---|
| 米内俊祐 | 量子科学技術研究開発機構 |
| 中村哲志 | 国立がん研究センター中央病院 |
| 松田規宏 | 原子力研究開発機構 |
| 藤淵俊王 | 九州大学大学院 |

| 小委員会３<br>③ 廃止マニュアルの作成 | |
|---|---|
| 林　健一 | 日本アイソトープ協会 |
| 藤淵俊王 | 九州大学大学院 |
| 鈴木智和 | 大阪大学 |
| 上蓑義朋 | 理化学研究所 |
| 米内俊祐 | 量子科学技術研究開発機構 |
| 畔柳　誠 | 東京ニュークリアサービス(株) |
| 古澤　哲 | 東京ニュークリアサービス(株) |
| 田中正博 | JFEエンジニアリング(株) |
| 片岡昌治 | 住友重機械工業(株) |
| 山下大地 | (株)アトックス |
| 遠藤正志 | (株)千代田テクノル |
| 酒井昭宏 | (株)千代田テクノル |
| 佐々木博之 | 富士電機(株) |
| 松村一博 | (株)日本環境調査研究所 |

# 研究体制(2018年度) 7

## 現場調査

| 調査実施者 | |
|---|---|
| 松村　宏 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 桝本和義 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 三浦太一 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 別所光太郎 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 吉田　剛 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 豊田晃弘 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 中村　一 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| 西川功一 | 高エネルギー加速器研究機構 |

## 研究全体

| 本委員会<br>方針確認とまとめ | |
|---|---|
| 上蓑義朋 | 理化学研究所 |
| 渡部浩司 | 東北大学 |
| 大越　実 | 日本アイソトープ協会 |

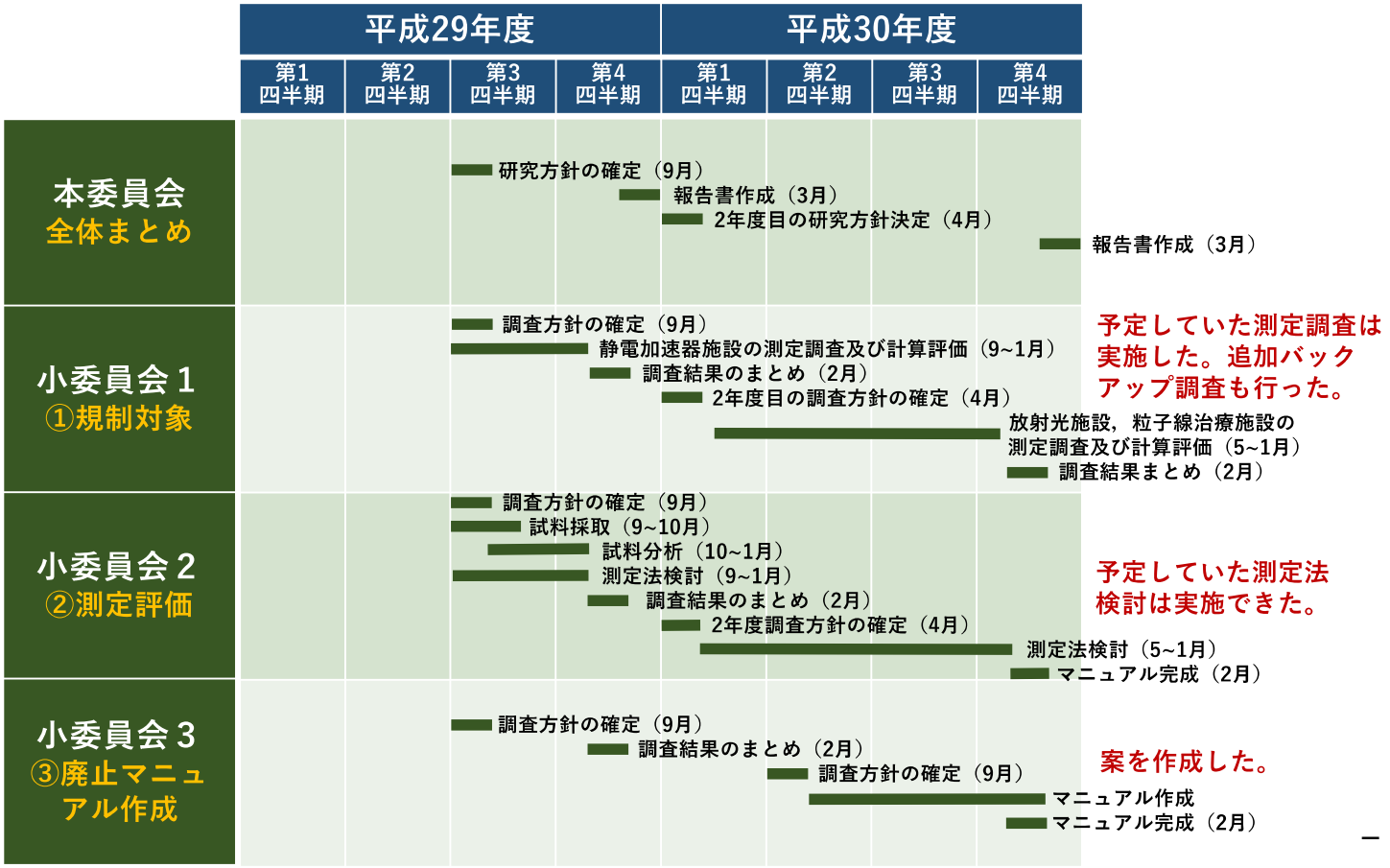
## 各研究要素

| 小委員会１<br>① 規制対象施設・規制対象範囲の明確化 | |
|---|---|
| 林　憲志 | 自然科学研究機構 |
| 花木博文 | 高輝度光科学研究センター |
| 石岡　純 | 理化学研究所 |
| 米内俊祐 | 量子科学技術研究開発機構 |
| 榮　武二 | 筑波大学 |
| 想田 光 | 群馬大学 |

| 小委員会２<br>② 非汚染・非放射化の評価手順の検討 | |
|---|---|
| 米内俊祐 | 量子科学技術研究開発機構 |
| 中村哲志 | 国立がん研究センター中央病院 |
| 松田規宏 | 原子力研究開発機構 |
| 藤淵俊王 | 九州大学大学院 |

| 小委員会３<br>③ 廃止マニュアルの作成 | |
|---|---|
| 林　健一 | 日本アイソトープ協会 |
| 藤淵俊王 | 九州大学大学院 |
| 鈴木智和 | 大阪大学 |
| 上蓑義朋 | 理化学研究所 |
| 米内俊祐 | 量子科学技術研究開発機構 |
| 畔柳　誠 | 東京ニュークリアサービス(株) |
| 古澤　哲 | 東京ニュークリアサービス(株) |
| 田中正博 | JFEエンジニアリング(株) |
| 片岡昌治 | 住友重機械工業(株) |
| 山下大地 | (株)アトックス |
| 遠藤正志 | (株)千代田テクノル |
| 酒井昭宏 | (株)千代田テクノル |
| 佐々木博之 | 富士電機(株) |
| 松村一博 | (株)日本環境調査研究所 |

# 研究計画 8



# 2018年度　イベントカレンダー　9

| 2018 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| | 15 | | | | | | |
| | | | | 25 | 26 | 27 | 28 |
| | 29 | 30 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | 12 |
| | 13 | 14 | 15 | | 17 | 18 | 19 |
| | 20 | 21 | 22 | 23 | | | 26 |
| | 27 | | 29 | 30 | | 1 | 2 |
| 6 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| | 17 | 18 | | 20 | 21 | 22 | 23 |
| | 24 | 25 | 26 | 27 | | 29 | 30 |
| 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 7 |
| | 8 | 9 | | 11 | 12 | | 14 |
| | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | | 28 |
| | 29 | 30 | | 1 | 2 | 3 | 4 |

- 先端医薬薬学センター（石川）サイクロトロン調査
- 第３回本委員会（東京）
- 第４回小委員会１（東京）
- 先端医薬薬学センター（石川）サイクロトロン調査
- 第２回小委員会３（東京）
- 放射線安全管理学会（東京）で研究発表
- 先端医薬薬学センター（石川）サイクロトロン調査
- KEK-PF放射光実験加速器施設（茨城）調査
- プログラムオフィサーへの途中経過報告（原子力規制庁）
- 筑波大陽子線治療加速器施設（茨城）調査
- KEK-PF放射光実験加速器施設（茨城）調査
- 国がん東病院陽子線治療加速器施設（千葉）調査
- タンデム加速器研究会（東京）で研究発表
- 筑波大陽子線治療加速器施設（茨城）調査
- 小委員会３WG（東京）

# 2018年度　イベントカレンダー　10

| 2018 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 5 | 6 | 7 | | | 10 | 11 |
| | 12 | | | 15 | 16 | | 18 |
| | 19 | | 21 | 22 | | | 25 |
| | 26 | 27 | | 29 | 30 | 31 | 1 |
| 9 | 2 | 3 | | 5 | 6 | | 8 |
| | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | 16 | | | | | | |
| | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 31 | | | | 4 | | |
| 10 | | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | 14 | | | | | | 20 |
| | 21 | | | | 25 | 26 | 27 |
| | 28 | | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 |
| 11 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | |
| | 11 | | | | | | 17 |
| | 18 | | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 1 |

- 加速器連携協議会（新潟）で研究発表
- 分子研放射光実験加速器施設（愛知）調査
- 国がん東病院陽子線治療加速器施設（千葉）調査
- 国がん東病院陽子線治療加速器施設（千葉）調査
- 放射化イメージング（テスト）
- 国がん東病院陽子線治療加速器施設（千葉）調査
- 筑波大陽子線治療加速器施設（茨城）調査
- 国がん東病院陽子線治療加速器施設（千葉）調査
- KEK-PF放射光実験加速器施設（茨城）調査
- プログラムオフィサーへの途中経過報告（原子力規制庁）
- ERA13（イギリス）で研究発表
- 放射化イメージング（コンプトン）
- 群馬大重粒子線治療加速器施設（群馬）調査
- 筑波大陽子線治療加速器施設（茨城）調査
- 放射化イメージング（テスト）
- 放射化イメージング（ピンホールタイプ）
- 筑波大陽子線治療加速器施設（茨城）調査
- SPring-8放射光実験加速器施設（兵庫）調査
- 京大原子炉（大阪）放射化分析
- 第３回小委員会３（東京）

# 2018年度　イベントカレンダー　11

| 2018 | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 2 | 3 | 4 | | | | 8 |
| | | | 11 | 12 | | | |
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 2019 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 6 | 7 | 8 | 9 | | 11 | 12 |
| | 13 | | | 16 | 17 | 18 | 19 |
| | 20 | | 22 | 23 | 24 | | 26 |
| | 27 | | | | | 1 | |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | 9 |
| | 10 | 11 | 12 | 13 | | 15 | 16 |
| | 17 | | | | 21 | 22 | 23 |
| | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 1 | 2 |
| 3 | 3 | 4 | 5 | | 7 | | |
| | 10 | 11 | | | | 15 | 16 |
| | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |

2019.01.31現在（予定を含む）

- 放射線安全管理学会（愛知）で研究発表
- POへの途中経過報告（東京）
- 分子研放射光実験加速器施設（愛知）調査
- 成田記念陽子線治療加速器施設（愛知）調査
- 群馬大重粒子線治療加速器施設（群馬）調査
- 放射化イメージング（テスト）
- 先端医薬薬学センター（石川）サイクロトロン調査
- 小委員会３WG（茨城）
- 研究会「放射線検出器とその応用」（茨城）で研究発表
- 専門研究会「放射化分析及び…」（大阪）で研究発表
- 大学等放射線施設協議会（東京）で研究発表
- 国がん東病院陽子線治療加速器施設（千葉）調査
- 広島大放射光実験加速器施設（広島）調査
- 第４回小委員会３（東京）
- 放射化イメージング（テスト）
- 第５回小委員会１（東京）
- 第３回小委員会２（東京）
- 規制庁成果報告会（東京）で成果発表
- 立命館大放射光実験加速器施設（滋賀）調査
- タングステン遮蔽調査（佐賀）
- 第４回本委員会（未定）
- 「環境放射能」研究会（茨城）で研究発表

# ①規制対象施設・規制対象範囲の明確化　12

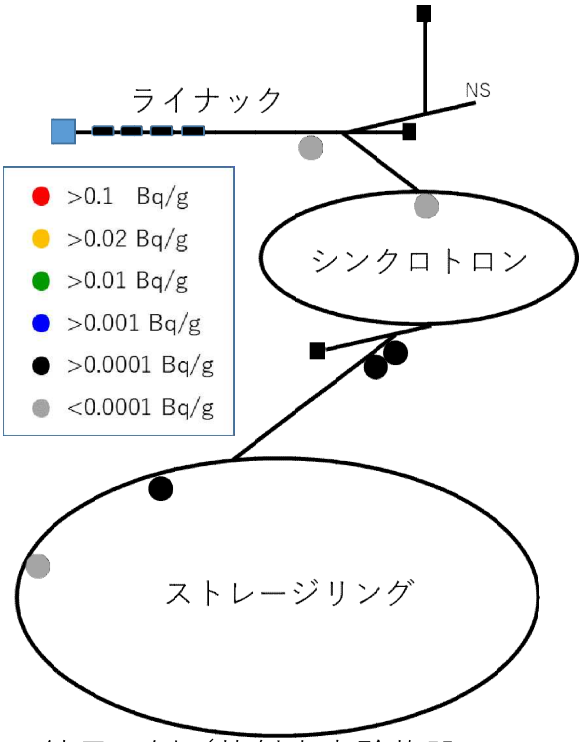
## 加速器施設の放射化調査による測定不要部の洗い出し

**2018年度**

陽子線治療施設

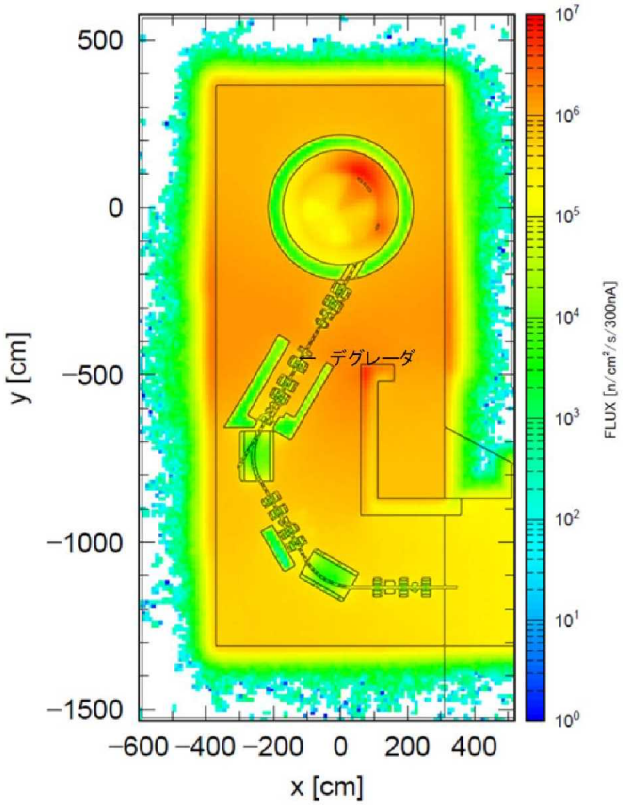
重粒子線治療施設

放射光実験施設



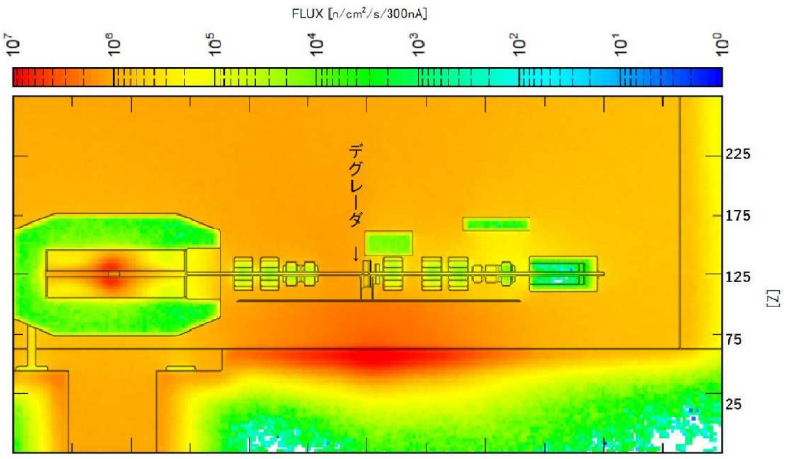

結果の例（放射光実験施設SPring-8の30年運転後の放射能濃度推測）

# ①規制対象施設・規制対象範囲の明確化 13




## 計算コードによる放射化分布の予測

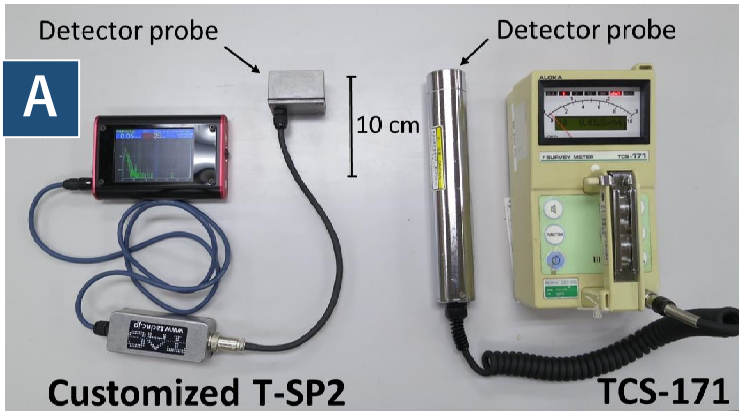
静電加速器施設，粒子線治療加速器施設，放射光実験加速器施設における放射化分布の予測をモンテカルロ計算でも行い，実験値と比較した。




モンテカルロ計算コードによる熱中性子のフラックス分布計算結果例（陽子線治療施設）

# ②非汚染・非放射化の評価手順の検討 14

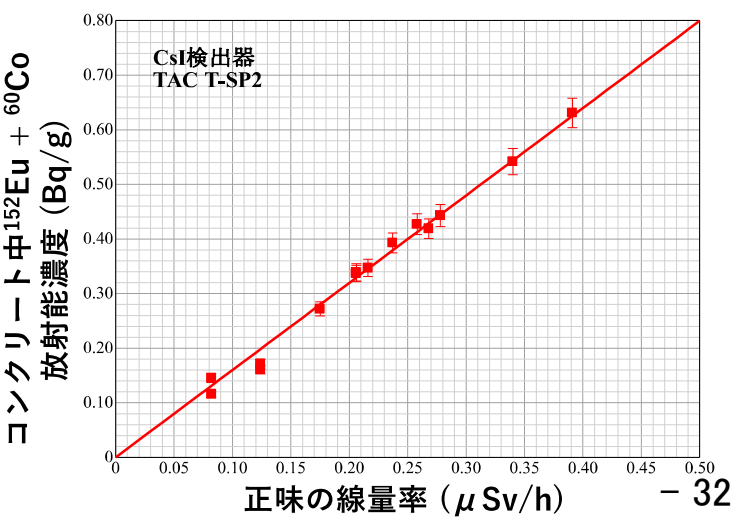
## 実用的な測定方法の確立



**コンクリートに対するサーベイメータによる放射化測定法を確立した。**

**従来法に比べて格段に簡便に放射能の定量及び放射化の判定が可能。**

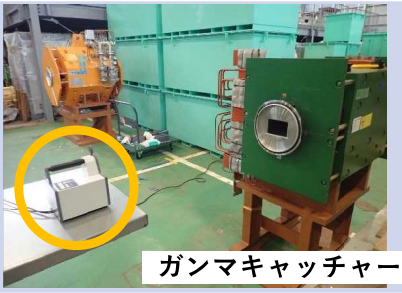
**実用可能なレベルに達した。**



## ②非汚染・非放射化の評価手順の検討 15

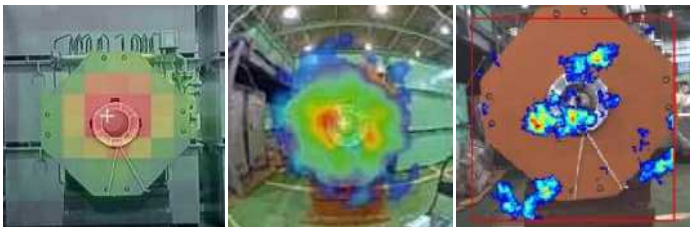
### 放射化イメージング

異なる３方式の市販品を用いて放射化電磁石の撮影を実施

| ピンホール方式 | コンプトン方式 | マスク方式 |
|---|---|---|
| HGD-E1500 |  ガンマキャッチャー | iPIX |

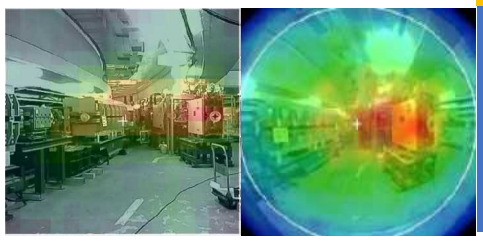
**2017年度　孤立した電磁石**

ピンホール　コンプトン　マスク



**2018年度　ビームライン設置の電磁石**

ピンホール　コンプトン　まとめ



まとめ：可視化に成功

検出効率が最重要

## ③廃止マニュアルの作成 16

4回の委員会の開催、日本放射線安全管理学会学術大会およびシンポジウムで検討内容を報告により、マニュアル作成に関しての意見交換を行った。

放射線発生装置に関するマニュアル案を作成した。

現在、放射線発生装置にとどまらず、放射線障害防止法に係わる全ての施設の廃止手順をまとめるべく、放射線安全管理学会の協力で進めている。

# 研究成果発表 17

## 国内学会等 1

**2018年度 13件, 2017年度 4件**

- 吉田剛ら，「**加速器施設廃止時における放射線イメージング技術適用の検討**」，高エネルギー加速器研究機構，茨城県つくば市，第20回「環境放射能」研究会，2019年3月12日～14日
- 吉田剛ら，「**シンチレーション式スペクトロメーターを用いたPETサイクロトロン施設コンクリートの放射化判定法の開発**」，高エネルギー加速器研究機構，茨城県つくば市，第33回研究会「放射線検出器とその応用」，2019年1月28日～30日
- 吉田剛ら，「**加速器施設廃止時における非破壊でのコンクリート放射化判定手法の開発**」，京都大学複合原子力科学研究所，大阪府泉南郡，京都大学複合原子力科学研究所 専門研究会「放射化分析及び中性子を用いた地球化学的研究-2-」，2019年1月25日
- 松村宏，「**原子力規制庁の放射線安全規制研究推進事業　加速器施設の廃止措置に関わる放射化物の測定・評価手法の研究**」，大学等放射線施設協議会・加速器放射線安全検討委員会，東北大学東京サイト，東京都中央区，2019年1月25日
- 松村宏，「**放射線施設廃止措置マニュアルの改定 －放射化物の測定－**」，日本放射線安全管理学会 第17回 学術大会，名古屋大学　野依学術記念交流館，愛知県名古屋市，2018年12月5日～7日
- 松村宏，「**加速器施設の廃止措置に関わる放射化物の測定・評価手法の研究**」，第2回大学加速器連携協議会，まちなかキャンパス長岡，新潟県長岡市，2018年8月8日
- 桝本和義ら，企画講演「**静電加速器施設の放射化に関する調査報告**」，第31回 タンデム加速器及びその周辺技術の研究会，東京都市大学 二子玉川夢キャンパス，東京都世田谷区，2018年7月13日～14日
- 桝本和義ら，「**放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改訂-放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改定に向けて　5―1．静電加速器施設の放射化調査**」，第15回 日本放射線安全管理学会6月シンポジウム，東京大学農学部弥生講堂，東京都文京区，2018年5月24日～25日
- 延原文祥ら，「**放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改訂-放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改定に向けて　5―2．静電加速器施設におけるモンテカルロ計算**」，第15回 日本放射線安全管理学会6月シンポジウム，東京大学農学部弥生講堂，東京都文京区，2018年5月24日～25日
- 豊田晃弘ら，「**放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改訂-放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改定に向けて　5―3．国立循環器病研究センター研究所におけるPETサイクロトロン施設の放射化調査**」，第15回 日本放射線安全管理学会6月シンポジウム，東京大学農学部弥生講堂，東京都文京区，2018年5月24日～25日
- 松村宏ら，「**放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改訂-放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改定に向けて　5―4．放射化物の線量および放射能測定評価手法の開発**」，第15回 日本放射線安全管理学会6月シンポジウム，東京大学農学部弥生講堂，東京都文京区，2018年5月24日～25日

# 研究成果発表 18

## 国内学会等 2

**2018年度 13件, 2017年度 4件**

- 吉田剛ら，「**放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改訂-放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改定に向けて　5―5．放射化物の放射線イメージング技術の検討**」，第15回 日本放射線安全管理学会6月シンポジウム，東京大学農学部弥生講堂，東京都文京区，2018年5月24日～25日
- 松村宏，「**放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改訂-放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改定に向けて　5―6．2018年度安全研究計画について**」，第15回 日本放射線安全管理学会6月シンポジウム，東京大学農学部弥生講堂，東京都文京区，2018年5月24日～25日
- 吉田剛ら，「**放射線安全規制研究推進事業「加速器施設の廃止措置に係わる放射化物の測定，評価手法の確立」の活動について**」，第１９回「環境放射能」研究会，高エネルギー加速器研究機構，茨城県つくば市，2018年3月13日～3月15日
- 松村宏，「**2.非汚染・非放射化の評価手順の検討**」，日本放射線安全管理学会12月シンポジウム，東京大学農学部弥生講堂一条ホール，東京都文京区，2017年11月30日～12月1日
- 豊田晃弘ら，「**加速器室放射化コンクリート壁中の放射性核種の非破壊放射能濃度測定法の検討(1)－サイクロトロン室の廃止措置のために－**」，日本保健物理学会第50回研究発表会/日本放射線安全管理学会第16回学術大会合同大会，ホルトホール大分，大分県大分市，2017年6月28日～30日
- 中林貴之ら，「**加速器室放射化コンクリート壁中の放射性核種の非破壊放射能濃度測定法の検討(2)－サイクロトロン室の廃止措置のために－**」，日本保健物理学会第50回研究発表会/日本放射線安全管理学会第16回学術大会合同大会，ホルトホール大分，大分県大分市，2017年6月28日～30日

## 国際会議

**2018年度 4件**

- H. Matsumura *et al.*, **"Simplified determination method of residual specific activity in activated concrete of a PET-cyclotron room using a survey meter,"** 13th International Symposium on Nuclear and Environmental Radiochemical Analysis: ERA13, Cambridge, United Kingdom, September 17-20, 2018.
- G. Yoshida *et al.*, **"Comparison of different gamma-ray imaging techniques for visualization of the induced activity in accelerator magnets,"** 13th International Symposium on Nuclear and Environmental Radiochemical Analysis: ERA13, Cambridge, United Kingdom, September 17-20, 2018.
- H. Nakamura *et al.*, **"Examination of neutron fluence measuring methods to estimate the activity induced by neutrons in an accelerator room,"** 13th International Symposium on Nuclear and Environmental Radiochemical Analysis: ERA13, Cambridge, United Kingdom, September 17-20, 2018.
- A. Toyoda *et al.*, **"Quantitative evaluation of the radioactivity in the concrete at PET cyclotron facility with simple and non-destructive measurement,"** 13th International Symposium on Nuclear and Environmental Radiochemical Analysis: ERA13, Cambridge, United Kingdom, September 17-20, 2018.

# 研究成果発表 19

## プロシーディングス 2018年度 6件

- 桝本和義，松村　宏，三浦太一，吉田 剛，豊田晃弘，中村　一，別所光太郎，中林貴之，延原文祥，笹公和，森口哲朗，土田秀次，松山成男，松田誠，谷池晃，「**放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改訂-放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改定に向けて　5―1．静電加速器施設の放射化調査**」，日本放射線安全管理学会誌，17 (2), (2018), 163
- 延原文祥，長島洋子，桝本和義，松村　宏，三浦太一，吉田　剛，豊田晃弘，中村　一，別所光太郎，中林貴之，笹公和，森口哲朗，土田秀次，松山成男，松田誠，谷池晃，「**放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改訂-放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改定に向けて　5―2．静電加速器施設におけるモンテカルロ計算**」，，日本放射線安全管理学会誌，17 (2), (2018), 164
- 豊田晃弘，松村　宏，桝本和義，三浦太一，吉田　剛，中村　一，別所光太郎，中林貴之，「**放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改訂-放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改定に向けて　5―3．国立循環器病研究センター研究所におけるPETサイクロトロン施設の放射化調査**」，日本放射線安全管理学会誌，17 (2), (2018), 167
- 松村宏，吉田　剛，豊田晃弘，桝本和義，西川功一，中林貴之，宮崎吉春，三浦太一，中村　一，別所光太郎，「**放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改訂-放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改定に向けて　5―4．放射化物の線量および放射能測定評価手法の開発**」，日本放射線安全管理学会誌，17 (2), (2018), 170
- 吉田　剛，豊田晃弘，松村　宏，桝本和義，三浦太一，中村　一，別所光太郎，「**放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改訂-放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改定に向けて　5―5．放射化物の放射線イメージング技術の検討**」，日本放射線安全管理学会誌，17 (2), (2018), 172
- 松村　宏，「**放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改訂-放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアルの改定に向けて　5―6．2018年度安全研究計画について**」，日本放射線安全管理学会誌，17 (2), (2018), 175

# 評価委員会による評価結果のコメントへの対応 20

## 評価結果のコメント

廃棄物低減化技術として重要であり、廃止マニュアルを完成されたい。

また、代表的な施設だけでなく、より多くの施設に対するヒアリングを追加し、標準化の段階まで進めることを期待する。

## 対応

2018年度版の廃止マニュアルは提出された。2019年度から始まる事業において，さらに発展させるための測定評価マニュアルの作成を行う予定である。

また，放射化調査に関しては，2019年度からの事業で，さらなる調査施設の増加を行い，標準化を目指す。

# 研究成果の放射線規制及び放射線防護分野への活用 21

## ①規制対象施設・規制対象範囲の明確化の研究成果

静電加速器施設，粒子線治療加速器施設，放射光実験加速器施設の放射化／非放射化の領域を明確化がされたことで，規制側は放射線規制範囲をあらかじめ決めることが可能になる。施設側は廃止措置の手順を大幅に省略化することが可能になる。

## ②非汚染・非放射化の評価手順の検討の研究成果

廃止措置前及び廃止措置時の放射化測定・判定の方法が簡略化され，効率的な作業が可能になる。実施設（先端医薬薬学センター，石川県）で，本研究による手法が実行され，その有用性も証明された。

## ③廃止マニュアルの作成の研究成果

廃止マニュアルの作成は、まさに今後廃止措置を進める事業所にとって実務的に役立つことが期待される。

原子力・医療従事者等の標準的な水晶体の等価線量モニタリング、適切な管理・防護はどうあるべきか？～水晶体被ばくの実態から探る～　（原子力規制庁放射線安全規制研究戦略的推進事業）

背景・目的　水晶体等価線量限度の規制への円滑な取入れ・運用のため、原子力・医療従事者等の水晶体の被ばくの実態を踏まえ、標準的な水晶体の線量モニタリング方法、防護策を含めた適切な管理のあり方を提案。

実施内容

原子力分野

**高線量・不均等被ばく作業者の実機での線量調査（発電所・非破壊）**
対象者135名

各国の線量限度取入れ状況調査

**過去データ分析（研究施設）実機・標準場での実験研究**

ファントム実験（1Fほか）

医療分野

**医療従事者の線量測定及び教育プログラム開発**
- 実態調査：12施設、1学会
- 被ばく低減対策の検討
- 教育資料作成及び検証
- 高線量従事者の再測定

**不均等被ばく管理状況アンケート**
不均等被ばく運用の実態（内規等の有無）をweb調査（151件）。

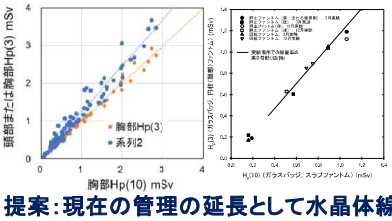
**透視以外の検査介助者の評価・検討**
CT及び一般撮影時の介助を模擬した実験、計算コードによる水晶体線量評価

**標準的なモニタリング、適切な管理・防護のあり方を提案**
意見具申内容の検討、上記実態を踏まえた管理等のあり方を検討。

**関連学会、事業者、研究所等と連携**

成果　**水晶体線量モニタリング、防護、管理に必要なデータ取得・提案。**

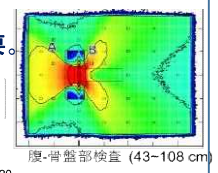
原子力分野（非破壊検査含）

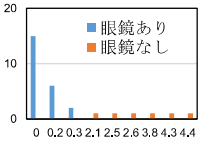



以下の知見を取得。
- 胸部・頭部線量関係（γ線場）
- 防護マスクの水晶体線量の低減効果（β線場）
- Hp(10)、Hp(3)の照射条件の違い等

**提案：現在の管理の延長として水晶体線量を管理。**
**課題：管理基準の考え方等に対する共通認識が必要。**

医療分野
- 高線量被ばく手技、教育・防護策の有効性を確認。
- 患者介助時の防護眼鏡の着用の必要性及び防護策の検討に資するデータを取得。
- 不均等被ばく管理対応の施設間差異の知見取得。




**提案：既存の防護具等で被ばく低減を実施すべき。**
**課題：測定・防護方法等の周知と教育が必要。**

意見具申内容への提案

水晶体等価線量限度に関する規制見直しにあたり、眼の近傍での測定を追加的な選択肢として提示すること、「眼の近傍」を直接測定するために適切な位置とし、測定部位の線量勾配等を考慮するとともに、眼に近いほど望ましいとすることを提案。

結論
- **意見具申の規制取入れにあたり、水晶体の眼の近傍での測定についての追記と定義が必要である。**
- **原子力分野及び医療分野ともに、既存の防護策、管理方法により、水晶体の等価線量限度を遵守することは可能である。**
- **ただし、管理基準の考え方等に対する共通認識や防護策等に対する周知・情報共有のため、ガイドラインが必要である。**



平成30年度放射線安全規制研究戦略的推進事業

# 原子力・医療従事者等の標準的な水晶体の等価線量モニタリング、適切な管理・防護はどうあるべきか？～水晶体被ばくの実態から探る～

## 研究成果報告(事後評価)

主任研究者　横山　須美（藤田医科大）
分担研究者　辻村　憲雄（原子力機構）
分担研究者　大野　和子（京都医療科大）
分担研究者　藤淵　俊王（九大）

# 研究目的

原子力・医療従事者等の水晶体の被ばくの実態を踏まえ、標準的な水晶体の線量モニタリング方法、防護策を含めた適切な管理のあり方を提案

| | 研究課題 | 担当者 |
|---|---|---|
| 1 | 原子力発電所等における水晶体の等価線量の実態調査及び標準モニタリング手法と適切な管理、防護策の検討・提案 | 横山 須美 |
| 2 | 原子力研究施設における水晶体被ばくの調査とファントムを用いる水晶体等価線量測定の実験的研究 | 辻村 憲雄 |
| 3 | 医療施設における水晶体の等価線量の実態調査と効果的な教育プログラムの開発 | 大野 和子 |
| 4 | 医療機関における不均等被ばく管理の実態と非透視検査での水晶体等価線量の測定・評価方法に関する研究 | 藤淵 俊王 |

保健物理、医学分野の関連学会、事業者、産総研との連携実施

# 1. 原子力発電所等における水晶体等価線量の実態調査 概要及び進捗状況

横山須美、江崎巌、谷村嘉彦、立崎英夫、立木秀一、平尾茂一、青木克憲

## 1） 実機での測定・分析：

- ✓ 対象施設（福島第一（1F），その他発電所，非破壊検査）： 6施設
- ✓ 線量計着用試験者数 ： 142 名
- ✓ 対象作業：

1F ： 高β（タンク解体，昨年度）、高γ（原子炉建屋周辺）
その他発電所 ： 定期検査・廃止措置作業
原子炉容器開放、蒸気発生器マンホール開放、
原子炉容器点検工事、蒸気発生器細管検査、
格納容器内調査、ドライウェル内配管切断（廃止措置）、
放射線管理作業等
非破壊検査 ： 石油コンビナート等，γ線源及び200kV-X線源利用作業

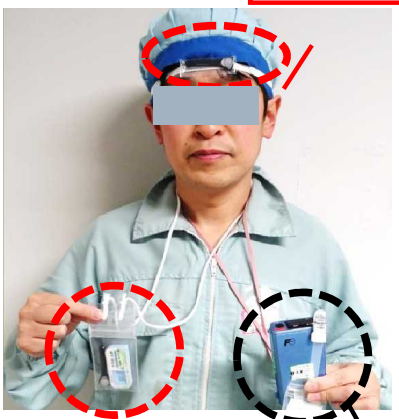
今年度は、施設数、調査項目を増やすとともに、確認追加調査。

## 2）文献・過去データ調査：

- ✓ 各国の水晶体線量限度、研究現状等調査（英、仏、スウェーデン等）

# 1. 原子力発電所等における水晶体等価線量の実態調査 調査方法

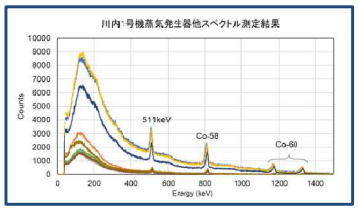
着用試験




空間線量率測定（電離箱）

マンホール表面

弁分解点検作業場

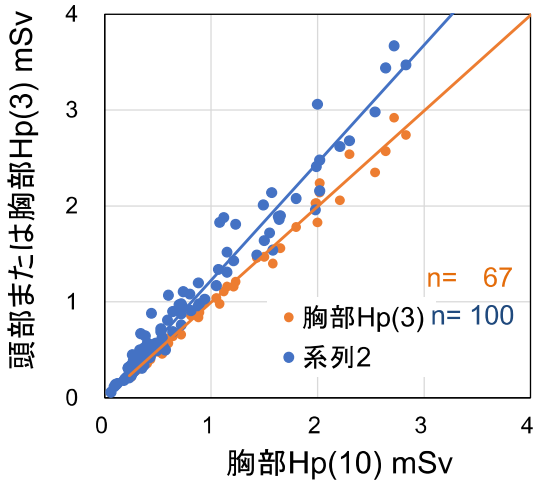



γ線エネルギー
スペクトル測定
（CZTスペクトロメータ）

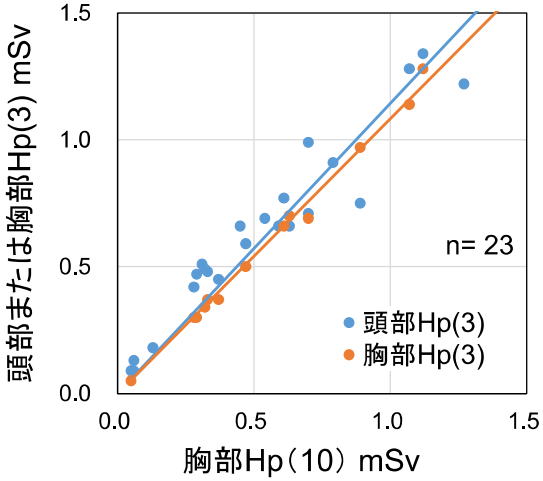
5

# 1. 原子力発電所等における水晶体等価線量の実態調査 着用試験結果

原子力発電所（1Fタンク解体除く）




非破壊検査




- ✓ H‘(0.07）＞H*(10)になる可能性がある場：蒸気発生器マンホールは近傍（開放時）等
- ✓ 着用試験結果では、Hp(0.07)≒Hp(3) ≒Hp(10)
  定期検査時の主な核種：Co-58&60（Eβmax＜700keV） 低エネルギーγ割合も低い
- ✓ Hp(3)/胸部Hp(10)＞1.5となることがある対象者：
  原子炉容器点検工事、開放作業、蒸気発生器細管検査付帯工事等に従事。
- ✓ 頭部Hp(3) /胸部 Hp(10)： γ･X線場（1F含む）では ~ 1.2（最大 2.0）
  長期間（1週間以上）着用時にも頭部/胸部比に低下傾向がみられなかった。
  作業内容や長期的モニタリングから眼近傍の線量計の必要性を判断
- ✓ 1Fのβ線場においては、全面マスク内Hp(0.07)/外Hp(0.07) 比が0.17±0.09（γ含む）

6 – 39 –

# 1. 原子力発電所等における水晶体等価線量の実態調査 成　果

（1） 比較的高線量・不均等被ばくをともなう可能性のある原子力発電所（1Fのγ線場を含む）の作業を抽出し、従事者の頭部・胸部線量及び空間線量率測定等を実施した。対象者の頭部/胸部線量比（平均約1.2）を明らかにした。一部の従事者で、他の従事者よりも頭部/胸部線量比が若干高かった（1.5～2）。しかしながら、原子力発電所の水晶体被ばく管理は、従来の管理の延長上で対応可能であると考える。

（2） 高線量被ばくをともなう従事者に対しては、不均等被ばくの定義、線量測定の不確かさ、長期的なモニタリングや作業実施内容を十分に検討した上で、頭部線量計着用の必要性に関しては、慎重に判断すべき。

（3） ガイドライン等を策定し、新しい水晶体の等価線量限度を遵守するための線量基準や測定方法等を定めることが適当である。

（4） β線場（γ線混在場を含む）において、内部被ばく防護のために全面マスクを着用した場合、全面マスクの遮蔽により大幅に水晶体等価線量が低減（約20%）することを明らかにした。適切な水晶体線量管理のためには、現行法令では規程されていない全面マスク内側の線量計で水晶体の線量算定・記録を行うことが適当である。

（5） 非破壊検査作業においては、ほぼ均等被ばくとみなすことができる。実効線量が線量限度を超えるおそれのある従事者は、ほとんどいないため、従来管理（体幹部基本部位での測定）で十分対応可能である。

7

# 2. 原子力研究施設における水晶体被ばくの調査とファントムを用いる水晶体等価線量測定の実験的研究—研究概要

参加者：辻村憲雄，吉富寛，星勝也，山崎巧，西野翔，青木克憲，谷村嘉彦（以上，原子力機構），大口裕之（千代田テクノル）

研究目的：

- 原子力研究施設における水晶体被ばくの現状調査と対策検討
- 作業現場の放射線場と水晶体等価線量の関係の定量的把握

研究項目

1. 原子力機構での過去の水晶体被ばく調査
2. 東電1Fでのフィールド実験

   横山らが実施する「作業者による水晶体線量計着用実験」の支援を目的とするγ線・β線スペクトル測定とファントム実験
3. γ線及びβ線校正場での頭部ファントムを用いる照射実験

8 － 40 －

## 2. 原子力研究施設における水晶体被ばくの調査とファントムを用いる水晶体等価線量測定の実験的研究—進捗

1. 原子力機構での過去の水晶体被ばく調査（完了）
   - 核サ研のMOX燃料施設（2002～2014年度），同再処理施設（1983，1993年度）及び原科研ホットセル（1995～2014年度）での過去の被ばくデータの分析を実施した。
2. 東電1Fでのフィールド実験（完了）
   - 平成29年11～12月，平成30年3月及び12月の計3回実施
     - 主たる作業場現場でγ線及びβ線スペクトルを測定
     - 人体形状ファントム（静止及び回転）での着用部位毎の個人線量計の指示値の関係の評価
     - 分担研究者ら自らが着用した個人線量計指示値との比較
3. γ線及びβ線校正場での頭部ファントムを用いる照射実験
   - 曝露ジオメトリ（前方照射と回転照射），線量計取付位置及び全面マスク有無による線量計指示値の変化

9

## 2. 原子力研究施設における水晶体被ばくの調査とファントムを用いる水晶体等価線量測定の実験的研究—成果

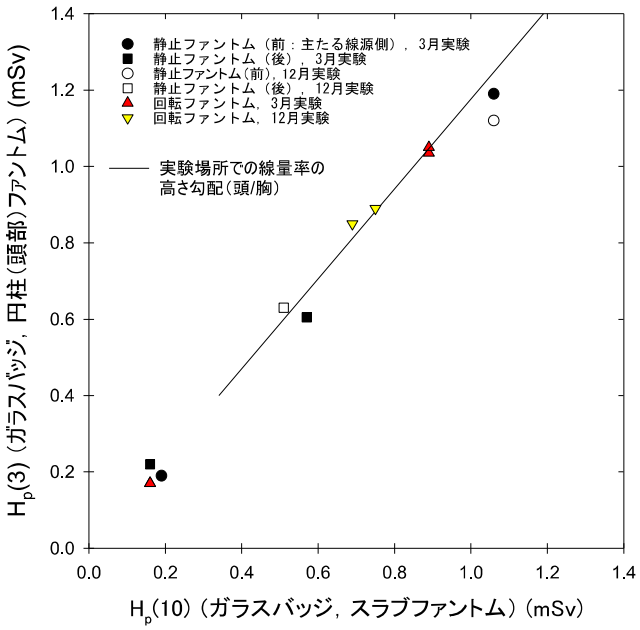
(1) 原子力機構において，水晶体に高線量・不均等な被ばくを受ける作業を抽出し，過去の被ばく実績を調べた。20 mSv/年を超える事例は僅かであり，体幹部不均等被ばく管理の一部としてこれまで行ってきた水晶体被ばく管理の延長で対応可能である。

(2) 頭部ファントムを用いた照射実験により，曝露ジオメトリによって体幹部Hp(10)と水晶体Hp(3)との関係がどのように変化するかを明らかにした。また，線量計取付位置による線量計指示値の変化，全面マスクによるγ線及びβ線の遮へい効果を明らかにした。

10

## 2. 原子力研究施設における水晶体被ばくの調査とファントムを用いる水晶体等価線量測定の実験的研究—成果

(3) 1F作業現場に据え置いたファントム実験から,体幹部Hp(10)に対する水晶体Hp(3)の比が1.1～1.3になることが確認された。



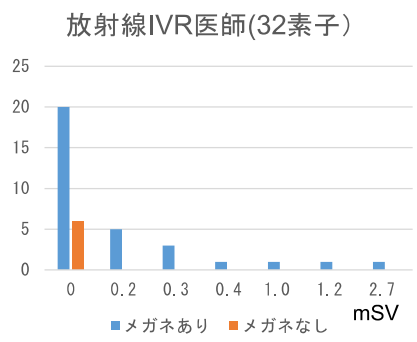
11

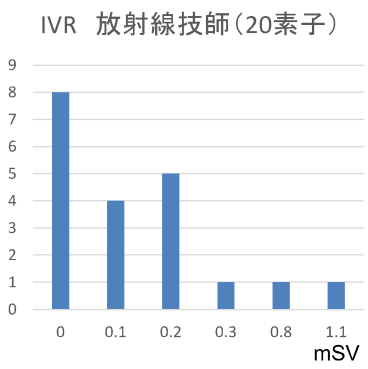
## 3. 医療施設における水晶体の等価線量の実態調査と効果的な教育プログラムの開発 概要及び進捗状況（大野和子）

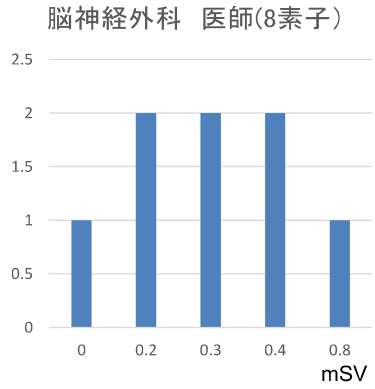
1. 実態調査
   12施設、1学会（歯科放射線学会）を対象とした水晶体の等価線量の実態調査をとりまとめた。
2. 水晶体の被曝線量をさらに低減するための対策を明らかにした。
3. 術者の被曝低減教育のための資料を作成し、教育効果を検証した。
4. 被曝線量が高い従事者を対象とした再計測と、追加の領域（診療所での透視手技）についての計測を予定した。

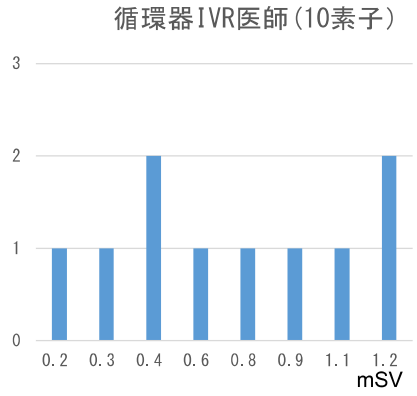
12 – 42 –

# 3．1実態調査のまとめ1（1ヶ月間の水晶体線量）



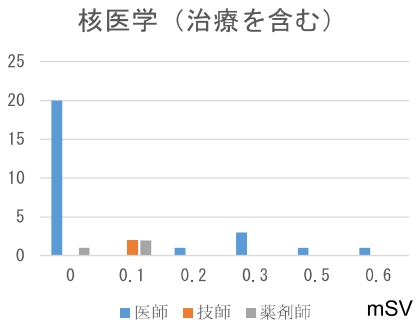



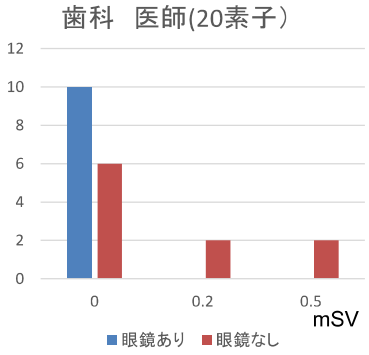



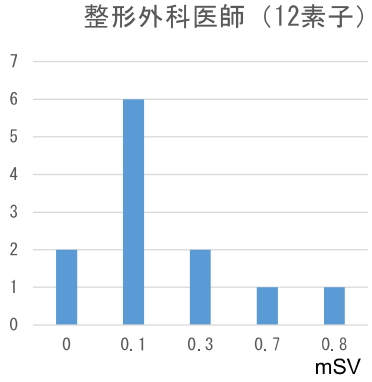

防護眼鏡はほとんどの医師が装着していた。
年間20mSvを超える恐れがある、放射線科医師1名の診療内容は、特殊な手技であるCT透視下の腫瘍治療手技であった。
技師以外のコメデイカルや小線源治療に伴う被曝は低かった。

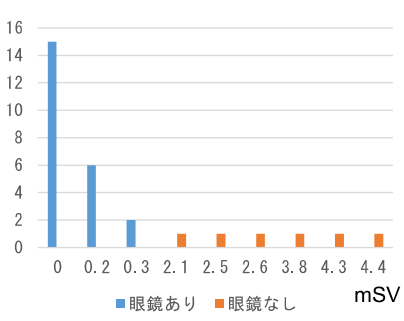
13

# 3．1実態調査のまとめ2（1ヶ月間の水晶体線量）




核医学診療で比較的被曝が多い医師は、治療（患者投与量は数GBq）担当者であった。
歯科医師の最も被曝の多い者は、検死のための撮影を行っていた。
年間20mSvを超える恐れがある、消化器内科医師の人数は3名であった。

14

## 3．2　研究の成果1：各手技に有効な被曝低減策

| 手技 | 対策 |
|---|---|
| CT透視下の腫瘍治療 | CT専用の遮蔽板を必ず利用すること。被曝線量は90%程度低減できる。 |
| 整形外科の透視治療 | 透視の線量率を手技毎に変更すること。術者の立ち位置を管球から可能な範囲で遠位にする。 |
| 消化器内科の治療 | 拡大透視を減らす。患者に防護衣をかけて散乱線を低減する。 |
| 歯科撮影 | 検死口内撮影時の防護眼鏡の装着（注：検死では一度に10枚以上の口内フィルムを検死体に入れて撮影するため1ヶ月間の撮影枚数が極端に多くなる）。 |

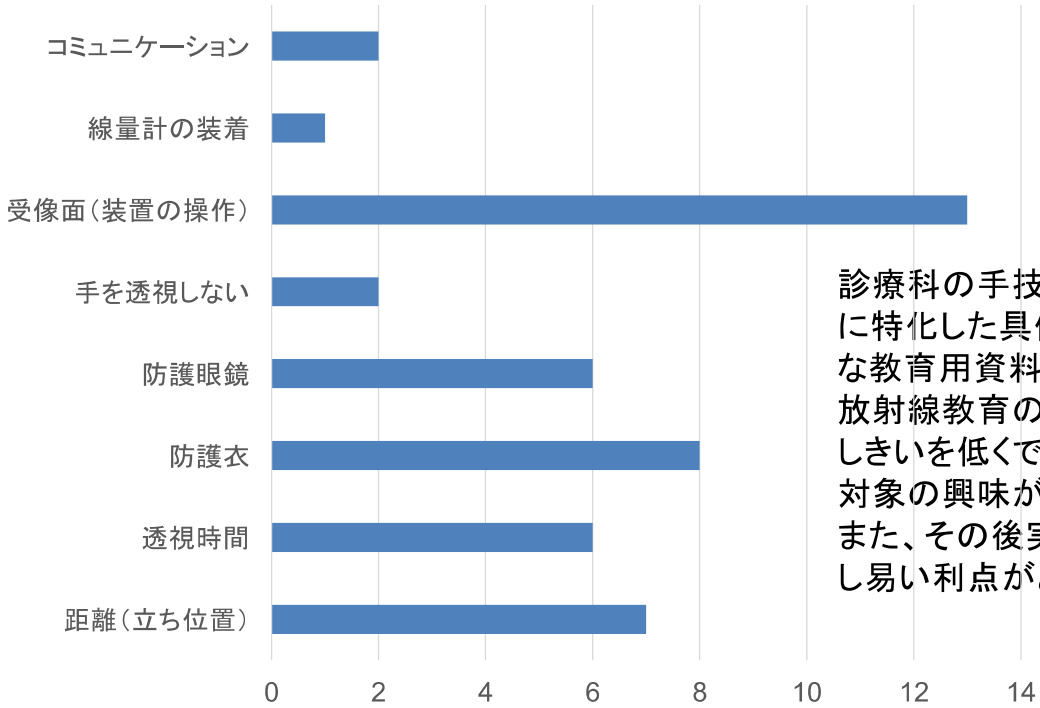
CT専用遮蔽板を用いガントリーを塞いでいる様子

15

## 3．3　術者教育と教育効果のまとめ

整形外科診療に関与するスタッフ28名を対象とした教育を実施した。
放射線防護に関する講義は過去にほとんど受けた経験がない。
終了後のアンケートでは全員が教材内容がちょうど良いと解答した。

明日から実践できると思った内容(28名複数回答)




診療科の手技に特化した具体的な教育用資料は放射線教育のしきいを低くできる。対象の興味がわきまた、その後実践もし易い利点がある。

16

## 3．3　術者教育と教育効果からの成果
## 効果的なプログラム

1．職場教育資料を作成する
　　ー放射線の性質や生物影響の総論への興味はない。

2．医師を含むメデイカルスタッフ全員で学習する内容とする。

3．診療科の手技を用いる
　　ー般的な内容や他科の手技を説明されても困惑するのみ。

4．リアルタイム線量計の数値の変化を記録し提供する
　　ー具体的な防護効果を自然に理解できる。

5．学習時間は教育資料閲覧と改善策協議を合わせて1時間以内が良い。ー医療現場の通常の現場教育時間に合わせる。

17

## 4. 医療機関における不均等被ばく管理の実態と非透視検査での水晶体等価線量の測定･評価方法に関する研究
（分担研究者：藤淵俊王）

### 1. 医療機関における不均等被ばくの管理状況のアンケート調査

アンケート実施期間：2018年4-6月、回答有効回答数：151件

（回答の概要）

- 400床以上の大規模病院が半数、80%は血管造影、96%はTV透視施行施設
- 不均等被ばく管理の基準について、内規等を所持する施設：約20%、口頭もしくは慣習：50%、基準のない施設：30%
- 防護メガネの所有率について、TV透視室：60%、血管造影室：95%、一般撮影室：11%、CT室：16%

### 2. 透視以外の検査介助等における水晶体被ばく評価

CTおよび一般撮影の介助時の水晶体線量についてファントム測定およびモンテカルロ計算による評価を実施

- ファントム測定の結果、CT1検査での介助で約100μSvの水晶体線量。腹部CTではガントリの反対側に回った際に被ばく量が低減
- モンテカルロ計算でもファントム測定と同様の傾向を確認

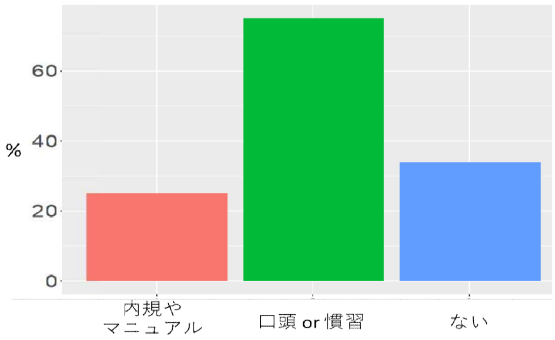
# 4.1 医療機関における不均等被ばくの管理状況のアンケート調査結果

アンケート回答数153件（有効回答数151件）
施設概要：75施設は400床以上（121施設は血管造影施行、うち75施設は血管撮影1000件/年以上、145施設はTV透視施行、うち99施設はTV透視1000件/年以上）

## 1．不均等被ばく管理を行う基準の有無

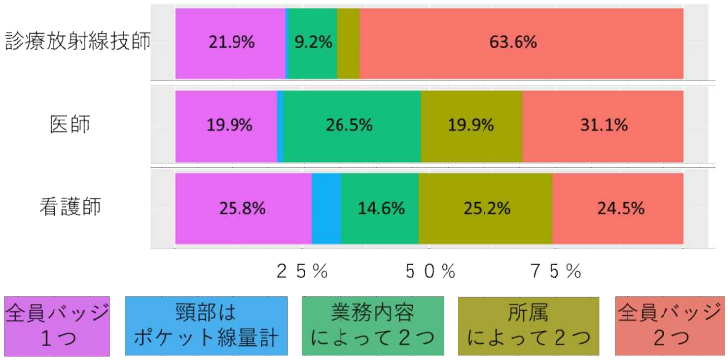
内規やマニュアルを所持する施設、口頭や慣習で管理する施設が7割程度であるが、基準のない施設も3割

自由記載回答欄：手引きが欲しい、制度が必要、測定方法を統一してほしい



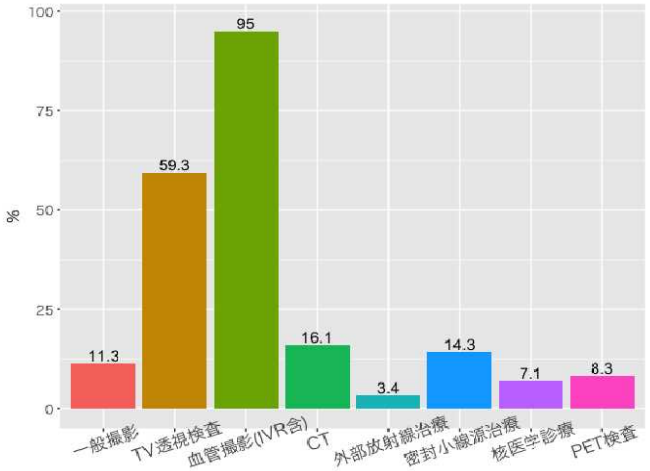

## 2．各職種の被ばく線量計測方法

施設により計測方法は異なる



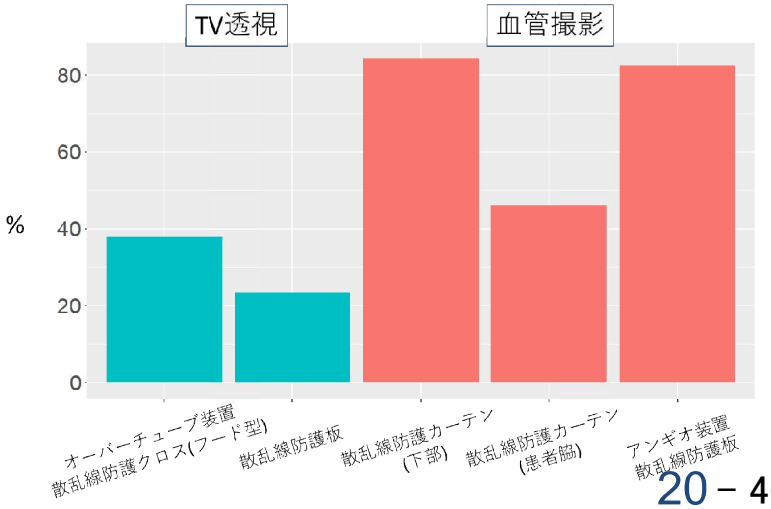

## 3. 放射線検査室別の防護メガネの所有率

TV透視、血管撮影では多くの施設で防護メガネを所有しているが、その他の診療室では2割以下の所有率



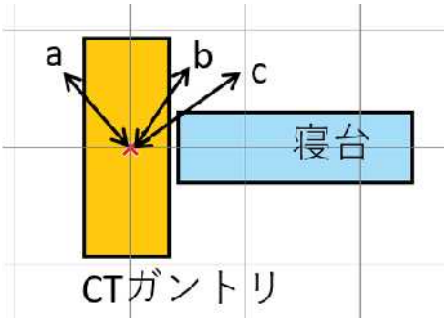

## 4. TV透視室、血管撮影室における防護メガネ以外の防護具の有無

血管撮影室では、防護カーテンや防護板が充実している施設が多かったが、TV透視室では所有率は低い。



## 2. 透視以外の検査介助等における水晶体被ばく評価結果

### 2.1 CT検査時の介助者位置での水晶体線量測定




CT検査での介助者（ファントム）の測定位置（天井から眺めた図）。aおよびbはCTガントリの中心から70cm、cは100 cmの位置

介助者を想定した頭部ファントム、防護メガネの内外にVision線量計を装着

ファントムによるCT検査時の水晶体線量評価
左：腹部CT、患者から100㎝離れた位置での介助者の水晶体線量評価、右：頭部CT、患者から70 cm離れた位置での介助者の水晶体線量評価

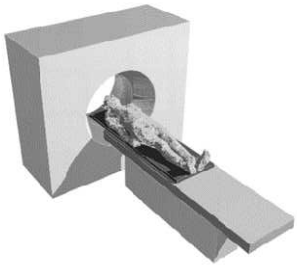
Table CT検査時における水晶体位置の線量　[mSv]

| 検査部位 | | 頭部 | | 胸部 | | 腹部 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| メガネ内外 | | 内 | 外 | 内 | 外 | 内 | 外 |
| 介助者の位置 | a | 0.13 | 0.26 | 0.13 | 0.36 | 0.06 | 0.15 |
| | b | 0.13 | 0.30 | 0.27 | 0.58 | 0.18 | 0.44 |
| | c | - | - | 0.13 | 0.20 | 0.09 | 0.18 |

＊120 kV、200 mA 、1 sec/rotの場合。スキャン長は、頭部；120 mm、胸部；305 mm、腹部；305 mm。介助者の位置は、左上図の点

### 2.2 CT検査時の室内の散乱線分布評価

CT検査室内の散乱線分布をモンテカルロ計算で詳細に評価



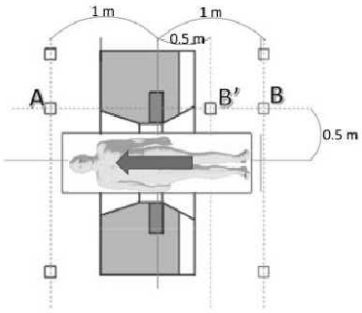
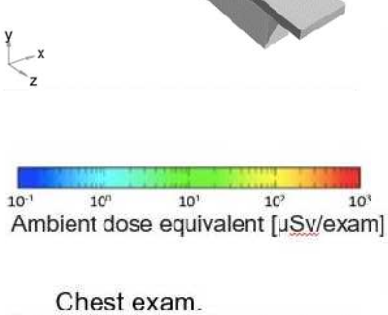
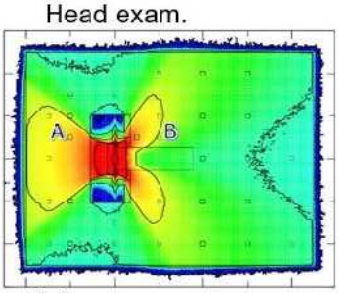
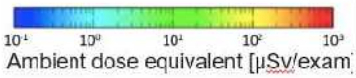


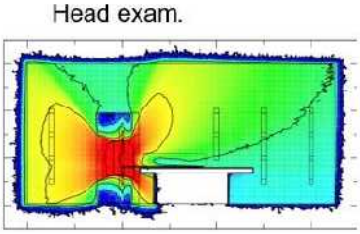

Table 各測定点における検査部位別空間線量

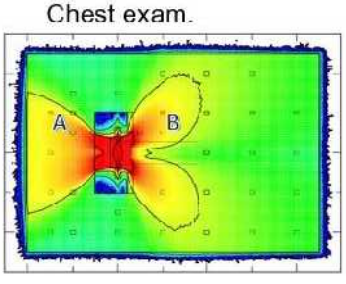
| 検査部位 | 各測定位置における空間線量 [μSv/100 mAs・scan] | | |
|---|---|---|---|
| | A | B’ | B |
| 頭部 | 199 | 336 | 46.2 |
| 胸部 | 304 | 685 | 145 |
| 腹部 | 261 | 1660 | 418 |

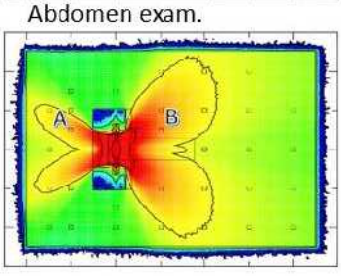


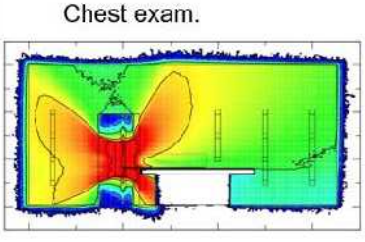



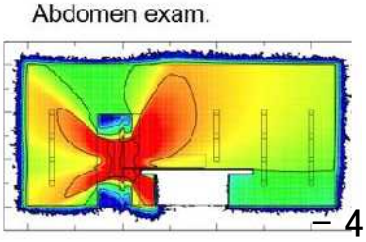



## 4.2 研究のまとめ・成果

### 1. 医療機関における不均等被ばくの管理状況のアンケート調査

- ✓ 不均等被ばく管理の基準は医療機関ごとで対応が異なっており、統一した基準が求められる
- ✓ 血管撮影室に放射線防護具は普及しているものの、他の放射線検査室においても被ばくを防護する対策を進める必要がある。

### 2. 透視以外の検査介助等における水晶体被ばく評価

- ✓ CT検査介助時の水晶体被ばくについて、検査時間はIVRや透視検査に比べ短いが、1介助当たりの被ばくは約100 μSvと高いことが明らかになった。
- ✓ CT検査や一般撮影においても防護メガネの積極的な着用が必要である。

## 5. 標準的なモニタリング手法、適切な管理、防護策の検討・提案　（横山、辻村、大野、藤淵）

**共　通**：

**提案**: より適切な水晶体の等価線量管理のため、規制等において、以下のことが明記されることが望まれる。

- 放射線審議会の部会報告書*に記載のある水晶体の等価線量測定のための線量計着用位置である「眼の近傍」の定義及び「眼の近傍での測定」について。
- 防護具（防護眼鏡等）により、大幅な被ばく低減が見込まれる場合の適切な水晶体の等価線量評価と労働時間の確保のため、「眼の近傍」において遮蔽された条件での水晶体の等価線量の測定が線量管理に使用可能となること。

事業者等が円滑な規制運用のための自主的な取り組みに活用できるよう、事業者、放射線防護の専門家等による共通理解のもと、各分野のガイドラインの作成が必要。

- 眼の近傍で水晶体の等価線量測定を開始するための判断基準（めやす）。
- 実効線量の不均等被ばく管理と水晶体の等価線量管理との調和。
- 線量測定結果に包含される不確かさ（線量評価ジオメトリの違い、姿勢等）。

**原子力分野**:

- 不均等被ばくをする従事者は限定的であるが、これらの従事者については長期的なモニタリングや作業内容から、慎重に頭部線量計の着用を検討する必要がある。
- 多くの従事者の水晶体の線量管理は、従来の管理方法（不均等被ばく管理を含む）の延長線上において可能。

* 放射線審議会，眼の水晶体の放射線防護検討部会，「眼の水晶体に係る放射線防護の在り方について」（2018）.

## 5. 標準的なモニタリング手法、適切な管理、防護策の検討・提案　（横山、辻村、大野、藤淵）

**医療分野**：これまでの研究成果より、以下のことを提案。

- 種々のエックス線透視手技を行う際に、適切な防護措置（遮蔽板の利用、防護眼鏡の利用）を用いることで、線量限度を遵守した医療の提供が可能となる。
- 医療関係者への実技に即した職場教育は医療関係者の修学意欲も高く、効果も大きい。
- 従事者の被ばく防護を考慮したデバイスの開発が未熟な領域においては、今後産学協同での開発が期待される。
- 一般撮影やCT時の介助として、家族に抑えてもらうことが前提であるが、それができない場合は医療従事者がせざるを得ず、1回当たりの被ばくが高いことから防護メガネの積極的な着用が必要である。
- 医療分野における不均等被ばく管理の基準を定める必要がある。（患者をX線室まで搬送する、通常放射線業務を行わない看護師等）

25

## 6. 評価委員会による評価結果のコメントへの対応

- 評価コメント：

1. 医療関係の調査が不十分である。

   対　応：　報告書内容を充実させた。

2. 「適切な管理のあり方の検討・提案」について報告書に記述すること。

   対　応：　報告書では、第6章に以下の提案をとりまとめた。

   - 意見具申の趣旨を踏まえた眼の水晶体の等価線量を算定するための線量計の測定位置の考え方。
   - 水晶体線量モニタリング・測定の考え方。
   - 各分野における水晶体の線量管理・防護策。
   - 業務の分配による被ばく低減策。

26 － 49 －

# 第6章　標準的な水晶体の等価線量モニタリング手法と適切な管理、防護策に対する提案

6.1　意見具申内容を補完する提案

6.1.1　既存のマニュアル、文献等の記載

6.1.2　意見具申の趣旨を踏まえた眼の水晶体の等価線量を算定するための線量計の測定位置の考え方の提案

6.2　各分野における水晶体の線量管理・防護に関する提案

6.2.1　水晶体線量モニタリング・測定の考え方

6.2.2　原子力発電所

6.2.3　原子力研究施設

6.2.4　医療分野　透視手技・核医学診療・放射線治療

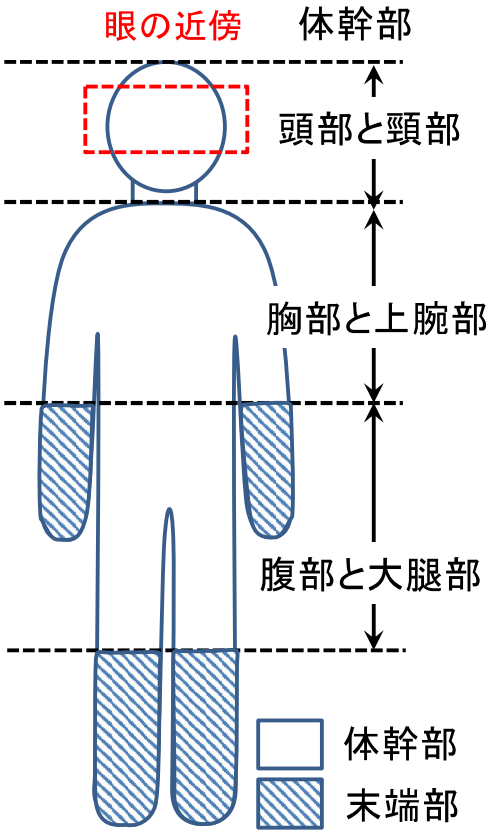
6.2.5　医療分野　一般撮影・CT介助、看護分野の観点から

6.2.6　水晶体等価線量モニタリングに用いる線量計

6.2.7　業務の分配による被ばく低減

27

# 水晶体等価線量算定のための追加測定位置




**提　案**

事業者等にとって水晶体の等価線量をより正確に算定することが必要となると見込まれる場合※1には、現行法令で義務付けられている装着位置に加え、「眼の近傍」で測定した結果を用いて眼の水晶体の等価線量を算定する。

眼の近傍とは、頭頸部のうち、眼の水晶体が受ける放射線量を直接測定するために適切な位置のことをいい、両眼で受ける線量が最も高い位置から、当該線量※2と有意な線量（率）勾配がないと判断できる位置までの範囲をいう。

※1　現行の測定方法では等価線量限度を超えるおそれがあるなどの場合。

※2　防護眼鏡等を装着している場合にあっては、防護眼鏡等の遮蔽効果を考慮して判断する。

また、眼の近傍で線量計を装着する場合、両眼からの距離が近いほど望ましい。

－ 50 －

# 水晶体線量モニタリング・測定の考え方

- 水晶体線量モニタリングの開始線量について、海外（ICRP、IAEA、ISO、IRPA、米国、欧州等）やわが国の指針類の記載を整理、検討。
- 現行規制における線量計着用位置、体幹部均等被ばく及び不均等被ばくの考え方、諸外国における指針類に記載されている眼の近傍において測定する線量基準（めやす）等を整理、眼の近傍での測定を開始する線量について検討。

## 提　案

水晶体線量モニタリング開始線量として、わが国の規制とも整合性のとれたICRP Publ. 75（IAEA GSG-7も同様）の考え方を導入とすることが適当。

線量限度に近い線量レベルでは、仏国の指針類等を参考に、作業内容を踏まえ、眼の近傍に線量計を着用する線量基準(めやす)を事業者が任意に定めて管理することが適当。

29

# 7. 研究成果の放射線規制及び放射線防護分野への活用

- 諸外国の水晶体の等価線量限度の取入れ状況や緊急時の水晶体の等価線量限度の現状等について調査・取りまとめを行い、眼の水晶体の放射線防護検討部会での検討に活用した。
- 放射線審議会において、今後の規制見直しの国内動向の把握や議論に資するため、本研究成果を報告した。
- 「眼の水晶体の等価線量を算定するための測定位置の考え方」については、審議会委員の意見も踏まえ、さらに内容を精査し報告書に記載、この内容を厚生労働省の「眼の水晶体の線量限度の見直し等に関する検討会」での、線量測定に関する検討において、これらの考え方を示した。
- 平成31年度放射線安全規制研究戦略的事業（円滑な水晶体の放射線防護に係るガイドラインの作成)に活用する。

30 – 51 –

# 8. 自己評価

- 進捗状況　：　概ね研究計画に沿って遂行。
- 予算の執行：　年度末までに概ね予定経費を執行。
- 成果の公表：　国際学会　　1件
  国内学会　12件（H31年4月発表含む）



# 9. 学会発表（平成29年度）

1. 横山須美，原子力発電所等における水晶体の等価線量の実態調査，日本保健物理学会シンポジウムII，2018年3月,東京.
2. 辻村 憲雄，原子力研究施設における水晶体被ばくの調査とファントムを用いる水晶体等価線量測定の実験的研究日本保健物理学会シンポジウムII，2018年3月,東京.
3. 大野和子,医療施設における水晶体の等価線量の実態調査と効果的な教育プログラムの開発,日本保健物理学会シンポジウムII，2018年3月,東京.
4. 五十嵐隆元,医療機関における不均等被ばく管理の実態と非透視検査での水晶体等価線量の測定・評価方法に関する研究,日本保健物理学会シンポジウムII，2018年3月,東京.

# 学会発表（平成30年度）

1. Fujibuchi et al., Shielding effect of the crystalline lens by direction by radiological protection glasses, AOCRP 5 2018年5月, メルボルン.
2. 横山他, 東電福島第一原子力発電所作業者の水晶体の等価線量評価（1）:概要及び個人線量測定結果, 日本保健物理学会第51回研究発表会, 2018年6月 札幌.
3. 江崎他, 東電福島第一原子力発電所作業者の水晶体の等価線量評価（2）:個人線量測定概要と線量計比較, 日本保健物理学会第51回研究発表会, 2018年6月 札幌.
4. 吉富他, 東電福島第一原子力発電所作業者の水晶体の等価線量評価（3）: 光子スペクトル測定に基づく水晶体線量評価, 日本保健物理学会第51回研究発表会, 2018年6月 札幌.
5. 星他, 東電福島第一原子力発電所作業者の水晶体の等価線量評価（4）:ベータ線スペクトル測定に基づく水晶体線量評価, 日本保健物理学会第51回研究発表会, 2018年6月 札幌.
6. 辻村他, 東電福島第一原子力発電所作業者の水晶体の等価線量評価（5）頭部ファントムを用いた水晶体用個人線量計の光子照射試験, 日本保健物理学会第51回研究発表会, 2018年6月 札幌.
7. 藤淵他, 放射線防護メガネによる入射角度別の水晶体遮蔽効果の検証, 日本保健物理学会第51回研究発表会, 2018年6月, 札幌.
8. 堀田他, 医療施設における不均等被ばく管理の実態調査, 第46回日本放射線技術学会秋季学術大会, 2018年10月, 仙台.
9. 辻村他, 水晶体モニタリングを行うべき線量レベルについて, 日本安全管理学会第17回学術大会, 2018年12月, 名古屋.
10. 横山他, 原子力発電所定期検査時の放射線業務従事者の水晶体被ばく, 日本原子力学会2019年春の年会, 2019年3月, 水戸.（予定）
11. 星他, 東電福島第一原子力発電所作業者の水晶体等価線量評価法の検討（1）人体形状ファントムを用いたフィールド実験, 日本原子力学会2019年春の年会, 2019年3月, 水戸.
12. 青木他, 東電福島第一原子力発電所作業者の水晶体等価線量評価法の検討（2）ファントム実験と作業者着用実験の関係, 日本原子力学会2019年春の年会, 2019年3月, 水戸.
13. 大野和子, How We Cope With the New Occupational Equivalent Dose Limit for the Lens of the Eye日本医学放射線学会教育講演, 2019年4月, 横浜.

33

2019年6月26日 研究評価委員会（事後評価）用資料

*放射線安全規制研究戦略的推進事業費研究*

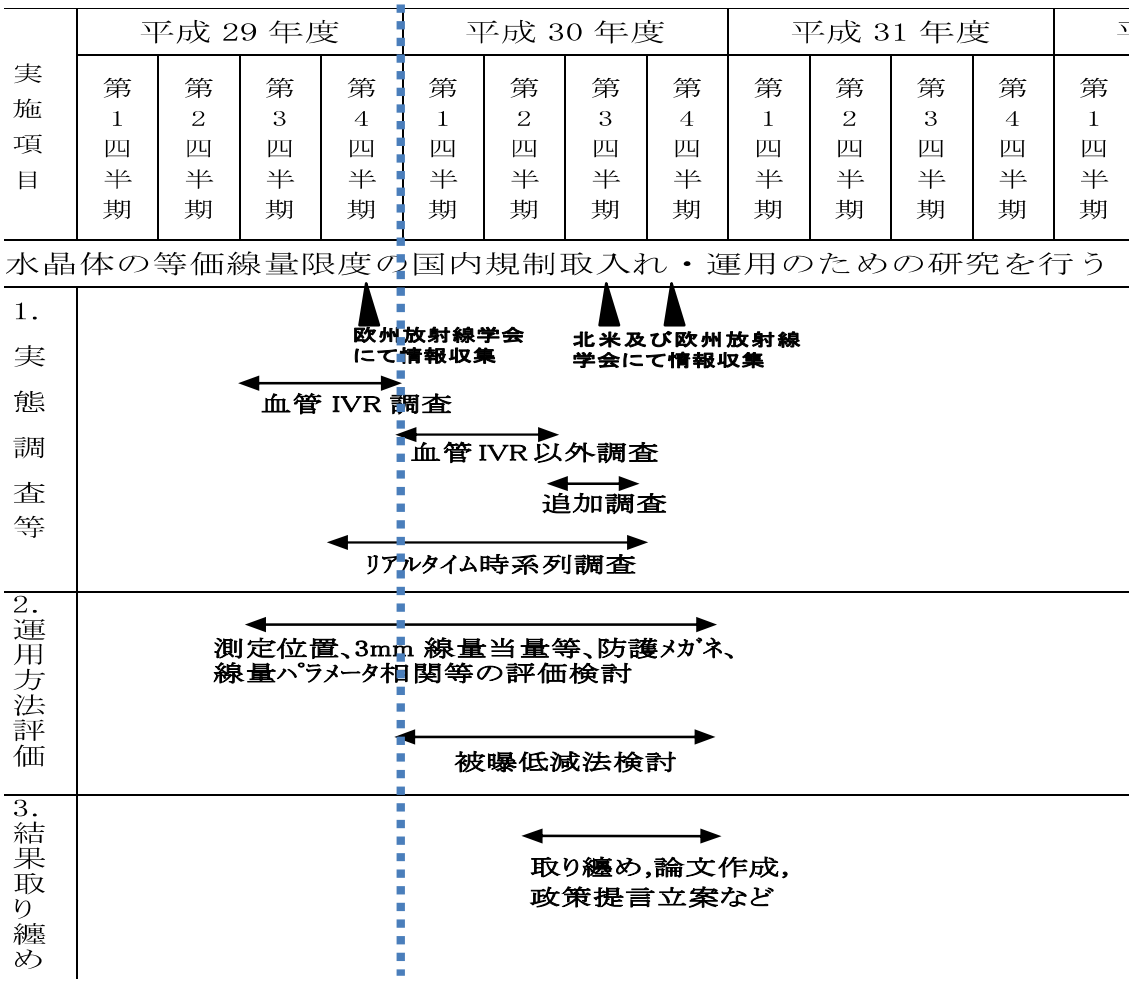
# 水晶体の等価線量限度の国内規制取入れ・運用のための研究

東北大学災害科学国際研究所 災害放射線医学分野・
東北大学医学系研究科 保健学専攻
放射線検査学分野

**千田 浩一**
（ちだ こういち）



## 当研究課題のロードマップ

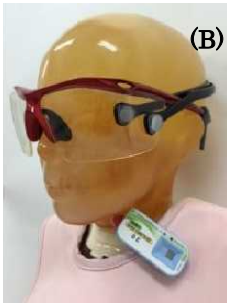


# 測定概要1

- 医師、看護師、放射線技師、臨床工学士
- IVRや各種の医療放射線手技

**評価項目**;

- **ドジリス左眼**線量、一部は**右眼と中間部**も測定
- **左頚部バッジ**（一部は**右・中間部**）の個人線量測定
- **Pb防護メガネ**使用時はその内外で測定



# 測定施設（4施設）

- 心臓血管系IVR(冠動脈形成術拡張術、心臓カテーテルアブレーション等)における従事者水晶体被ばく線量評価。【A病院、B病院】
- 心臓以外の血管系IVR（脳血管IVR、腹部骨盤等IVRなど）における従事者水晶体被ばく線量評価。【A病院、B病院】
- 非血管系IVR医療従事者（ERCPやブロンコスコピーなど）における従事者水晶体被ばく線量を評価。【A病院、C病院】
- 上記IVR以外の医療従事者（ポータブル撮影、CT透視下生検バイオプシ、手術室での透視使用手技、核医学（RI,PET）検査、密封放射線治療（密封小線源198-Au）など）における従事者水晶体被ばく線量評価。【A病院、B病院、C病院、D病院】

# 追加鉛防護板について（血管系IVR）

- 血管系IVRでは、原則として追加防護具（天吊りPbガラス防護板）を使用している。
- だが、その位置や高さは一定では無く、状況等によって様々変化する。また天吊りPbガラス防護板が邪魔になる際などは使用しないこともある。

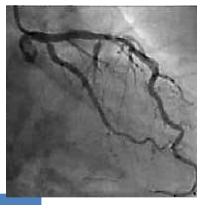
今回の研究は、原則として追加防護具（天吊りPbガラス防護板）を使用した状態での評価結果である。（状況によっては使用できない場合もある。） ただし天吊りPbガラス防護板を使用した場合でも、適切な位置に配置できているとは限らない。

すなわち、今回の線量測定結果については、天吊り防護板の効果が含まれているかもしれないし、含まれていないかもしれないという前提で考えなければならない。だが追加防護具の使用に関しては、多くのIVR施設では同様の状況である。

# 研究結果例の提示

- 血管IVR（心臓血管、腹部血管、脳血管）
- 非血管IVR（ERCP、気管支鏡）
- 核医学
- CT透視下生検、密封小線源治療
- その他（ポータブル、手術室など）
- リアルタイム測定システムによる時系列分析

# 心臓IVR医師：防護眼鏡無し（4人）



- 6ヶ月間の累積線量、4人平均（最小ー最大）

| ガラスバッジ (mSv)、左頸部 | | DOSIRIS (mSv) 、左眼 | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 12.27<br>（7.51−1.71） | 13.82<br>（8.24−20.68） | 11.12<br>（7.84−16.18） | 100<br>（38−157） |

- 1年推定値(6ヶ月間線量×2倍）

| ガラスバッジ (mSv) | | DOSIRIS (mSv) | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 24.54 | 27.64 | **22.24** | 200 |

***DOSIRIS測定結果からの推定**：特に指示せずに従来通りの手技を行った場合、年間180件以上の手技により、水晶体線量が20mSv/年を超過*

測定期間：2018年4月から2018年9月まで（A病院）

7

# 心臓IVR医師:防護眼鏡有り（10人）

- 6ヶ月間の累積線量、10人平均（最小ー最大）

| ガラスバッジ (mSv) 、左頸部 | | DOSIRIS (mSv)、左眼 | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 11.35<br>（3.82−20.96） | 12.29<br>（4.21−22.88） | 4.42<br>（1.16−9.00） | 95<br>（38−171） |

- 1年推定値(6ヶ月間線量×2倍）

| ガラスバッジ (mSv) | | DOSIRIS (mSv) | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 22.70 | 24.58 | 8.84 | 190 |

***DOSIRIS測定結果からの推定**：特に指示せずに従来通りの手技を行った場合、年間430件以上の手技により、水晶体線量が20mSv/年を超過*

測定期間：2018年4月から2018年9月まで（A病院）

8

# IVR看護師：防護眼鏡無し（9人）

- 6ヶ月間の累積線量、9人平均（最小ー最大）

| ガラスバッジ (mSv)、左頸部 | | DOSIRIS (mSv)、左眼 | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 2.12<br>（0.60−4.10） | 2.32<br>（0.65−4.54） | 0.77<br>（0−1.85） | 193<br>（38−423） |

- 1年推定値(6ヶ月間線量×2倍）

| ガラスバッジ (mSv) | | DOSIRIS (mSv) | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 4.24 | 4.64 | 1.54 | 386 |

***DOSIRIS測定結果からの推定**：特に指示せずに従来通りの手技を行った場合、年間5,013件以上の手技により、水晶体線量が20mSv/年を超過*

測定期間：2018年4月から2018年9月まで（A病院）

9

# 放射線技師：防護眼鏡無し（12人、IVR血管撮影室）

- 1ヶ月間線量、12人平均（最小ー最大）

| ガラスバッジ (mSv)、左頸部 | | DOSIRIS (mSv)、左眼 | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 0.12<br>（0−0.45） | 0.13<br>（0−0.52） | 0.18<br>（0−0.67） | 60<br>（3−126） |

- 1年推定値(1ヶ月間線量×12倍）

| ガラスバッジ (mSv) | | DOSIRIS (mSv) | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 1.44 | 1.56 | 2.16 | 720 |

***DOSIRIS測定結果からの推定**：特に指示せずに従来通りの手技を行った場合、年間6,667件以上の手技により、水晶体線量が20mSv/年を超過*

測定期間：2018年4月から2018年9月まで（A病院）

10

B病院

# 循環器(心臓)症例数

| | Total | Physician A | Physician B | Physician C |
|---|---|---|---|---|
| CAG (cases) | 13 | 4 | 5 | 13 |
| EPS (cases) | 3 | 2 | 3 | 1 |
| PMI (cases) | 16 | 12 | 4 | 15 |
| ABL (cases) | 118 | 54 | 69 | 85 |
| Total (cases) | 150 | 72 | 81 | 114 |

CAG：冠動脈造影、EPS：心内心電図検査、PMI：ペースメーカ植込み、ABL:カテーテルアブレーション

11

# DOSIRIS(左眼)とNeck badge(左頚部)の比較

（B病院）2018/04~09 (6ヶ月) **循環器IVR医師3人**

| | | Physician A | Physician B | Physician C |
|---|---|---|---|---|
| Neck badge Hp(0.07), (mSv) | 6-months | 5.65 | 4.12 | 13.99 |
| | (1-year) | 11.3 | 8.24 | 27.98 |
| | (mSv/case) | 0.08 | 0.05 | 0.12 |
| DOSIRIS (outside) Hp(3), (mSv) | 6-months | 4.32 | 5.3 | 14.61 |
| | (1-year) | 8.64 | 10.6 | 29.22 |
| | (mSv/case) | 0.06 | 0.07 | 0.13 |
| DOSIRIS (inside) Hp(3), (mSv) | 6-months | 2.52 | 2.96 | 7.62 |
| | (1-year) | 5.04 | 5.92 | 15.24 |
| | (mSv/case) | 0.04 | 0.04 | 0.07 |

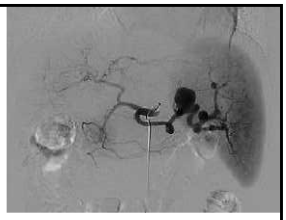
**(1-year):一年換算（2倍）**

(outside):防護眼鏡無し(眼鏡外側)
(inside):防護眼鏡有(眼鏡内側)

**循環器IVR医師の水晶体線量：年間20mSvを超過する恐れあり**

12

# 腹部IVRに従事する医師



- 術者：防護眼鏡有り（6ヶ月間の累積線量）:1人

| ガラスバッジ (mSv)、左頸部 | | DOSIRIS (mSv)、左眼 | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 34.27 | 38.22 | **5.18** | 335 |

- 助手：防護眼鏡有り（6ヶ月間の累積線量）：1人

| ガラスバッジ (mSv)、左頸部 | | DOSIRIS (mSv)、左眼 | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 2.29 | 2.26 | 2.45 | 49 |

- 助手：防護眼鏡無し（6ヶ月間の累積線量、2人平均）

| ガラスバッジ (mSv)、左頸部 | | DOSIRIS (mSv)、左眼 | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 4.15<br>(4.11–4.18) | 4.38<br>(4.36–4.39) | **5.69**<br>(5.63–5.75) | 186<br>(163–208) |

測定期間：2018年4月から2018年9月まで（A病院）



（B病院）

# 脳血管IVR医師（3名）

## 6か月間の実施件数とDOSIRIS線量(左眼)

| | | Physician A | Physician B | Physician C |
|---|---|---|---|---|
| CAG (cases) | | 11 | 13 | 32 |
| IR (cases) | | 34 | 30 | 40 |
| Total (cases) | | 45 | 43 | 72 |
| DOSIRIS (outside) Hp(3), (mSv) | 6-month | 1.63 | 2.09 | 2.55 |
| | (1-year) | 3.260 | 4.18 | 5.10 |
| | (mSv/case) | 0.036 | 0.049 | 0.036 |
| DOSIRIS (inside) Hp(3), (mSv) | 6-month | 0.75 | 0.9 | 1.61 |
| | (1-year) | 1.50 | 1.80 | 3.22 |
| | (mSv/case) | 0.017 | 0.021 | 0.022 |

CAG：脳血管造影
IR：血管内治療

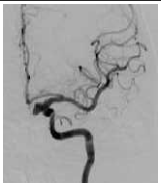
(1-year)：一年換算（2倍）

(outside)：防護眼鏡無し(眼鏡外側)、(inside)：防護眼鏡有(眼鏡内側)

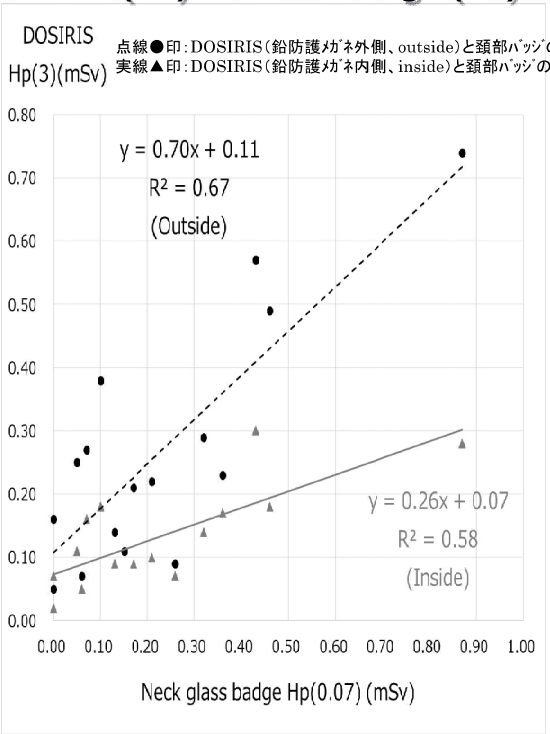
Kato M, Chida K, et al. OCCUPATIONAL RADIATION EXPOSURE OF THE EYE IN NEUROVASCULAR INTERVENTIONAL PHYSICIAN. ***Radiat Prot Dosimetry***. 2019 Jan 9. [Epub ahead of print]

（B病院）

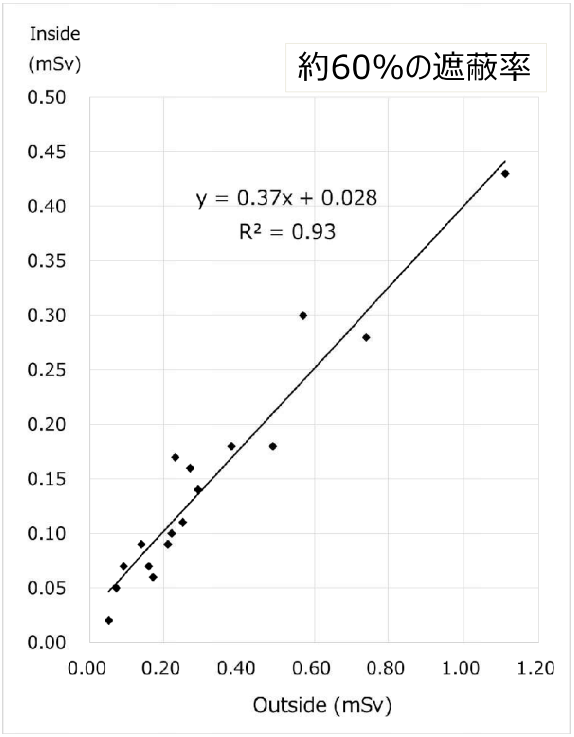
# 脳血管IVR医師（mSv/月）



## DOSIRIS(左)とNeck badge(左)の相関



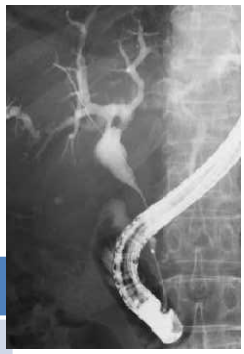

## 防護眼鏡の効果




Kato M, Chida K, et al. OCCUPATIONAL RADIATION EXPOSURE OF THE EYE IN NEUROVASCULAR INTERVENTIONAL PHYSICIAN. ***Radiat Prot Dosimetry***. 2019 Jan 9. [Epub ahead of print]

15

# 消化管X線透視検査(ERCP)
# 医師：4人（防護眼鏡なし）



- 6ヶ月間の累積線量、4人平均（最小—最大）

| ガラスバッジ (mSv) | | DOSIRIS (mSv) |
|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | （左側）3mm線量当量 |
| 0.23<br>(0–0.45) | 0.25<br>(0–0.50) | 0.55<br>(0–1.33) |

- 1年推定値(6ヶ月間平均線量×2倍）

| ガラスバッジ (mSv) | | DOSIRIS (mSv) |
|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | （左側）3mm線量当量 |
| 0.46 | 0.50 | 1.10 |

➢ **アンダーテーブルX線装置使用：水晶体線量少ない！**

測定期間：2018年4月から2018年9月まで（A病院）

16

# ERCP検査に従事する看護師：8人（防護眼鏡なし）

- 6ヶ月間の累積線量、8人平均（最小ー最大）

| ガラスバッジ (mSv) | | DOSIRIS (mSv) | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | （左側）3mm | （右側）3mm |
| 0.12<br>(0-0.51) | 0.13<br>(0-0.58) | 0.09<br>(0-0.42) | 0.03<br>(0-0.15) |

- 1年推定値(6ヶ月間平均線量×2倍）

| ガラスバッジ (mSv) | | DOSIRIS (mSv) | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | （左側）3mm | （右側）3mm |
| 0.24 | 0.26 | 0.18 | 0.06 |

➢ **アンダーテーブルX線装置使用：水晶体線量少ない！**

測定期間：2018年4月から2018年9月まで（A病院）

17

# ERCP　ドジリス線量（左眼）

ERCP（内視鏡的逆行性胆道膵管造影）

- （C病院）

オーバーテーブルX線装置

防護眼鏡なし、実施件数：約20件／月

| | | | | | 単位：mSv |
|---|---|---|---|---|---|
| 装着部位 | 7月 | 8月 | 9月 | 3ヵ月合計 | 年間推定（４倍） |
| 医師A | 1.0 | 1.5 | 1.4 | **3.9** | **15.6** |
| 医師B | 1.9 | 2.0 | 0.7 | **4.6** | **18.4** |
| 看護師A | 0.0 | 0.2 | 0.2 | **0.4** | **1.6** |
| 看護師B | 0.1 | 0.1 | 0.2 | **0.4** | **1.6** |
| 看護師C | 0.2 | 0.5 | 0.4 | **1.1** | **4.4** |

➢ **オーバーテーブルX線装置使用：水晶体線量多い！**

18

オーバーテーブル
X線装置

# 気管支鏡検査(ブロンコ)
# 医師:8人(防護眼鏡なし)

- 6ヶ月間の線量、8人平均(最小ー最大)

| ガラスバッジ(mSv)、左頸部 | | DOSIRIS(mSv)、左眼 | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数(件) |
| 5.03<br>(0.24-11.01) | 5.55<br>(0.30-12.20) | 7.68<br>(0.57-**15.82**) | 100<br>(62-186) |

- 1年推定値(6ヶ月間線量×2倍)

| ガラスバッジ(mSv) | | DOSIRIS(mSv) | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数(件) |
| 10.06 | 11.10 | 15.36 | 200 |

***DOSIRISの測定結果からの推定**:特に指示せずに従来通りの手技を行った場合、年間**260**件以上の手技により、水晶体線量が20mSv/年を超過*

測定期間:2018年4月から2018年9月まで(A病院)

19

# 気管支鏡検査(ブロンコ)に従事する
# 看護師:3人(防護眼鏡なし)

- 6ヶ月間の平均線量(最小ー最大)

| ガラスバッジ(mSv)、左頸部 | | DOSIRIS(mSv)、左眼 | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数(件) |
| 1.54<br>(0.10-2.54) | 1.63<br>(0.10-2.62) | 2.41<br>(0.19-3.76) | 100<br>(97-102) |

- 1年推定値(6ヶ月間平均線量×2倍)

| ガラスバッジ(mSv) | | DOSIRIS(mSv) | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数(件) |
| 3.08 | 3.26 | 4.82 | 200 |

***DOSIRISの測定結果からの推定**:特に指示せずに従来通りの手技を行った場合、年間830件以上の手技により、水晶体線量が20mSv/年を超過*

測定期間:2018年4月から2018年9月まで(A病院)

20

# X線CT透視下生検　ドジリス線量

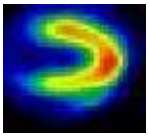
- （D病院）
  医師1名・DOSIRIS線量（左、右）
  防護眼鏡なし
  実施件数：約5件／月
  *（通常は10件／月程度実施）*

CT下バイオプシー（生検）

| | | | | | | 単位：mSv |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 装着部位 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 4か月合計 | 年間推定（3倍） |
| **医師左目** | **0.03** | **0.18** | **0.14** | **0.05** | **0.40** | 1.60 |
| **医師右目** | **0.07** | **0.11** | **0.26** | **0.06** | **0.50** | 2.00 |

21

# RIに従事する放射線技師(10人)



- 1ヶ月間線量：左側（最小ー最大）、防護眼鏡無し

| ガラスバッジ (mSv)、左頸部 | | DOSIRIS (mSv)、左眼 | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 0.08<br>(0–0.15) | 0.08<br>(0–0.14) | 0.03<br>(0–0.16) | 55.60<br>(7–97) |

- 1年推定値(1ヶ月間平均線量×12倍）

| ガラスバッジ (mSv) | | DOSIRIS (mSv) | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 0.96 | 0.96 | 0.36 | 667.2 |

***DOSIRISの測定結果からの推定**：年間37,067件以上の手技により、水晶体線量が20mSv/年を超過（よって現実的には線量超過は考えられない）。*

➢ **その他の職種、PET検査においても同様に少ない線量！**

測定期間：2018年4月から2018年9月まで（A病院）

22

# （B病院）核医学症例数とドジリス線量

- RI,PET症例数：放射線技師2名（半年間）

| | Total | 技師A | 技師B |
|---|---|---|---|
| PET (cases) | 186 | 65 | 48 |
| SPECT(脳血流） (cases) | 310 | 87 | 55 |
| 心筋シンチ (cases) | 13 | 12 | 4 |
| その他 (cases) | 12 | 10 | 13 |
| Total (cases) | 521 | 174 | 120 |

- RI,PETスタッフ：6ヶ月間のDOSIRIS累積線量（防護眼鏡無し）

| | ドジリス　Hp(3) mSv |
|---|---|
| **核医学RT A** | **0.16** |
| **核医学RT B** | **0.15** |
| **核医学Ns** | **0.17** |
| **核医学Ns** | **0.16** |
| 核医学薬剤師 | **0.06** |
| 核医学研究員 | **0.05** |

※ 2018/04~09 (6ヶ月)の総件数と総線量

23

*手術室での透視使用手技*

# 手術室：診療放射線技師(眼鏡無し)

- 1ヶ月間の平均線量、左側、n=17、（最小ー最大）

| ガラスバッジ (mSv)、左頸部 | | DOSIRIS (mSv)、左眼 | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 0.28<br>(0−0.81) | 0.30<br>(0−0.86) | 0.38<br>(0−0.98) | 7.12<br>(1−13) |

- 1年推定値(1ヶ月間平均線量×12倍）

| ガラスバッジ (mSv) | | DOSIRIS (mSv) | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 3.36 | 3.6 | 4.56 | 85 |

***DOSIRISの測定結果からの推定**：特に指示せずに従来通りの手技を行った場合、年間**373**件以上の手技により、水晶体線量が20mSv/年を超過*

測定期間：2018年4月から2018年9月まで（A病院）

24

# ポータブル撮影に従事する診療放射線技師：4人（防護眼鏡なし）

- 1ヶ月間の平均線量、左側、n=17、（最小ー最大）

| ガラスバッジ (mSv)、左頸部 | | DOSIRIS (mSv)、左眼 | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 0.24<br>（0–0.71） | 0.27<br>（0–0.84） | 0.34<br>（0–1.03） | 168<br>（57–328） |

- 1年推定値(1ヶ月間平均線量×12倍）

| ガラスバッジ (mSv) | | DOSIRIS (mSv) | |
|---|---|---|---|
| 1cm線量当量 | 70μm線量当量 | 3mm線量当量 | 件数（件） |
| 2.88 | 3.24 | 4.08 | 2,016 |

***DOSIRISの測定結果からの推定**：特に指示せずに従来通りの手技を行った場合、年間**9,882**件以上の手技により、水晶体線量が20mSv/年を超過*

測定期間：2018年4月から2018年9月まで（A病院）

25

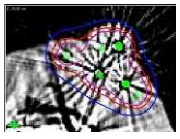
# 密封小線源放射線療法

（D病院）

**・放射線治療（密封小線源治療）**

Au-198　舌癌等治療　4件実施

頭頚部癌　密封小線源治療



**密封小線源治療 施行医師**
**（鉛眼鏡無し）**

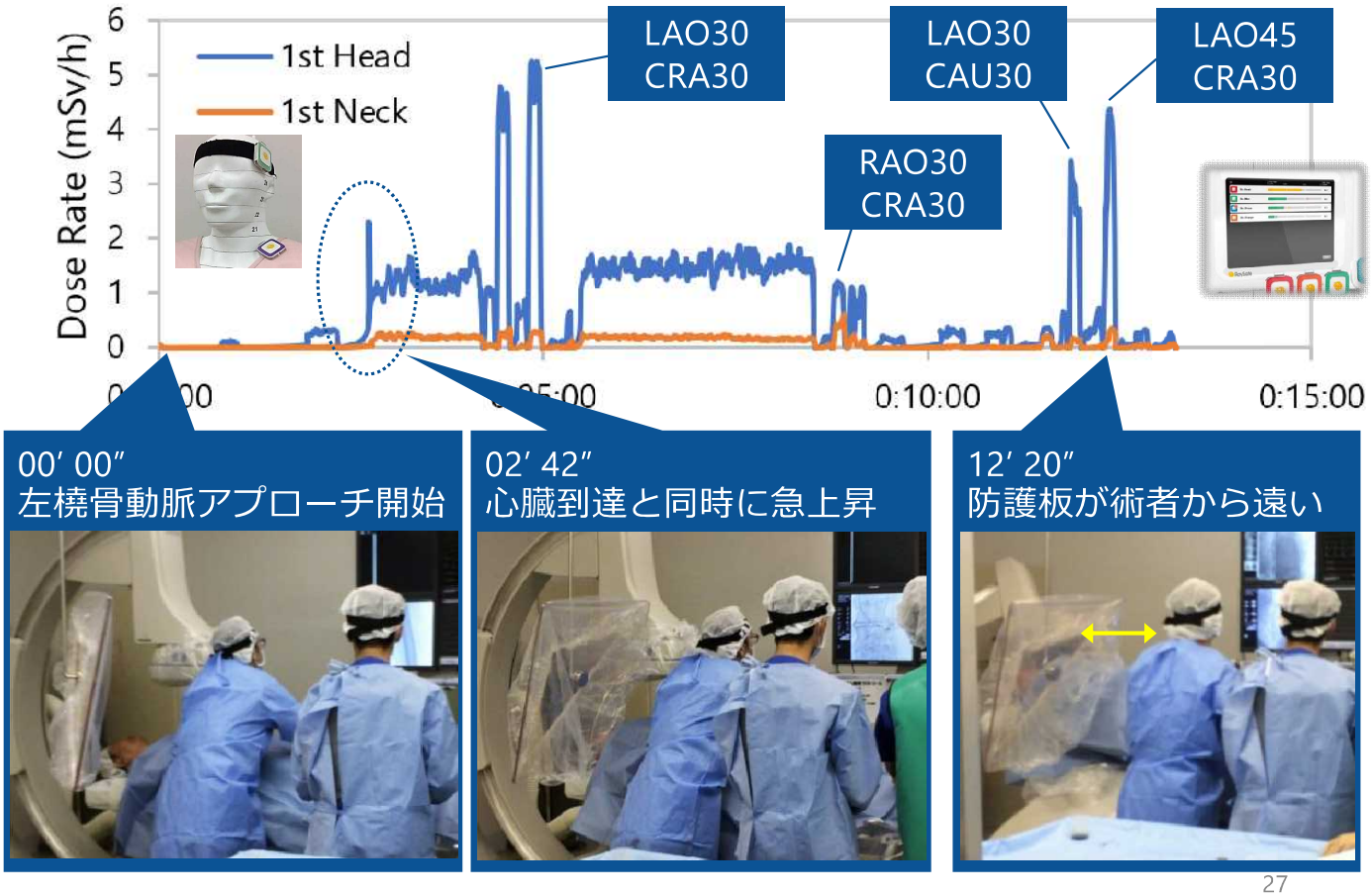
**水晶体ドジリス 平均線量　0.07mSv/件**

密封小線源治療（Au–198）施行医師の水晶体線量は比較的多い。もし治療実施件数が多い場合は、要注意である。

26

## リアルタイム線量解析の一例　—術者—

頭部の方が高線量の場合もある




27

## リアルタイム線量解析の一例　スライド27の説明

スライド27は、心臓IVR医師の解析結果例の一部である。グラフ縦軸は線量率（mSv/h）、横軸は時間（分）である。青線は術者左側頭部線量、オレンジ線は術者左頸部の線量である。左橈骨動脈穿刺を行い、透視を行いながらカテーテルを左鎖骨下動脈、上行大動脈、冠動脈と進める過程である。

（1）は左橈骨動脈からカテーテルを挿入した直後である。被写体である上腕は厚みが少ないためにX線出力が低く、発生する散乱線も少ないため、術者線量率はほぼ0 mSv/hであった。

（2）はカテーテル先端が心臓に到達したところである。体幹部に対して透視を行うために、X線出力が増加し、散乱線量が増加する。これにより、術者線量率は2.3 mSv/hまで上昇した。

（3）はLAO45 CRA30で撮影を行ったところである。X線管が術者にかなり接近する角度となり、天吊り防護板と術者の間にX線管が位置する形となった。このときの術者線量率は4.4 mSv/hであった。すなわち追加防護具は適切な位置（散乱線発生源である患者およびX線管と術者の間）に配置することを徹底しなければならない。また頸部よりも頭部（水晶体）位置が高線量になる場合もあることが分かった。

　従来から追加防護具の適切な利用が重要であるとは言われているものの、今までこのような定量的な分析を行った事例はなく、重要な知見であると考える。

# まとめ 主なもの

- ✓ 心臓IVR医師で防護眼鏡無しの場合は、水晶体等価線量(ドジリス)が20mSv/年を超過する恐れあり。眼鏡有でも実施件数が多い場合は線量超過の恐れあり。
- ✓ 腹部IVR医師の水晶体等価線量(ドジリス)は少なくない。*(但し眼鏡有の場合は、20mSv/年を超過する恐れは無さそう。)*
- ✓ ERCP医師の水晶体線量は、オーバーorアンダーテーブル装置で大きく異なる。*(オーバーテーブル装置で防護眼鏡無しの場合は20mSv/年を超過する恐れあり)*
- ✓ 気管支鏡医師で防護眼鏡無しの場合は、水晶体等価線量が20mSv/年を超過する恐れあり。
- ✓ 放射線技師(特に手術室)の水晶体線量は少なくない。*(実施件数が多い場合は要注意)*
- ✓ 核医学(RI,PET)従事者の水晶体等価線量(ドジリス)は、予想よりも少ない。
- ✓ CT透視下生検施行医師の水晶体線量は少なくない。*(実施件数が多い場合は要注意)*
- ✓ 密封小線源治療(Au-198)施行医師の水晶体線量は比較的多い。*(実施件数が多い場合は要注意)*
- ✓ IVR従事者水晶体線量は撮影(透視)条件や角度，防護具使用状況、立ち位置等により変化。
- ✓ ドジリス(水晶体線量計)による水晶体等価線量は、従来の評価方法(頚部ガラスバッジ)とある程度の相関はある。
- ✓ ガラスバッジ70μm線量当量はガラスバッジ3mm線量当量(特別に算出)とほぼ同等である。
- ✓ 防護眼鏡使用時はガラスバッジで測定するよりも45%から60%程度少ないがバラツキが多く単純にガラスバッジ測定値から換算係数を用いて、水晶体線量を推定することは困難である。
- ✓ 防護メガネの防護効果は約60%程度である。しかし約50%とやや低値の場合もあった。鉛防護メガネ下面の遮蔽が不十分であることが考えられる。

29

## ガイドライン作成へ向けた取組

# 日本循環器学会(JCS)との合同シンポジウム開催
# 【第46回日本放射線技術学会(JSRT)秋季学術大会】

(大会長:千田浩一) 10月5日(金) 仙台国際センター

**「心血管インターベンションにおける従事者水晶体被ばくの現状と取組み」**

座長:日本循環器学会 池田隆徳(東邦大学大学院医学研究科)
日本放射線技術学会 加藤 守(秋田県立脳血管研究センター)

1. 放射線による水晶体への影響
   日本放射線技術学会 金沢大学 松原孝祐
2. 原子力規制庁からの報告
   原子力規制庁放射線防護企画課 佐藤 直己
3. 心血管インターベンション医からの現状報告
   日本循環器学会 仙台厚生病院 宗久雅人
4. 水晶体線量測定研究の報告
   日本放射線技術学会 東北大学 千田浩一

ガイドライン策定へ向けたきっかけに！

30

# 成果報告1：前記した成果について報告した

- 初期成果関連の一部について、国内外の学会研究会等にて、数多くの研究発表を行った。

- そのなかで、国内学会発表にて下記の2つの演題が受賞することができた。

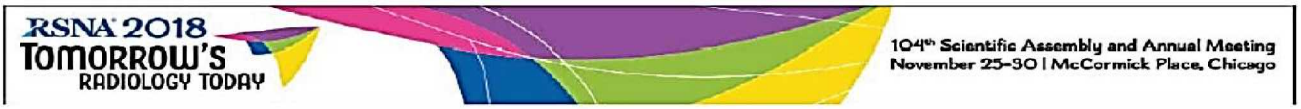
1. **優秀賞**：第46回日本放射線技術学会秋季学術大会，2018年10月，仙台
「 IVRに従事するスタッフの水晶体　　線量計着用部位に関する基礎検討．」

2. **優秀プレゼンテーション賞**：日本放射線安全管理学会第17回学術大会，2018年12月，名古屋
「リアルタイム個人線量計を用いたIVRスタッフの水晶体線量に関する基礎的検討．」

31

# 成果報告2：前記した成果について報告した

国際学会である北米放射線学会(104th Radiological Society of North America, RSNA2018)にて研究発表し、RSNA2018 Exhibit Award “CERTIFICATE of MERIT”を受賞した。Occupational Radiation Exposure of the Eye in Neurovascular Interventional Physician




NR180-ED-X

**Occupational Radiation Exposure of the Eye in Neurovascular Interventional Physician**

All Day Room: NA Digital Education Exhibit

**Awards**
**Certificate of Merit**

**Participants**
Mamoru Kato, PhD, Akita, Japan (*Presenter*) Nothing to Disclose
Koichi Chida, PhD, Sendai, Japan (*Abstract Co-Author*) Nothing to Disclose
Toshibumi Kinoshita, MD, PhD, Akita, Japan (*Abstract Co-Author*) Nothing to Disclose
Hideto Toyoshima, BSc, Akita, Japan (*Abstract Co-Author*) Nothing to Disclose
Noriyuki Takahashi, Akita, Japan (*Abstract Co-Author*) Nothing to Disclose
Tomomi Omura, Akita, Japan (*Abstract Co-Author*) Nothing to Disclose

To understand the importance of correct an equivalent dose limit for the lens of the eye of 20 mSv/year To understand the importance of radiation protection of the eye lens of neurovascular interventional physician To emphasize the usefulness of a direct eye dosimeter for correct measurement of the occupational dose in a clinical neurovascular interventional radiology (Neuro-IR) setting

**TABLE OF CONTENTS/OUTLINE**

*Evaluation of eye dose of neurovascular interventional physician and related factors in Neuro-IR procedures* Occupational radiation exposure (eye doses) of two neurovascular interventional physicians were measured using the direct eye dosimeters (DOSIRIS) and the personal dosimeters (neck badge). *Reducing the radiation exposure eye dose* Understand the usefulness of using lead eye glasses protecting eyes from scattered radiation. Summary: Incidences of radiation-induced depilation and skin injuries have been reported because Neuro-IR procedures tend to require an extended fluoroscopic exposure time and repeated digital subtraction angiography. Thus, it is important to measure the radiation dose in the eye for Neuro-IR physicians. The eye doses evaluated using a neck badge tended to be overestimated. For this reason, occupational eye doses of Neuro-IR physicians should measure with DOSIRIS.

# 成果報告3：前記した成果について報告した

- 脳血管IVR術者の水晶体被ばくに関する研究論文が Radiation Protection Dosimetry誌に掲載された。

Kato M, Chida K, Ishida T, Toyoshima H, Yoshida Y, Yoshioka S, Moroi J, Kinoshita T. OCCUPATIONAL RADIATION EXPOSURE OF THE EYE IN NEUROVASCULAR INTERVENTIONAL PHYSICIAN. Radiat Prot Dosimetry. 2019 Jan 9. doi: 10.1093/rpd/ncy285. [Epub ahead of print]

## OCCUPATIONAL RADIATION EXPOSURE OF THE EYE IN NEUROVASCULAR INTERVENTIONAL PHYSICIAN

Mamoru Kato[1,2,*], Koichi Chida[2,3], Takato Ishida[1], Hideto Toyoshima[1], Yasuyuki Yoshida[4], Shotaro Yoshioka[4], Junta Moroi[4] and Toshibumi Kinoshita[1]
[1]Department of Radiology and Nuclear Medicine, Research Institute for Brain & Blood Vessels-Akita
[2]Course of Radiological Technology, Health Sciences, Tohoku University Graduate School of Medicine
[3]Department of Radiation Disaster Medicine, International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University
[4]Department of Surgical Neurology, Research Institute for Brain and Blood Vessels-Akita

*Corresponding author: kato-mamoru@akita-noken.jp

*Received 16 July 2018; revised 22 November 2018; editorial decision 30 November 2018; accepted 12 December 2018*

**Neurovascular interventional radiology (neuro-IR) procedures tend to require an extended fluoroscopic exposure time and repeated digital subtraction angiography. To evaluate the actual measurement of eye lens dose using a direct eye dosemeter in neuro-IR physicians is important. Direct dosimetry using the DOSIRIS™ (IRSN, France) [3 mm dose equivalent, Hp(3)] was performed on 86 cases. Additionally, a neck personal dosemeter (glass badge) [0.07 mm dose equivalent, Hp(0.07)] was worn outside the protective apron to the left of the neck. The average doses per case of neuro-IR physicians were 0.04 mSv/case and 0.02 mSv/case, outside and inside the radiation protection glasses, respectively. The protective effect of radiation protection glasses was approximately 60%. The physician eye lens dose tended to be overestimated by the neck glass badge measurements. A correct evaluation of the lens dose [Hp(3)] using an eye dosemeter such as DOSIRIS™ is needed for neuro-IR physicians.**



Radiation Protection Dosimetry (2019), pp. 1–6 doi:10.1093/rpd/ncy285

# 成果報告予定：前記した成果について報告予定

- 循環器IVRに関する成果の一部について、論文投稿し、revisionに対する修正作業を実施中である。
- 気管支鏡検査(ブロンコ)に関する成果の一部について、論文投稿中である。
- その他の多くの関連成果について、学会発表準備や論文作成準備を行っている。

# 自己評価：概ね計画どおりである

- 各種の測定評価について、概ね計画通り実施できていると考える。
- よって重要なエビデンスを提供できていると考える。

だが、

- 医療分野は特に課題も多いため、測定評価、実情把握はまだ不十分（特にスーパードクターやトップランナー医師等の評価）
- 医療分野のガイドライン策定のためには、より強固なエビデンスが必要

35

## 評価委員会による評価結果のコメント（政策提言）への対応

# 提 言

**（1）医療施設での詳細評価の必要性：IVR医師数の少ない施設（含むスーパードクター等）の従事者水晶体被ばくの実態把握**

IVR医師で眼鏡有の場合でも、実施件数が多い場合は水晶体等価線量が20mSv/年を超過する恐れあることが分かった。IVR医師数の少ない施設では、少数の医師（含むスーパードクター、トップランナー医師等）にIVR件数（即ち被曝線量）が集中する為、線量限度超過と診療制限が大きく懸念されている。 よって医師数の少ない施設（含むスーパードクター、トップランナー医師等）での従事者水晶体被ばく実態を明らかにすることは急務である。そして線量限度超過している場合は、IVR診療の制限が行われないような配慮、すなわち患者にとって必要なIVRを受けられないことが無いようにするなど、患者に不利益が被らないような対策、措置が必要である。

**（2）鉛防護具等の積極的な活用と鉛防護具等の高性能化**

特にIVR従事者は、鉛防護具等の積極的な活用によって水晶体等価線量超過を防ぐ必要がある。そのためには放射線防護教育と水晶体線量の実情把握が重要となる。

さらに鉛防護具等の遮蔽能力向上は特にIVR医師の水晶体防護のためには必須であり、例えば下面の防護対策を行った鉛防護メガネの開発などが重要であり、防護具開発に関する支援策などを講ずることが求められる。

**（3）水晶体線量計の高性能化**

特にIVR従事者は、正確な水晶体等価線量を評価しなければならないため、水晶体線量計の装着が必要であると考える。 しかし現状の水晶体線量計は、装着に関して違和感や不便さを訴える者もいた。よってより装着しやすい人間工学的な改良が水晶体線量計に望まれる。

36

# 成果の放射線規制及び放射線防護分野への活用

## (1) ガイドラインに研究結果を反映

本年度の原子力規制庁の放射線安全規制研究推進事業である、医療分野のガイドライン(水晶体の放射線防護に係るガイドラインの作成)の作成研究において、当研究結果を活用できる予定である。

## (2) 放射線審議会の議論に活用

2019年3月15日に開催された放射線審議会第144回総会の「眼の水晶体に係る放射線防護の在り方について」の議論において、当研究結果が活用された。

## (3) 厚生労働省検討会の議論に活用

2019年3月20日に開催された厚生労働省の第3回「眼の水晶体の被ばく限度の見直し等に関する検討会」の議論において、特にIVR従事者の鉛防護眼鏡の評価に関する当研究結果が活用された。



# さいごに

- **IVR医師は、血管系IVR及び非血管系IVRともに、鉛防護メガネ不使用時は新しい水晶体等価線量限度を超過する危険性が高いこと、鉛防護メガネ使用時でもIVR実施件数が多い場合は新水晶体等価線量限度を超過する場合が想定されることなどを確認できた。**
- **IVR医師に関して、水晶体線量が頸部バッジの値と乖離する可能性が示唆されたため、原則として左眼近傍に水晶体線量計を着用し、水晶体線量を評価すべきであると考えられた。**
- **看護師の水晶体被ばくは医師のそれよりは低線量であり、20mSv/年を超過する危険性が少ないと思われた。だが特にオーバーテーブルX線装置使用時は水晶体線量が高くなる傾向を示し、看護師においても水晶体被ばく防護の最適化は重要であることなどが分った。**
- **看護師の水晶体線量は、頸部バッジの値を用いて管理可能な場合が多いと考えられた。**
- **IVR医師の水晶体被ばく防護策としては、天吊り防護板を散乱線源と自身の眼の間に入るように設置し、さらに鉛防護メガネ等の防護具を追加で使用するのが有効と考えられた。看護師はX線照射中に不必要に患者に近づかないように注意すべきであると考えた。**
- **下記に当研究から得られた「鉛防護眼鏡と眼の近傍での測定の必要性」のまとめを示す。**

**鉛防護眼鏡と眼の近傍での測定の必要性に関するまとめ**

| | 鉛防護メガネ | 眼の近傍での測定 |
|---|---|---|
| IVR 医師 | 必要 | 必要 |
| IVR 看護師 | 場合により必要*1 | 場合により必要*1 |
| 上記以外 | 原則として不要*2 | 原則として不要*2 |

*1 患者との距離が近いときや件数が多いときは必要となる場合もあると。

*2 ただし線量が多くなると予想されるときは検討を要する。

# 眼の水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験校正手法の開発

産業技術総合研究所
放射線標準研究グループ
加藤昌弘



## 事業の背景と目的

2011年に国際放射線防護委員会(ICRP)は、水晶体の職業被ばくの等価線量限度値を引き下げる声明を出した。国内規制に取り入れるための検討が急務である。

信頼性の高い水晶体等価線量の管理を行うには
国内の線量計の試験・校正システムの確立が欠かせない。

X線及びβ線の標準場を開発することにより、
国内の水晶体被ばく線量評価に用いる
線量計の試験・校正システムの確立に寄与

↓

水晶体被ばく線量評価用線量計による測定の信頼性の向上

↓

複数の線量計で測定された水晶体被ばくに関わる研究・調査データの斉一性を担保

放射線作業従事者の安心と安全

水晶体の被ばくの恐れのある作業

放射線で位置を確認しながら治療

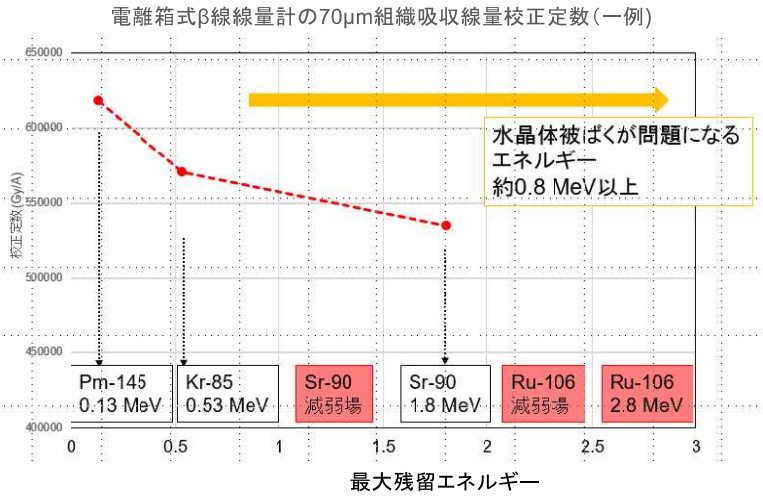
放射線施設での作業

# 本事業の主な内容

◎ β線のエネルギー拡大

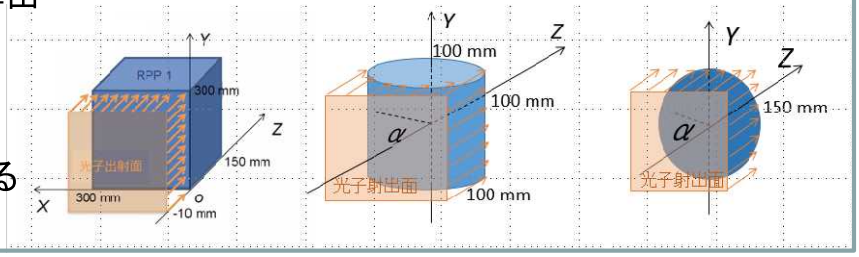
現状では1点のエネルギーでしか評価できない

新規にβ線源を導入し、アクリル板との組み合わせにより最大残留エネルギー0.8MeV～2.8MeVの場を生成する




◎3mm線量当量換算係数の導出

X線・β線の標準場について、3種類のファントムに対する3mm線量当量換算係数を求める




◎設定した標準場において3mm線量当量測定器の試験・校正を行う



# ロードマップ

| 実施項目 | 担当者＊（所属機関） | 平成29年度 第1四半期 | 第2四半期 | 第3四半期 | 第4四半期 | 平成30年度 第1四半期 | 第2四半期 | 第3四半期 | 第4四半期 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 目標: | | | | | | | | | |
| β線のエネルギーの拡大 | 加藤昌弘（産総研） | 当初計画 線源の選定 | | 線源発注 | | 納入 | 場の設定 | | |
| | | 実際 | | | | | | 納入 | 場の設定 |
| 3mm線量当量換算係数の導出 | 加藤昌弘 黒澤忠弘（産総研） | 当初計画 換算係数の計算 | | | | | | | |
| | | 実際 | | | | | | | |
| 設定した場における線量計の試験・校正 | 加藤・黒澤・山口（産総研） | 当初計画 | | | | X線場における実施 | | | |
| | | 実際 | | | | | | β線場における実施 | |

**H29年度**には主に**X線の線量当量換算係数**を求めた。
→産総研におけるX線標準場(ISO規格のNシリーズ校正場、JIS規格のQI線質場、IEC規格のRQR線質)において、3mm線量当量の単位での試験・校正が可能となった。

**H30年度**は**β線場のエネルギー拡大、β線場の換算係数の計算、線量計の校正**を行った。

# H29年度とH30年度の実施内容

## ①β線エネルギーの拡大

H29:
既存の線源(Sr-90:460MBq)を用いて予備実験を実施。

H30:
新規導入線源(Sr-90:3.7GBq),Ru-106:74MBq)を用いた場を設定。
組織吸収線量率($D(0.07)$と$D(3)$)を測定。

## ②3mm換算係数の計算

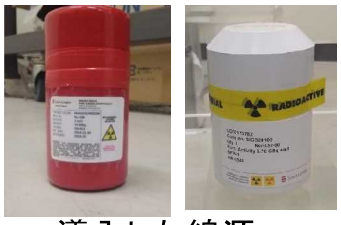
H29:
X線標準場(ISO Nシリーズ等)における換算係数を導出。

H30:
設定したβ線場における換算係数を導出。

## ③設定した場における線量計の試験・校正

H29:
線量計の選定。一部照射試験を実施。

H30:
設定したβ線場において線量計の校正定数を測定。



導入した線源

外挿電離箱による測定

校正定数を測定した電離箱

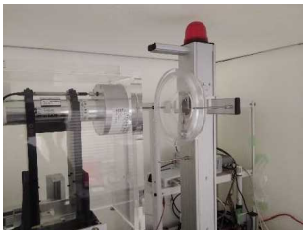


# ①β線エネルギーの拡大

- Sr-90線源(3.7GBq)とRu-106線源(74MBq)を導入。アクリルフィルタでベータ線エネルギーを低減する場を生成。
- 外挿電離箱による、ゼロ点外挿電流勾配、散乱吸収特性、再結合特性、線量率分布の測定結果から設定した場における組織吸収線量率を決定。
- 70μm組織吸収線量率については6種類、3mm組織吸収線量率については5種類のβ線場を設定した。

| 線源核種 | PMMA フィルタ | 最大残留エネルギー (MeV) | 70μm 組織吸収線量率 $\dot{D}$ (0.07)(mGy/h) | 3mm 組織吸収線量率 $\dot{D}$ (3) (mGy/h) | $\dot{D}$ (3) /$\dot{D}$ (0.07) | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sr-90/Y-90(既存) | BFF* | 1.8 | 30.0 | 12.9 | 0.43 | 従来設定済み |
| Sr-90/Y-90(新規) | 5mm | 1.0 | 41.1 | 1.81 | 0.044 | 本研究による |
| Sr-90/Y-90(既存) | 4mm | 1.3 | 11.7 | - | - | 本研究による |
| Sr-90/Y-90(新規) | 4mm | 1.3 | 111 | 11.5 | 0.104 | 本研究による |
| Sr-90/Y-90(既存) | 3mm | 1.5 | 26.3 | 3.55 | 0.135 | 本研究による |
| Sr-90/Y-90(新規) | 3mm | 1.5 | 233 | 44.0 | 0.189 | 本研究による |
| Ru-106/Rh-106 | なし | 2.9 | 14.8 | 10.4 | 0.70 | 本研究による |

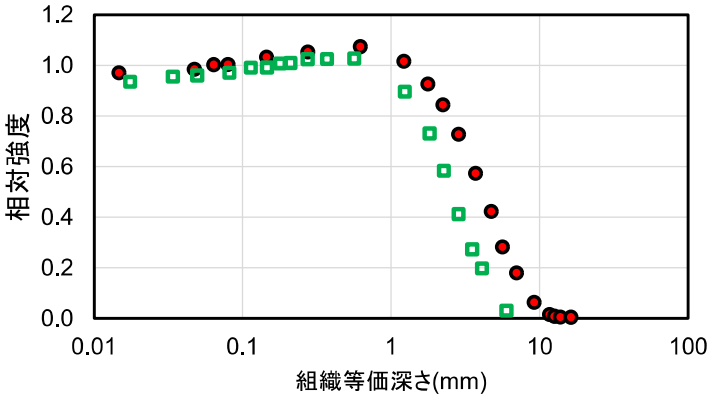
*BFFはビームフラッタニングフィルタを示す。


外挿電離箱による組織吸収線量率の測定

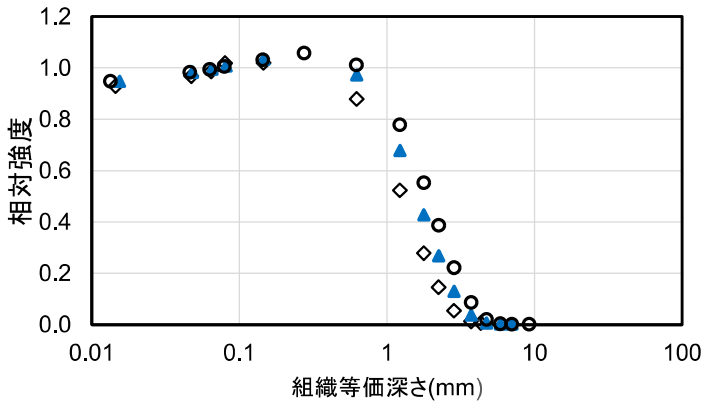
製作したアクリルフィルタ

## ①β線エネルギーの拡大

### β線場の散乱吸収特性




・空気密度の影響の補正
・70μm吸収線量と3mm吸収線量の比を求めるために測定

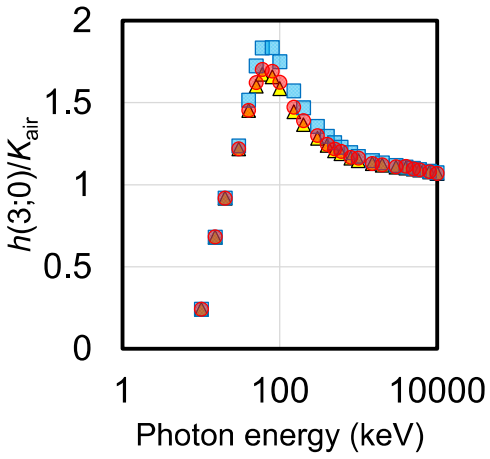



●：Ru-106
□：既存のSr-90とビームフラッタニングフィルタ
○：新規のSr-90とアクリル3mm厚
▲：新規のSr-90とアクリル4mm厚
◇：新規のSr-90とアクリル5mm厚

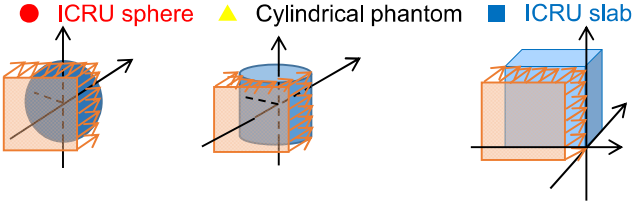


## ②3mm線量当量換算係数の計算

### 単色X線についての線量当量換算係数, $h(3)=H(3)/K_{air}$

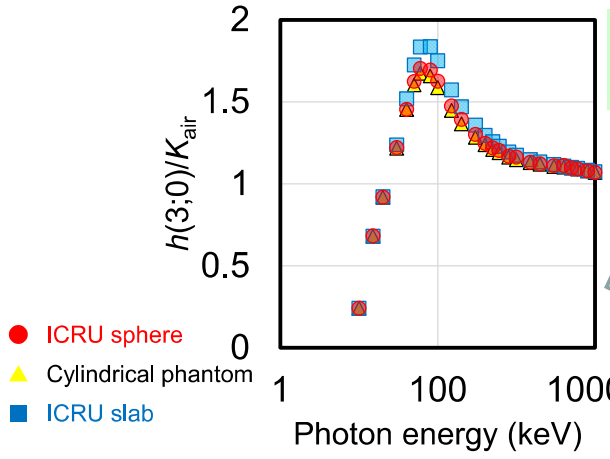



50 keV-200 keVにおいて7% - 11% の違いがある。散乱光によるものと考えられる。スラブに対する値と円柱ファントムに対する値が存在するので注意が必要。




- EGS5 code
- 入射光子エネルギー: 10keV–10MeV
- カットオフエネルギー:
  電子10MeV、光子 1keV
  **→カーマ近似の条件に対応**
- 反応が起きた位置における吸収エネルギーをスコア
- History number:$10^{10}$ – $10^{13}$

# ②3mm線量当量換算係数の計算




単色光子の空気カーマ-3mm線量当量換算係数
(EGS5コードのシミュレーションによる)

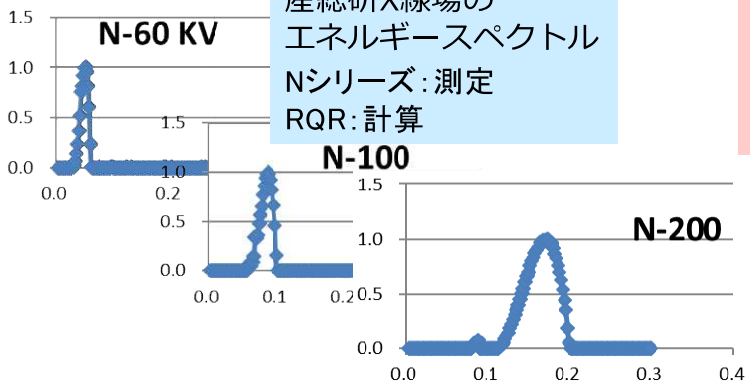
50 keV-200 keVにおいて散乱光による違いがみられた。
スラブに対する値と円柱ファントムに対する値が存在するので注意が必要

下記の産総研X線場における
換算係数を導出した。

ISO4037 N-300, N-250, N-200
N-150, N-120, N-100
N-80, N-60, N-40, N-30

IEC61267 RQR2, RQR3, RQR4
RQR5, RQR6, RQR7
RQR8, RQR9, RQR10

産総研X線場の
エネルギースペクトル
Nシリーズ：測定
RQR：計算

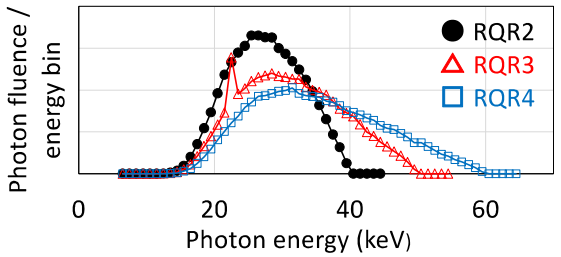


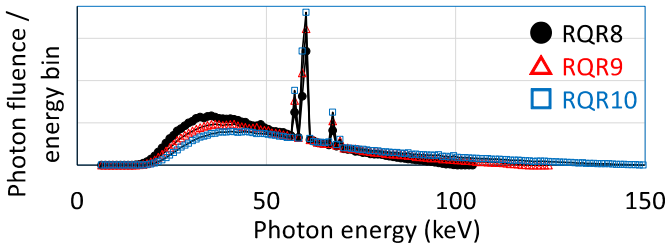


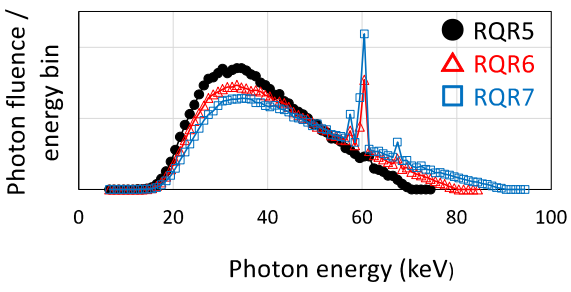

# ②3mm線量当量換算係数の計算

# RQR場のフルエンス分布

RQRシリーズの場 IEC61267:2005で規定される。診断用装置からのX線場の特徴を表す。
産総研場のフルエンス分布をMCNPコードにより計算した。




| | Tube voltage (kV) | Thickness of filter (mmAl) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | This work | ORAMED [a] | UPC [b] |
| **RQR10** | 150 | 4.62 | - | - |
| **RQR9** | 120 | 3.84 | 3.39 | 3.5 |
| **RQR8** | 100 | 3.40 | - | 3 |
| **RQR7** | 90 | 3.22 | 3.0 | 3 |
| **RQR6** | 80 | 3.00 | - | 3 |
| **RQR5** | 70 | 2.88 | - | 2.5 |
| **RQR4** | 60 | 2.67 | 2.72 | 2.5 |
| **RQR3** | 50 | 2.48 | - | 2.5 |
| **RQR2** | 40 | 2.47 | - | 2.5 |

[a] F. Vanhavere *et al*, ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff, ERADOS report 2012-02 (2012)

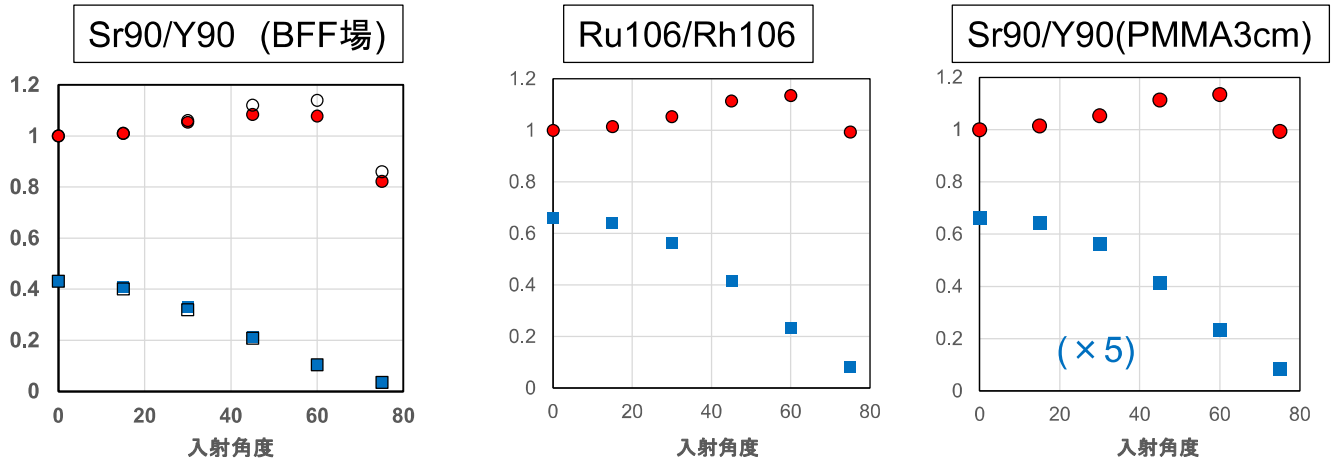
[b] S. Principi *et al*, *Radiation Protection Dosimetry* **170**, 45-48 (2016)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

# β線場の3mm線量当量換算係数の計算

設定した場における70μm組織吸収線量率と3mm組織吸収線量率について、
線量当量換算係数を計算により求めた。
→**角度特性の試験が可能に**

線量当量換算係数の入射角度特性



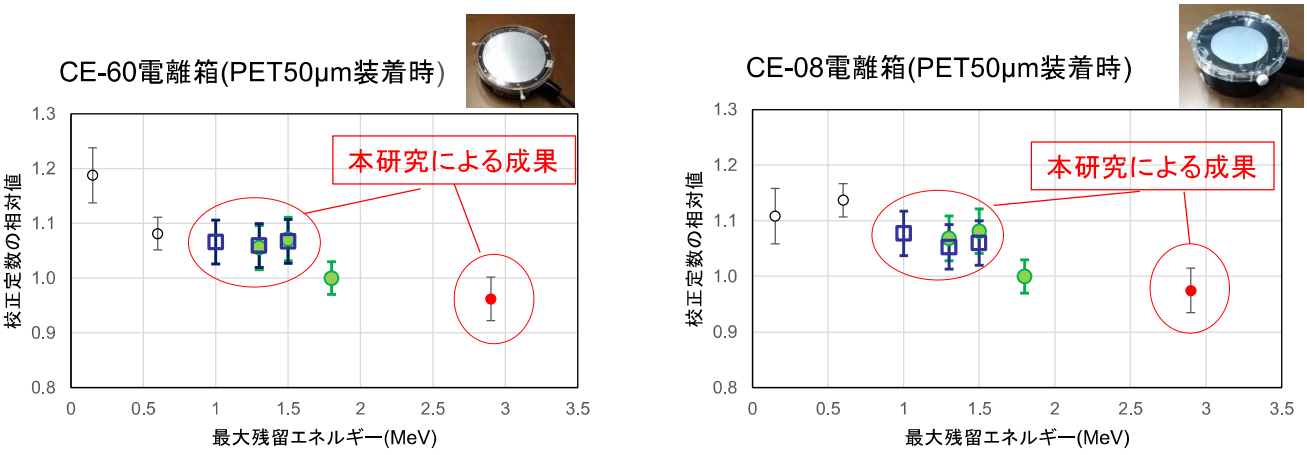

●*h*'(0.07) ■*h*'(3) EGS5(本研究による)、
○*h*'(0.07) □ *h*'(3) EGSnrc (Behrens (2015) JINST 10 P03014)
※ビームフラッタニングフィルタ(BFF)場は既存の校正場であり、他の研究報告との比較を示す。





## 70μm組織吸収線量率校正定数の測定結果

※各電離箱には、組織70μm厚さに相当するPET50μm厚のフィルムを装着



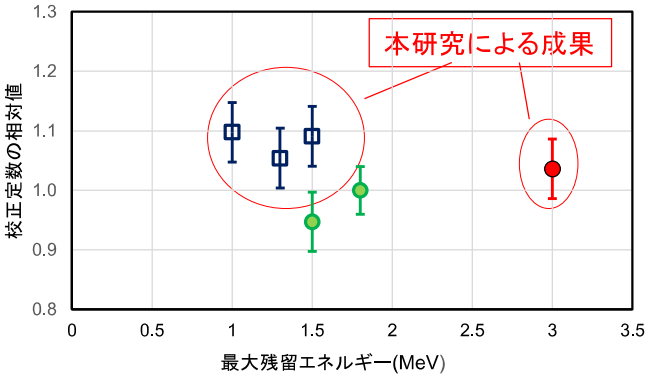

●:本研究で導入したRu-106による校正場(本研究で開発)
□:新規Sr90による校正場(本研究で開発)
●:既存のSr90による校正場(1.8MeVは従来より整備、1.3MeVと1.5MeVは本研究で開発)
○:Pm147およびKr85による校正場(従来より整備)

・最大残留エネルギー1.3MeVと1.5MeVでは新旧の線源で結果は良く一致した
・従来の3点のみのエネルギーに比べ、校正定数のエネルギー特性を詳細に理解できる

# ③設定したβ線場における線量計の校正

## 3mm組織吸収線量率校正定数の測定結果

CE-60電離箱(PMMA2.5mm装着時)




※電離箱には、2.5mm厚のアクリルフィルタを装着
(アクリルの3mm組織等価厚さは約2.6mm)
**→3mm線量当量測定用電離箱として利用**

●：本研究で導入したRu-106による校正場(本研究で開発)
□：新規Sr90による校正場(本研究で開発)
●：既存のSr90による校正場(1.8MeVは従来より整備、1.5MeVは本研究で開発)

・2.5mmのアクリルフィルタを装着した場合の薄膜電離箱の校正定数を測定した。
・校正定数は±10%以内で一定。
・従来は測定可能なエネルギーが1点のみのであったが、
1 MeV – 3 MeVの領域で校正定数のエネルギー特性が検証可能となった。





# 成果発表

- AOCRP-5 (メルボルン、2018/5/20-23)
  ”Dose equivalent conversion coefficients of the x-ray reference fields in NMIJ”

- 日本保健物理学会第51回研究発表会 (2018/6/29-30)
「β線3mm 吸収線量に対する薄膜電離箱とサーベイメータの校正」

- JASIS2018 第4回分析計測標準研究部門シンポジウム(2018/9/7)
「水晶体被ばく線量測定に用いる線量当量換算係数の決定と実用」

- 原子力学会2019年春の年会(2019/3/20-22)
「水晶体被ばく線量測定における1MeV以上のβ線校正場の開発」

# 評価委員会による評価結果のコメントへの対応

| コメント | 対応 |
|---|---|
| β線標準場を確立したことは大きな成果である。今後の校正システムとしての整備を期待する。 | ・原子力学会の講演など、外部関係者との意見交換する機会においてβ線標準場を利用できることをアナウンスしている。<br>・ISO TC85 SC2会議(2019年岡山)において、β線場の取入れの提案を行った。 |





# 研究成果の放射線規制及び放射線防護分野への活用

X線およびβ線校正場において
3mm線量当量換算係数を導出した

エネルギーを拡大したβ線校正場において
電離箱の校正定数を測定した

**3mm線量当量の単位での
校正・照射試験が可能に**

**β線用電離箱の3mm線量当量及び
70μm線量当量について、
校正定数のエネルギー特性を測定する
ことができることを実証した**

**管理方法を提言するために
実施する3mm線量当量
計測の保証**
3mm線量当量測定器の校正・試験に活用。

**個人線量モニタリングの
品質保証**
将来的にH(10)と同様の品質保証が必要になれば、技能試験などで活用できる。

**工業規格化**
β線標準場をISOやJISに取り込んでH(3)線量計の校正に用いる場として国際的に活用する。

原子力規制庁
放射線安全規制研究戦略的推進事業

# *「放射線業務従事者」としての「指定」の在り方に関する検討 ―原子力施設等と医療施設の比較 ―*

事後評価

*主任研究者　草間　朋子*
*（東京医療保健大学）*

# 評価委員会による評価結果のコメントへの対応

| 評価委員会からいただいたコメント | 修正した内容 |
|---|---|
| • 医療における実状を調査した成果は高く評価できる。<br>• 病院、診療所の属性等を併せた分析を追加されたい。 | • 質問紙調査の結果について、無床診療所、有床診療所、病院に分けて集計・分析し、病院においては病床規模ごとにも分析した(スライド13-16)。<br>• 2019年3月に実施した「放射線部(科)に所属する看護職者」の人数調査の結果も医療施設の規模ごとに分析し、追加した(スライド29-33)。 |

# 【研究目的】

医療施設における放射線業務従事者(放射線診療従事者)の取扱い(管理対象者としての指定、具体的管理方策等)を明確にし、法規制の下での放射線管理を確実に実施できる体制を整える

# 【研究の背景】

① 医療従事者は施設間の移動が頻繁
- 1施設での平均勤務期間　医師:5.3年　看護師:5.9年

② 医療施設における放射線防護・管理の現状
- 放射線業務従事者とするか否かの判断、管理のやり方等は各事業者の判断に任されている
- 放射線業務従事者の正確な数も把握できていない
- 医療従事者の多くは不均等被ばくであるにも関わらず、被ばく線量管理が適切に行われていない
- 線量限度を超える放射線診療(業務)従事者が毎年存在している　など

平成29年度

| | *就労者数* | *個人モニタリングの実施者* |
|---|---|---|
| *医師* | *296,845人* | *158,892人* |
| *看護師* | *1,176,859人* | *105,293人* |

個人線量測定機関協議会HPより引用　http://www.kosenkyo.jp

# 【研究ロードマップ】

| | 平成29年度 | | | 平成30年度 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 第2四半期 | 第3四半期 | 第4四半期 | 第1四半期 | 第2四半期 | 第3四半期 | 第4四半期 |
| 実態調査 | 質問紙作成 | 質問紙配布・回収 | データ分析 | | 関連学会発表 | | |
| インタビュー | インタビュー | データ分析 | | | 関連学会発表 | | |
| 指定基準案の作成 | | | | 第1回WG | 第2回WG<br>第指定基準案作成 | | |
| 指定基準案の検証 | | | | | | 第3回WG<br>関連団体との打ち合わせ | |
| 指定基準の発信 | | | | | | | 基準案の発信 |

達成状況

計画していた内容は達成

# 調査結果の報告

1. インタビュー調査の結果

2. 質問紙調査の結果

3. 放射線診療業務者の区分に関するガイドライン

4. ガイドラインの実現を目指した調査

## 1. インタビュー調査の結果

# インタビュー調査
# ―原子力関連施設における被ばく管理の実態―

## インタビュー対象者

- 原子力施設作業者の中央登録制度の関係者
- 原子力研究施設における被ばく線量管理担当者

各施設
2～3名

## インタビュー項目

- ◆ 誰を放射線業務従事者としているか
- ◆ 誰を一時立ち入り者としているか
- ◆ 中央登録制度に至った経緯
- ◆ 中央登録制度の運営を通しての医療領域への被ばく管理への示唆

等

# 医療領域で放射線管理の充実を図るためには

関連する原子力事業者、元請け企業全社が
登録制度に参加

↓

放射線業務従事者の登録および線量管理が徹底できる
(管理区域に立ち入る者・その可能性のある者全員を放射線作業従事者とする)

↓

事業所が変わっても継続して記録・管理できる

①医療領域では管理区域に立ち入る者全員の指定は困難

②放射線診療(業務)従事者の指定にあたっては関連団体(日本医師会,日本看護協会,日本診療放射線技師会等)の合意形成が必要

③被ばく線量管理の一元化に向けて官公庁(原子力規制庁・厚生労働省等)による制度的整備が重要

# インタビュー調査
# ―医療施設における放射線管理の実態―

## インタビュー対象施設

4施設
- 放射線治療、IVR、RI等を実施している施設
- 放射線管理の実質的な担当者（責任者）

## インタビュー項目

- ◆ 対象者・施設の基本情報（病床数、医療従事者数等）
- ◆ 放射線診療(業務)従事者とすべき人の選定基準
  - – 教育・訓練について
  - – 健康診断について
- ◆ 従事者を指定する際に困難な点
- ◆ 従事者の安全・安心確保のために放射線管理上必要だと思うこと

| | 医療施設 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| 指定の基準(明文化) | ○<br>(△) | ○<br>(○) | ×<br>(×) | △<br>(×) |
| 一時立ち入り者との区別の基準 | 週2回以上 | 年に数回<br>・<br>1回/月以上 | 週3回以上 | 0.1mSv/月以上の被ばくの可能性 |
| Nsを放射線診療(業務)従事者とする目安 | 所属部署 | 業務内容<br>・<br>所属部署 | 所属部署 | 所属部署<br>・<br>業務内容 |
| 登録方法 | 各部署(診療科、病棟)の所属長を通して書面 | | | |
| 被ばく線量の前歴把握 | 従事者登録用紙に自身で記載 | 従事者登録用紙に自身で記載 | 従事者登録用紙に自身で記載<br>＋コピー | 口頭 |
| 協力事務員の有無 | ○ | △<br>(厚生係) | × | △<br>(健診のみ)<br>厚生係 |

# 2. 質問紙調査の結果

# 質問紙
## ―医療施設における放射線管理の実態―

◆方法　:無記名自記式質問紙調査

◆対象施設・回答者

- **病院　3,000件　(約42%)**
- **診療所　2,000件　(約3%)**

回答者は施設の放射線管理部門の代表者1名

◆調査項目

・施設概要、放射線管理の対象者の選定方法など25問

質問紙への回答数(回収率)

992件(19.8%)　　有効回答数　980件(19.6%)

病院　　693件(23.1%)

診療所　　287件(14.4%)

# 放射線管理の対象者の選定基準の有無

誰を放射線診療(業務)従事者に指定するかの基準の有無

| | ある | | ない | | 総計 |
|---|---|---|---|---|---|
| 病院 | **287** | (42.6) | **386** | (57.4) | **673** |
| 病床数 | | | | | |
| 20-50 | 25 | (27.8) | 65 | (72.2) | 90 |
| 51-100 | 53 | (32.7) | 109 | (67.3) | 162 |
| 101-200 | 73 | (37.4) | 122 | (62.6) | 195 |
| 201-300 | 32 | (45.1) | 39 | (54.9) | 71 |
| 301-400 | 36 | (66.7) | 18 | (33.3) | 54 |
| 401-500 | 31 | (75.6) | 10 | (24.4) | 41 |
| 501-600 | 8 | (53.3) | 7 | (46.7) | 15 |
| 601-700 | 13 | (76.5) | 4 | (23.5) | 17 |
| 701< | 16 | (59.3) | 11 | (40.7) | 27 |
| 不明 | | (0.0) | 1 | (100.0) | 1 |
| 無床診療所 | **33** | (13.4) | **214** | (86.6) | **247** |
| 有床診療所 | **5** | (19.2) | **21** | (80.8) | **26** |
| 総計 | **325** | (34.4) | **621** | (65.6) | **946** |

括弧内は施設規模(病院は病床)内における割合

# 放射線診療(業務)従事者の選定にあたって考慮する条件　～看護師～

看護師を放射線診療(業務)従事者に指定する際に注目するもの(所属か業務か)

| | 所属部署 | | 業務内容 | | 所属部署＋業務内容 | | どちらでもない | | 総計 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 病院 | **37** | (5.8) | **117** | (18.3) | **318** | (49.6) | **169** | (26.4) | **641** |
| 病床数 | | | | | | | | | |
| 20-50 | 6 | (7.2) | 11 | (13.3) | 22 | (26.5) | 44 | (53.0) | 83 |
| 51-100 | 8 | (5.5) | 32 | (22.1) | 50 | (34.5) | 55 | (37.9) | 145 |
| 101-200 | 10 | (5.3) | 31 | (16.3) | 99 | (52.1) | 50 | (26.3) | 190 |
| 201-300 | 2 | (3.0) | 18 | (26.9) | 39 | (58.2) | 8 | (11.9) | 67 |
| 301-400 | 3 | (5.6) | 8 | (14.8) | 38 | (70.4) | 5 | (9.3) | 54 |
| 401-500 | 7 | (17.1) | 4 | (9.8) | 28 | (68.3) | 2 | (4.9) | 41 |
| 501-600 | 1 | (6.3) | 2 | (12.5) | 11 | (68.8) | 2 | (12.5) | 16 |
| 601-700 | 0 | (0.0) | 2 | (11.8) | 15 | (88.2) | 0 | (0.0) | 17 |
| 701< | 0 | (0.0) | 9 | (33.3) | 16 | (59.3) | 2 | (7.4) | 27 |
| 不明 | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 0 | (0.0) | 1 | (100.0) | 1 |
| 無床診療所 | **1** | (0.5) | **25** | (13.5) | **10** | (5.4) | **149** | (80.5) | **185** |
| 有床診療所 | **0** | (0.0) | **4** | (18.2) | **7** | (31.8) | **11** | (50.0) | **22** |
| 総計 | **38** | (4.5) | **146** | (17.2) | **335** | (39.5) | **329** | (38.8) | **848** |

括弧内は施設規模(病院は病床)内における割合

# 業務内容に着目して選定する場合の具体的な業務 ～看護師～ (複数回答可)

各放射線診療を行っている施設のうち、その放射線診療に関わる看護師を放射線診療(業務)従事者と指定している施設数

| | X線診断(単純撮影) | CT | IVR | 透視装置(オペ室のCアームを含む) | リニアック | 陽子線治療・重粒子線治療 | 密封小線源治療 | 核医学診断 | 核医学治療 | その他 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 病院 | 66 (9.6) | 151 (23.6) | 231 (85.6) | 380 (64.1) | 96 (76.8) | 3 (75.0) | 37 (84.1) | 96 (54.2) | 55 (62.5) | 19 (23.2) |
| 病床数 | | | | | | | | | | |
| 20-50 | 9 (9.8) | 8 (10.7) | 7 (100.0) | 23 (35.4) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (25.0) | 0 (0.0) | 2 (18.2) |
| 51-100 | 19 (11.7) | 17 (11.9) | 20 (100.0) | 70 (53.8) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 3 (14.3) |
| 101-200 | 12 (5.9) | 30 (15.5) | 57 (91.9) | 114 (65.1) | 2 (66.7) | 0 (0.0) | 3 (150.0) | 7 (46.7) | 1 (100.0) | 7 (29.2) |
| 201-300 | 5 (6.8) | 17 (24.6) | 34 (79.1) | 51 (76.1) | 7 (63.6) | 1 (100.0) | 1 (100.0) | 9 (39.1) | 2 (33.3) | 3 (37.5) |
| 301-400 | 3 (5.3) | 25 (44.6) | 37 (90.2) | 42 (77.8) | 18 (85.7) | 0 (0.0) | 3 (100.0) | 19 (47.5) | 6 (66.7) | 0 (0.0) |
| 401-500 | 6 (14.3) | 17 (40.5) | 27 (69.2) | 29 (70.7) | 21 (65.6) | 1 (100.0) | 5 (71.4) | 18 (50.0) | 10 (47.6) | 0 (0.0) |
| 501-600 | 1 (6.3) | 7 (43.8) | 10 (66.7) | 10 (62.5) | 7 (50.0) | 0 (0.0) | 1 (33.3) | 5 (33.3) | 4 (40.0) | 1 (50.0) |
| 601-700 | 4 (22.2) | 12 (66.7) | 15 (88.2) | 16 (88.9) | 16 (94.1) | 0 (0.0) | 7 (87.5) | 14 (82.4) | 13 (81.3) | 0 (0.0) |
| 701< | 7 (25.9) | 18 (66.7) | 24 (92.3) | 25 (92.6) | 24 (92.3) | 1 (100.0) | 17 (85.0) | 23 (88.5) | 19 (82.6) | 3 (60.0) |
| 不明 | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| 無床診療所 | 28 (11.7) | 2 (7.4) | 1 (100.0) | 14 (37.8) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 3 (13.0) |
| 有床診療所 | 8 (30.8) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 6 (66.7) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 0 (0.0) |
| 総計 | 102 (10.7) | 153 (22.7) | 232 (85.6) | 400 (62.6) | 96 (76.8) | 3 (75.0) | 37 (84.1) | 97 (54.5) | 55 (62.5) | 22 (19.8) |

括弧内は施設規模(病院は病床)内における割合



# 被ばく前歴の把握方法

被ばく前歴の把握方法

| | 採用時の健康診断の問診 | 放射線管理担当者による面接で口頭による確認 | 前職場で発行した文書の提出 | 何もしていない | 総計 |
|---|---|---|---|---|---|
| 病院 | **154** (23.7) | **72** (11.1) | **122** (18.8) | **301** (46.4) | **649** |
| 病床数 | | | | | |
| 20-50 | 16 (18.2) | 12 (13.6) | 12 (13.6) | 48 (54.5) | 88 |
| 51-100 | 30 (19.6) | 22 (14.4) | 22 (14.4) | 79 (51.6) | 153 |
| 101-200 | 37 (19.0) | 20 (10.3) | 34 (17.4) | 104 (53.3) | 195 |
| 201-300 | 13 (18.3) | 10 (14.1) | 17 (23.9) | 31 (43.7) | 71 |
| 301-400 | 19 (39.6) | 3 (6.3) | 7 (14.6) | 19 (39.6) | 48 |
| 401-500 | 21 (53.8) | 2 (5.1) | 8 (20.5) | 8 (20.5) | 39 |
| 501-600 | 7 (43.8) | 1 (6.3) | 4 (25.0) | 4 (25.0) | 16 |
| 601-700 | 3 (23.1) | 1 (7.7) | 7 (53.8) | 2 (15.4) | 13 |
| 701< | 8 (32.0) | 1 (4.0) | 10 (40.0) | 6 (24.0) | 25 |
| 不明 | 0 (0.0) | 0 (0.0) | 1 (100.0) | 0 (0.0) | 1 |
| 無床診療所 | **41** (18.2) | **11** (4.9) | **5** (2.2) | **168** (74.7) | **225** |
| 有床診療所 | **7** (28.0) | **0** (0.0) | **1** (4.0) | **17** (68.0) | **25** |
| 総計 | **202** (22.5) | **83** (9.2) | **128** (14.2) | **486** (54.1) | **899** |

括弧内は施設規模(病院は病床)内における割合

# 質問紙調査の主な結果

- 調査対象施設の60%以上が「放射線診療(業務)従事者」指定する基準がない
- 放射線診療(業務)従事者の選定にあたって
  医者　　業務内容を考慮 32%、所属部署と業務内容の両方を考慮　33%
  看護師　業務内容を考慮 17%、所属部署と業務内容の両方を考慮　40%
- 被ばく前歴の把握を「行なっていない」 54%

**医療施設における「放射線診療(業務)従事者」指定の方向性**

- 医療スタッフの安全・安心の確保
- コストパフォーマンス

実現性（医療界の合意）のあるガイドラインの提案

# 3. 放射線診療業務者の区分に関するガイドライン

# 看護職者を対象にしたガイドライン
## ―放射線診療(業務)従事者の区分―

看護職者を所属部署・業務内容から3区分に分類

| 区分 | 分類 | 該当者の<br>放射線管理内容 |
|---|---|---|
| A区分 | 放射線診療(業務)従事者 | 被ばく線量評価、教育・訓練の受講、電離放射線健康診断を義務付ける |
| B区分 | 一時立ち入り者 | 管理区域への立ち入りの都度、被ばく線量を測定・記録し、記録結果を5年間保管する |
| C区分 | 一般の医療従事者 | 公衆被ばくの線量限度に達しない看護職者 |

# 放射線診療従事者の区分

1. 所属部署に着目した区分

2. 業務内容に着目した区分

# 1. 所属部署に着目した区分

| 区分 | 該当者 |
|---|---|
| Ⅰ | 放射線科・放射線部等、放射線診療を主たる業務内容としている部署および看護単位に所属する看護職者 (A区分) |
| Ⅱ | Ⅰ に該当しない看護職者 (A、B、Cの3区分) |

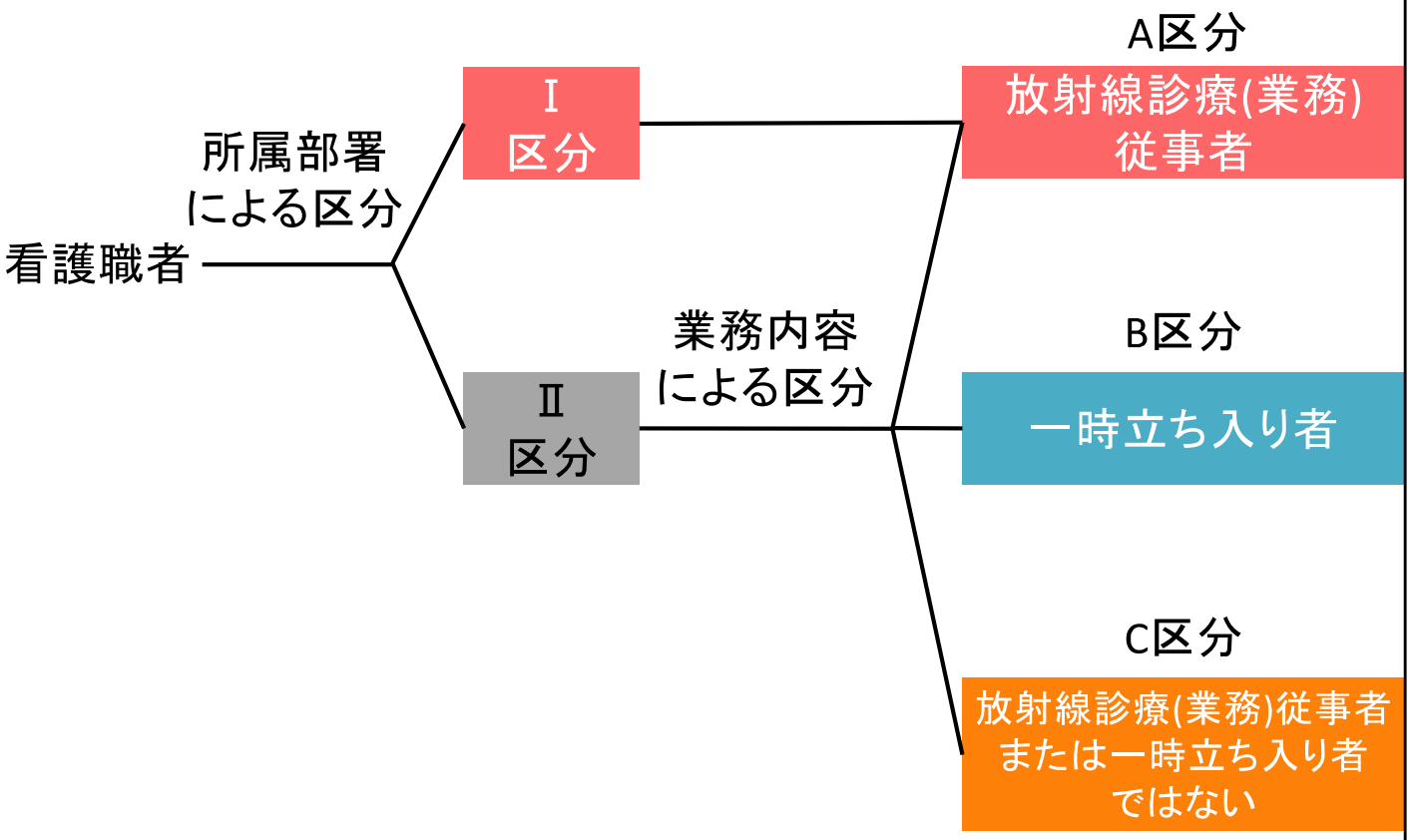
# 2. 業務内容（被ばく線量）に着目した区分

| 区分 | 該当者 |
|---|---|
| A区分 | 500μSv/月 (5mSv/3月 × 1/3【月】× 3/10＊) を超える恐れがある看護職者 |
| B区分 | ①80μSv/月を超える恐れがあり、500μSv/月を超える恐れがない看護職者<br>②80μSv/月を超える恐れは低いが、業務内容が看護職者の不安に繋がる業務に従事する看護職者 |
| C区分 | 80μSv/月　(1mSv/年＊＊ × 1/12【月】)を超える恐れがない |

参考　＊：ICRP Pub.26 職業上の被ばく、EU directive、U.S. NRC 10CFR

＊＊：ICRP Pub.103 公衆被ばくの線量限度

# 看護職者の「放射線診療(業務)従事者」としての区分のフローチャート




# 業務内容に着目した区分の例示

| 放射線診療 | 区分 | 該当条件 |
|---|---|---|
| 一般撮影<br>(移動式含む) | A | 一般撮影の患者介助を患者から1m以内※で100回/月以上介助を行う者　※自身の体の一部が照射野に入らないように留意する |
| | B | X線撮影の際に患者の固定等撮影の介助(患者から1m以内※で)を16回/月以上100回/月未満の頻度で行う者 |
| | C | X線撮影の際に患者の固定等撮影の介助(患者から1m以内※で)を16回/月未満の頻度で行う者 |
| | | X線撮影の際に患者の介助を行うが、撮影時患者から2m以上離れた場所にいる者 |
| | | 病棟や外来、救急外来等に勤務し、患者の一般撮影室への移動を介助し、患者の照射台への移動の介助のみ行う者 |
| 外部放射線治療 | A | 外部放射線治療室での業務およびプランニングCTの介助を主な業務とする者 |
| | B | 不定期(月1回程度)に外部放射線治療室での業務・プランニングCTで固定など介助に入る者 |
| | C | 患者の搬送を行う者 |

# 業務内容に着目した区分の例示

| 放射線診療 | 区分 | 該当条件 |
|---|---|---|
| CT | A | CT室で主に業務する者 |
| | | 1回/月以上の頻度で1ヶ月以上継続して、頭部の固定介助または上肢挙上介助、バギングなど、撮影中患者の介助を行う者 |
| | | または、上記介助を2回/月以上行う者 |
| | B | 不定期に(月1回程度)頭部の固定介助または上肢挙上介助、バギングなど、撮影中患者の介助を行う者 |
| | C | CT室への患者搬送のみ行う者 |
| | | 撮影時CT室外にいる者 |
| 密封小線源治療 | A | 挿入介助を行う者 |
| | | 放射線治療病室または管理区域として設定されている病室のある病棟の常勤者 |
| | B | — |
| | C | 治療室等管理区域から退出した患者と関わる者 |



# 業務内容に着目した区分の例示

| 放射線診療 | 区分 | 該当条件 |
|---|---|---|
| IVR | A | 血管撮影室・血管治療室などIVR機器がある部屋で主に業務する者 |
| | | 1回/月以上の頻度で1ヶ月以上継続して機器がある部屋に入室し、患者の観察、介助を行う者 |
| | | 50件/月以上　患者の観察、介助を行う者 |
| | B | IVR操作中に機器がある部屋に入室する者で、患者から離れた距離(防護板の後ろなど)で患者の観察のみをする者 |
| | | 不定期に15件/月以上50件/月未満の頻度で患者の観察、介助を行う者 |
| | C | 透視・撮影時機器のある部屋から離れ、操作室等にいる者 |
| | | 血管撮影室への患者搬送のみ |
| 透視 | A | 透視室・TV室・内視鏡室などエックス線透視機器がある部屋で主に業務する者 |
| | | 1回/月以上の頻度で、1ヶ月以上継続して介助を行う者 |
| | | 1回あたり透視時間が60分を超える透視患者の診療の介助を1回/月以上行う者 |
| | B | 透視操作中に機器がある部屋に入室する者で、患者から離れた距離(防護板の後ろなど)で患者の観察をする者 |
| | C | 透視・撮影時に操作室等にいる者 |
| | | 透視室への患者搬送のみ行う者 |

# 業務内容に着目した区分の例示

| 放射線診療 | 区分 | 該当条件 |
|---|---|---|
| 核医学診断(PET含む) | A | 核医学検査室など放射線医薬品がある場所で主に業務する者 |
| | | 放射性医薬品を扱う(投与等　以下同義)者※ |
| | | 放射性医薬品を扱わないが、80件/月以上の核医学診断の介助を行う者 |
| | | 放射性医薬品を扱わないが、核医学検査室に1回/月以上、1ヶ月以上継続して入室する者 |
| | B | 放射性医薬品を扱わないが、不定期に核医学検査室に2回/月以上の頻度で入室する者 |
| | | 放射性医薬品は扱わず、10件/月以上80件/月未満の核医学検査の介助を行う者 |
| | C | 核医学検査室への患者搬送のみ行う者 |
| | | 放射性医薬品を投与した患者が入院している病棟に勤務する者 |
| 核医学治療 | A | 核医学治療を行う部屋または核医学治療を受けた患者がいる場所で主に業務する者 |
| | | 放射性医薬品を扱う(投与等　以下同義)者※ |
| | | 核医学治療を受けた当日の患者にケアを行うまたは、治療翌日に20分以上のケアを行う者 |
| | B | 放射性医薬品は扱わず※、不定期に放射線治療病室に2回/月以上の頻度で入室する者 |
| | C | 治療前の患者を放射線治療室へ送る者 |
| | | 放射線治療室・アイソトープ病室等から退出した患者と関わる者 |

# 実現性のあるガイドラインとするために（医療界の合意）

## 1.　学術団体の意見

日本放射線看護学会 ➡
- ガイドラインの重要性
- 学会のガイドラインとして提案することを検討したい

## 2.　職能団体の意見

①日本看護協会
②日本医師会
③日本診療放射線技師協会 ➡
- ガイドラインの重要性
- ガイドラインの概要に関しては賛同

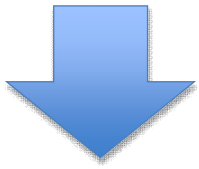
ただし、下記事項は検討を要する
- 被ばく線量測定に関する費用負担
- ガイドラインを適用した場合の該当者の人数

# 4. ガイドラインの実現を目指した調査

# ガイドラインの実現を目指した調査
## ～放射線部(科)に所属する看護職者の把握～

職能団体からの要望

本ガイドライン適用時に放射線診療(業務)従事者となる看護職者の推定人数の把握



本ガイドラインにおいて、必ず放射線診療(業務)従事者に指定することとしている「放射線部(科)に所属する看護職者」の人数を調査

# 調査方法

調査対象施設

日本医学放射線学会が認定する
「放射線科専門医総合修練機関および修練機関」(763施設)

調査項目

- 施設の概要(2問)
- 各施設に所属する看護職者総数および放射線部(科)に所属する看護職者数
- 放射線部(科)に所属する看護職者が関わっている放射線診療
- 各施設の放射線管理区域の数
- 施設で年間に行う放射線診療の件数

# 調査結果

回答数　256施設（回答率33.7%：3施設が閉院していたため，実配布数は760施設)

病床規模ごとの看護職者人数

| 病床数による区分 | 施設数 | 1施設あたりの看護職者の平均人数 | 1施設あたりの放射線部(科)に所属する看護職者の平均人数と、看護職に占める割合 |
|---|---|---|---|
| 101-200 | 11 | 150.5 | 5.2 (3.4) |
| 201-300 | 38 | 212.2 | 2.7 (1.3) |
| 301-400 | 48 | 325.3 | 6.0 (1.8) |
| 401-500 | 49 | 442.7 | 8.8 (2.0) |
| 501-600 | 37 | 465.8 | 9.1 (2.0) |
| 601-700 | 33 | 636.3 | 11.6 (1.8) |
| 701< | 40 | 877.9 | 20.8 (2.4) |
| 総数 | **256** | **469.9** | **9.5** (2.0) |

括弧内は常勤看護職者数に対する放射線部(科)所属看護職者数の割合

# 考察

病院勤務の総看護職者数(約100万人)のうち
個人モニタを装着している看護職は10%

個人線量測定機関協議会HPより引用
(http://www.kosenkyo.jp)

本調査結果：総看護職者の2%が放射線部(科)に所属

8%の看護職者は放射線部(科)以外に
所属して放射線診療に関わっていると推測される。

# 本研究成果の
# 放射線防護・規制分野への活用

- ガイドラインを作成し、放射線診療(業務)従事者として放射線管理の対象にする看護職者を明確にした。
- 看護職者以外の医療職（医師、臨床検査技師など）の放射線管理の対象者（放射線診療(業務)従事者の定義を明確にするきっかけとなり、医療領域の放射線管理の改善につながる。
- 医療領域の放射線業務従事者の実数の把握につながる(UNSCAER等への報告)

# 医療界の放射線管理の充実に寄与できることを期待して

①本調査で提案したガイドラインの，医療現場でのフィージビリティスタディの実施

②公的機関のガイドラインとして提示できるための活動

③受講者にとって魅力ある「教育・訓練」の検討

**参考資料２**

# 採択課題の評価について

令和元年６月２６日
研究評価委員会

（１）評価の概要

放射線安全規制研究推進事業に採択された研究課題及び放射線防護研究ネットワーク形成推進事業に採択されたネットワーク事業（以下「採択課題」という。）については、年次評価、中間評価及び事後評価を受けるものとする。

年次評価及び中間評価は、毎年度実施する自己評価及び成果報告会における研究代表者からの報告内容を踏まえて、研究評価委員会が評価を行う。事後評価は、事業の終了後に実績報告書を踏まえて、研究評価委員会が評価を行う。

（２）評価の位置付け

年次評価、中間評価及び事後評価の位置付けは以下のとおりとする。

- 年次評価：毎年度、採択課題について実施するもの。
  事業の進捗管理のために研究の実施状況について、自己評価を踏まえて評価委員会が評価し、次年度以降の研究計画について提言する。
- 中間評価：研究期間が４年間以上の実施課題に対して、３年目に年次評価に替えて実施するもの。
  研究の実施状況及び成果について自己評価を踏まえて長期的な視点から評価委員会が評価し、次年度以降の研究計画について提言する。
- 事後評価：調査・研究期間の終了後に実施するもの。
  委託事業として必要な成果が得られているか、実績報告書を踏まえて評価委員会が評価する。

（３）評価の手順

課題の研究代表者から事前に提出された評価票（自己評価）（別紙 1）及び成果報告会における研究代表者の報告内容を踏まえ、研究評価委員会の定める評価基準（表 1 及び表 2）に基づき、各研究評価委員が評価を行い、評価票（委員による評価）（別紙 2～4）を作成する。

研究評価委員会は各委員の評価票を踏まえて各事業の評価結果（総合評価及びコメント）を取りまとめることとする。

（４）評価の公開について

- 評価の透明性確保のため、評価基準については公開する。
- 研究評価委員会の議事概要及び資料等については原則、公開する。

## 表１ 放射線安全規制研究戦略的推進事業評価基準
## （年次評価及び中間評価）

| 評価の視点 | 評価項目 | 評価基準 |
|---|---|---|
| 評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか | 1. 実施体制（人員の配分、参画機関の役割分担、責任体制）<br>2. 研究期間・方法<br>3. 予算の執行 | A: 妥当<br>B: 概ね妥当<br>C: 見直しが必要<br>D: 妥当でない |
| | 1. 評価時点までの目標達成度<br><br>2. 評価時点までの研究成果（論文（投稿中のものを含む)、特許（申請中のものを含む)、学会発表等） | A: 高い<br>B: やや高い<br>C: やや低い<br>D: 低い |
| 今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画は適切か | 次年度以降の事業の研究計画の妥当性を以下の点に関して評価する。<br>1. 研究期間全体のロードマップについて<br>2. 次年度の実施計画（目標、方法、実施体制等） | A: 妥当<br>B: 概ね妥当<br>C: 見直しが必要<br>D: 妥当でない |
| 過去３年の進捗を踏まえて、研究の目標が達成できる見込みか※ | 1. 研究期間内における目標の達成可能性 | A: 達成可能<br>B: 概ね達成可能<br>C: 達成困難<br>D: 達成不可能 |
| 総合評価 | 上記の評価項目に関する評価結果を基に、総合的に評価。 | A: 一層の推進を期待<br>B: 現状通り実施<br>C: 計画を修正して実施<br>D: 中止すべき |

※中間評価時の視点（年次評価時は用いない）

## 表２　放射線安全規制研究戦略的推進事業評価基準
## （事後評価）

| 評価の視点 | 評価項目 | 評価基準 |
|---|---|---|
| 評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか | 1. 研究目標の達成度 | A: 目標を上回った<br>B: 目標通り<br>C: 目標の一部は達成<br>D: 目標の達成は不十分 |
| 研究成果の活用性及び有用性 | 1. 本事業における研究成果（論文（投稿中のものを含む)、特許（申請中のものを含む)、学会発表等） | A: 高い<br>B: やや高い<br>C: やや低い<br>D: 低い |
| | 2. 放射線規制及び放射線防護分野への貢献度 | A: 高い<br>B: やや高い<br>C: やや低い<br>D: 低い |
| 研究成果の費用対効果 | 1. 研究コスト及び費用対効果 | A: 高い<br>B: やや高い<br>C: やや低い<br>D: 低い |
| 総合評価 | 上記の評価項目に関する評価結果を基に、総合的に評価。 | A: 非常に有用な成果が得られた<br>B: 有用な成果が得られた<br>C: 限定的ではあるが、有用な成果が得られた<br>D: 有用な成果が得られなかった |

別紙１

# 放射線安全規制研究戦略的推進事業評価票
# （自己評価）

（○○年度）　　研究代表者名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

| 研究課題名 | | 研究年度 | ○○～○○年度 |
|---|---|---|---|

Ⅰ　研究の実施状況及び目標の達成度等に関する研究者による自己評価

1. 研究代表者による自己評価

放射線安全規制研究戦略的推進事業評価基準を踏まえて記載すること。

| 評価の視点 | 自己評価 | コメント |
|---|---|---|
| 評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか | １．計画を上回る<br>２．概ね計画どおり<br>３．計画を達成できない<br>４．計画を達成できないが代替手段によって今年度の目標を達成した | |
| 今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画に変更が必要か※1 | １．必要ない<br>２．軽微な変更が必要※2<br>３．大幅な変更が必要※2 | |

エフォート：　　％

※１：年次及び中間評価時の視点（事後評価時は用いない）

※２：研究計画に変更が必要な場合は、変更点と変更が必要な理由についてコメント欄に記入すること

2. 分担研究者による自己評価

（以下、上記と同様に適宜追加して記載）

Ⅱ　評価時までの研究成果（成果発表、特許、データベース構築及びソフトウェア開発など）

| |
|---|
| |

Ⅲ　研究費使用実績（今年度中見込みを含む）

当該年度における予算の執行状況について記載すること。

年度当初から大幅な変更があった場合は変更点と変更理由についても記入すること。

間接経費の使用実績※についても可能な限り記入すること、記入出来ない場合はその理由を記入すること。

| |
|---|
| |

※間接経費の使用については「放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）研究計画書作成要領」において、「放射線防護に係る研究開発環境の改善に使用されることが望ましい。」としている。

別紙２

# 放射線安全規制研究戦略的推進事業評価票
## （委員による評価）【年次評価用】

（○○年度）　　評価委員名＿＿＿＿＿＿＿＿

整理番号：

| 研究課題名 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 研究期間 | | 年間研究費 | | 継続　　最終年度 |

| 評価の視点 | 評価項目 | 評価基準 |
|---|---|---|
| 評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか | 1. 実施体制（人員の配分、参画機関の役割分担、責任体制）<br>2. 研究期間・方法<br>3. 予算の執行 | A: 妥当<br>B: 概ね妥当<br>C: 見直しが必要<br>D: 妥当でない |
| | 1. 評価時点までの目標達成度<br><br>2. 評価時点までの研究成果（論文（投稿中のものを含む）、特許（申請中のものを含む）、学会発表等） | A: 高い<br>B: やや高い<br>C: やや低い<br>D: 低い |
| 今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画は適切か | 次年度以降の事業の研究計画の妥当性を以下の点に関して評価する。<br>1. 研究期間全体のロードマップについて<br>2. 次年度の実施計画（目標、方法、実施体制等） | A: 妥当<br>B: 概ね妥当<br>C: 見直しが必要<br>D: 妥当でない |
| 総合評価 | 上記の評価項目に関する評価結果を基に、総合的に評価。 | A: 一層の推進を期待<br>B: 現状通り実施<br>C: 計画を修正して実施<br>D: 中止すべき |
| | （コメント欄） | |

（注）・評価基準欄は、別表1に従ってAからDのうちいずれかを○で囲む。
・コメント欄は、評価項目毎に課題の優れている点、問題点等について具体的に記入する。特に総合評価が「C」評価の場合は、見直すべき部分を記入する。

別紙３

# 放射線安全規制研究戦略的推進事業評価票
## （委員による評価）【中間評価用】

（○○年度）　　評価委員名＿＿＿＿＿＿＿＿

整理番号：

| 研究課題名 | | | |
|---|---|---|---|
| 研究期間 | | 研究費総額（中間評価時点） | |

| 評価の視点 | 評価項目 | 評価基準 |
|---|---|---|
| 評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか | 1. 実施体制（人員の配分、参画機関の役割分担、責任体制）<br>2. 研究期間・方法<br>3. 予算の執行 | A: 妥当<br>B: 概ね妥当<br>C: 見直しが必要<br>D: 妥当でない |
| | 1. 評価時点までの目標達成度<br><br>2. 評価時点までの研究成果（論文（投稿中のものを含む）、特許（申請中のものを含む）、学会発表等） | A: 高い<br>B: やや高い<br>C: やや低い<br>D: 低い |
| 今年度の進捗や達成度を踏まえて、次年度の研究計画は適切か | 次年度以降の事業の研究計画の妥当性を以下の点に関して評価する。<br>1. 研究期間全体のロードマップについて<br>2. 次年度の実施計画（目標、方法、実施体制等） | A: 妥当<br>B: 概ね妥当<br>C: 見直しが必要<br>D: 妥当でない |
| 過去３年の進捗を踏まえて、研究の目標が達成できる見込みか | 1. 研究期間内における目標の達成可能性 | A: 達成可能<br>B: 概ね達成可能<br>C: 達成困難<br>D: 達成不可能 |
| 総合評価 | 上記の評価項目に関する評価結果を基に、総合的に評価。 | A: 一層の推進を期待<br>B: 現状通り実施<br>C: 計画を修正して実施<br>D: 中止すべき |
| | （コメント欄） | |

（注）・評価基準欄は、別表1に従ってAからDのうちいずれかを○で囲む。
・コメント欄は、評価項目毎に課題の優れている点、問題点等について具体的に記入する。特に総合評価が「C」評価の場合は、見直すべき部分を記入する。

別紙４

# 放射線安全規制研究戦略的推進事業評価票
# （委員による評価）【事後評価用】

（○○年度）　　評価委員名＿＿＿＿＿＿＿＿

整理番号：

| | | | |
|---|---|---|---|
| 研究課題名 | | | |
| 研究期間 | | 研究費総額 | |
| 評価時点までの研究の実施が研究計画に沿って行われているか | 1. 研究目標の達成度 | | A: 目標を上回った<br>B: 目標通り<br>C: 目標の一部は達成<br>D: 目標の達成は不十分 |
| 研究成果の活用性及び有用性 | 1. 本事業における研究成果（論文（投稿中のものを含む)、特許（申請中のものを含む)、学会発表等） | | A: 高い<br>B: やや高い<br>C: やや低い<br>D: 低い |
| | 2. 放射線規制及び放射線防護分野への貢献度 | | A: 高い<br>B: やや高い<br>C: やや低い<br>D: 低い |
| 研究成果の費用対効果 | 1. 研究コスト及び費用対効果 | | A: 高い<br>B: やや高い<br>C: やや低い<br>D: 低い |
| 総合評価 | 上記の評価項目に関する評価結果を基に、総合的に評価。 | | A: 非常に有用な成果が得られた<br>B: 有用な成果が得られた<br>C: 限定的ではあるが、有用な成果が得られた<br>D: 有用な成果が得られなかった |
| | （コメント欄） | | |

（注）・評価基準欄は、別表2に従ってAからDのうちいずれかを○で囲む。
・コメント欄は、評価項目毎に課題の優れている点、問題点等について具体的に記入する。

# 令和元年度事後評価 対象課題 評価取りまとめ票

参考資料3

| 整理番号 | 課題名 | 評価者 | 研究目標の達成度 | 研究成果 | 放射線規制及び放射線防護分野への貢献度 | 研究コスト及び費用対効果 | 総合評価 | 評価コメント |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 短寿命α線核種の合理的規制のためのデータ取得による安全性検証と安全管理・教育方法の開発 | イ | B | B | B | B | B | ・ガイドライン策定に向けた根拠データが得られたとともに、今後の具体的方向性が提案されており、放射線規制への貢献度が高い。<br>・今後、各施設でのエビデンス取得のための手順を具体的に示していくことが必要である。<br>・表題にある教育方法の開発の成果が明確ではない。具体的な教育方法を明示する必要がある。<br>・放射線管理の不合理な部分を改善するために必要な情報を含み、現場への適用に際してはエビデンスを求めるなど信頼性を基礎とした安全管理の合理化の可能性を示している。<br>・科学的根拠のない一律の飛散率を適用してきた規制のあり方を合理的に見直す根拠を提示している点で大きな成果をあげている。<br>・様々なベクターに担持できる可能性のある211Atについて、標識物により著しく挙動が異なることも報告書に記されており、評価結果でコメントしたとおりデータに影響を与える因子としてさらに検討が必要である。 |
| | | ロ | B | B | A | B | B | |
| | | ハ | B | A | A | A | A | |
| | | ニ | B | B | A | A | A | |
| 2 | 短寿命α核種等のRI利用における合理的な放射線安全管理のあり方に関する研究 | イ | B | C | C | C | C | ・国内調査、海外調査と成果との関連が不明確である。<br>・国内で合理的な放射線安全管理を実施するために、海外事例をどのように参考とするかを明確にすべきである。<br>・合理的な放射線管理を実現するうえで、この分野のRI利用の作業内容、排気・排水、被ばく管理の方法、環境モニタリングなど防護の合理性を確保するための方法を調査結果として具体的に示す必要がある。<br>・国内・国外での情報収集により一定の成果をあげている。<br>・国外においては、放射性物質に対しての基本的な規制が日本とは異なるところがある。短半減期α核種についての規制だけを見るのではなく、全体的な像から見ていただくとより踏み込んだ検討ができるのではないか。これにより日本の規制を合理化する際の課題がより深く考察できると思われる。 |
| | | ロ | C | C | C | C | C | |
| | | ハ | B | C | C | C | C | |
| | | ニ | B | B | C | B | B | |
| 3 | 加速器施設の廃止措置に係わる放射化物の測定、評価手法の確立 | イ | B | B | A | C | B | ・規制対象施設に応じて、規制対象範囲を明確にするデータを取得しており、放射線規制への貢献度は高い。<br>・確立した放射化物の測定、評価手法を実際の現場でどのように役立てられるのか廃止マニュアルの整備を含め今後の取り組みが重要である。特に、各施設において廃止時期の迫る小型サイクロトロンに対する測定評価手法の確立は急務である。<br>・放射性廃棄物の減容の観点から、現時点でもマニュアル化の可能な重要な情報を得ている。今後汚染の広がりを判別する手法の精度をさらに高め、効率的な運用を可能とするものになることを期待する。<br>・この技術は、応用されれば多くの社会的利益を生む可能性があるが、研究の費用としては効率を考慮する必要がある。<br>・建屋コンクリートに（一部を除き）放射化がないこと、施設廃止のマニュアルが完成したことは射線規制上の成果として評価できる。<br>・陽子線治療加速器施設について更なるデータ収集を行うことが必要と書かれている。標準化までに後どれだけのデータ収集が必要なのか、明確に示していただきたい。 |
| | | ロ | B | B | B | C | B | |
| | | ハ | B | B | A | B | A | |
| | | ニ | C | B | B | C | B | |

| 整理番号 | 課題名 | 評価者 | 研究目標の達成度 | 研究成果 | 放射線及び放射線防護分野への貢献度 | 研究コスト及び費用対効果 | 総合評価 | 評価コメント |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 原子力・医療従事者等の標準的な水晶体の等価線量モニタリング、適切な管理・防護はどうあるべきか？～水晶体被ばくの実態から探る～ | イ | B | C | A | B | B | ・国内基準に取り入れるべき各現場において基礎データを取得することができ、放射線規制への貢献度は高い。<br>・今後、測定を含め現場での具体的な対応方法を明確にしていく必要がある。<br>・水晶体の被ばく管理の必要性を検討するためのデータが適切に得られており有用である。<br>・一部の医療系研究分担者の研究内容は研究に値せず、また報告書は不完全で報告書として完成されていない。<br>・「適切な管理のあり方の検討・提案」は、放射線規制上きわめて有用である。<br>・医療分野では被ばく線量低減対策が放射線防護上きわめて重要であるが、例えば「CT専用の遮蔽板を必ず利用すると、被ばく線量は90%程度低減できる。」などはこれを支持する具体的な測定データも引用文献も見当たらない。IVRでの遮蔽板利用には言及がなく、評価でコメントしたとおり、依然調査が不十分である。 |
| | | ロ | B | B | B | B | B | |
| | | ハ | B | C | B | B | B | |
| | | ニ | B | B | A | B | B | |
| 5 | 水晶体の等価線量限度の国内規制取入れ・運用のための研究 | イ | B | C | B | C | B | ・医療現場に限定されているが、広範囲な調査が行われ、現状把握とともに問題点も明確にしており、放射線防護分野への貢献度は高い。<br>・医療分野でのガイドライン策定に向けさらに研究を進めてほしい。<br>・放射線の医学利用の現状を踏まえた水晶体被ばくの実態が作業条件ごとに明らかにされ、防護の具体的方法と問題点が明確にされており被ばく管理の改善に役立つ。<br>・医療現場での調査結果を密に実施しており、その実態を踏まえた提言は説得力がある。しかしながら、その内容は実態把握の必要性・防護具や線量計の高性能化など今後に向けての課題に留まってる。「水晶体の等価線量限度の国内規制取入れ・運用のため」の具体的な提言の記述をしていただきたい。 |
| | | ロ | B | B | B | B | B | |
| | | ハ | B | B | A | B | B | |
| | | ニ | B | B | B | B | B | |
| 6 | 眼の水晶体等価線量評価に用いる線量計の試験校正手法の開発 | イ | B | D | C | C | C | ・眼の水晶体等価線量における3mm線量当量を測定するのベータ線線量場を確立し、放射線防護分野への貢献は高い。<br>・この研究は、産総研の本来の業務に属ずることと思われる。放射線安全規制研究事業にふさわしいテーマであるかを再度検討する必要がある。<br>・防護の実務に求められる実用量評価のための標準場を確立した意義は大きい。また、今後3mm線量当量の測定評価が必要になった場合の線量計測結果の信頼性を確保する意味から重要な技術開発である。<br>・β線標準場の確立は大きな成果である。<br>・β線3mm線量当量測定に関する国内の計量システム構築を目指していただきたい。 |
| | | ロ | B | C | B | C | B | |
| | | ハ | B | C | B | B | B | |
| | | ニ | B | B | A | B | A | |

| 整理番号 | 課題名 | 評価者 | 研究目標の達成度 | 研究成果 | 放射線規制及び放射線防護分野への貢献度 | 研究コスト及び費用対効果 | 総合評価 | 評価コメント |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 原子力・放射線施設における「放射線業務従事者」としての「指定」の在り方に関する検討 | イ | B | D | B | B | B | ・看護職の被ばく管理の方向性を示したことは評価できるが、看護職の業務を含め医療機関における放射線業務の範囲を明確にすることが重要ではないか。<br>・従事者の登録制度が実施されているのは原子力分野だけであり、RI分野を含めて登録制度が実施できていない問題点を明らかにする必要がある。<br>・医療現場での放射線利用は今後益々増大する可能性がある。仕事内容の多様性から医療関係者を作業従事者として指定することが困難な側面もあるが、仕事の内容から被ばくの可能性を判断し従事者として指定する制度的な保証が必要である。現状分析に基づいて実現可能な制度の整備に必要な情報を得ている。<br>・本研究では、「放射線業務従事者」としての「指定」の在り方に関する検討を行うとしているが、成果としては看護職者から見た、看護識者についてだけの区分やガイドライン作成となっている。放射線診療(業務)従事者の指定やガイドライン作成・実装にあたっては関連団体(日本医師会,日本看護協会,日本診療放射線技師会等)の合意形成が必要であると書かれているとおり、合意形成はこれからの課題である。医療現場の実態に踏み込んだ成果は大きいものの、実装にはまだ遠いような印象であり、今後の活動に期待したい。 |
| | | ロ | B | C | B | C | C | |
| | | ハ | B | C | B | B | B | |
| | | ニ | B | C | B | B | C | |

参考資料４

平成31年度に新規に採択した課題　一覧

| 事業名 | 機関名 | 事業代表者名 | 共同実施者 | 事業期間 |
|---|---|---|---|---|
| 発災直後の面的な放射線モニタリング体制のための技術的研究 | 京都大学<br>複合原子力科学研究所 | 谷垣　実　助教 | なし | ２年 |
| 短寿命アルファ線放出核種の合理的安全規制のためのガイドライン等の作成 | 大阪大学<br>放射線科学基盤機構<br>附属ラジオアイソトープ総合センター | 吉村　崇　教授 | なし | ２年 |
| 加速器施設の廃止措置に関わる測定、評価手法の確立 | 大学共同利用機関法人<br>高エネルギー加速器研究機構 | 松村　宏　准教授 | なし | ２年 |
| 円滑な規制運用のための水晶体の放射線防護に係るガイドラインの作成 | 学校法人藤田学園<br>藤田医科大学 | 横山　須美　准教授 | 大野　和子　教授<br>（京都医療科学大学） | １年 |