

## Tracer 第69号

### 目 次

#### 巻頭言

RI センターの未来を語る .....	竹 中 千 里	1
---------------------	---------	---

#### 研究紹介

海水・陸水中の放射性ストロンチウムの迅速測定法 .....	緒 方 良 至 他	3
-------------------------------	-----------	---

クローバー型検出器を用いた $\gamma$ 線直線偏光度測定における感度の最適化 .....	小 島 康 明	9
----------------------------------------------------	---------	---

#### トピックス

令和2年度国立大学アイソトープ総合センター長会議（オンライン開催）報告 .....	柴 田 理 尋	14
-------------------------------------------	---------	----

名古屋大学における X 線装置安全管理の実態調査 .....	佐久間 麻由子	15
--------------------------------	---------	----

#### その他

新型コロナウイルス感染防止を考慮したアイソトープ総合センターが開催する 2020年度全学向け RI 講習について .....	柴 田 理 尋	20
-------------------------------------------------------------------	---------	----

2020年度 研究業績 .....		23
-------------------	--	----

講習会・学部実習 .....		25
----------------	--	----

講習会修了者数 .....		27
---------------	--	----

センターへの講師依頼 .....		28
------------------	--	----

2021年度 アイソトープ総合センター講習会案内 .....		29
--------------------------------	--	----

2021年度 アイソトープ総合センター講習会日程 .....		30
--------------------------------	--	----

機器紹介 .....		32
------------	--	----

新規購入図書 .....		32
--------------	--	----

機器貸出実績 .....		32
--------------	--	----

放射線安全管理室からのお知らせ .....		33
-----------------------	--	----

『名古屋大学アイソトープ総合センター運営委員会』委員名簿 .....		34
------------------------------------	--	----

受賞 .....		34
----------	--	----

委員会等の報告 .....		35
---------------	--	----

#### 編集後記

## RI センターの未来を語る

アイソトープ総合センター長・大学院生命農学研究科教授

竹中千里



数年前に、ジョイントディグリープログラムの打ち合わせで西オーストラリア大学 (UWA) を訪問した時のことです。いろいろな施設を見学させてくれるということだったので、当時名大の RI センター長を拝命していた私は、UWA の RI センターを見せて欲しいとお願いしました。ところが先方の返事は、「RI に特化したセンターなどない」でした。他の危険物質、毒性物質とともに安全管理室のような組織が管理しているとのこと。これが、日本の大学においても RI 管理の将来の姿なのだろうか、軽いショックを受けたことを覚えています。

2017年に、日本学術会議の放射線・放射能の利用に伴う課題検討分科会より、「大学における非密封放射性同位元素使用施設について」という提言が出されました。その提言では、将来的にも非密封 RI を利用した研究、人材育成、教育は極めて重要であることから、その中核となる大学の RI センターの維持・存続が必須であることを示すとともに、その問題点が整理されています。現実問題として、各大学の施設における利用者の減少、施設の老朽化、管理人員不足などが挙げられています。現に、名古屋大学でも生命農学研究科では上記の理由から RI 施設を廃止し、RI 総合センターへの一本化を行いました。提言には、現状の課題の解決策として、大学等における非密封 RI 使用施設の効率的な運営を目指し、ネットワーク型の共同利用・共同研究拠点の運営とその拠点における研究と教育を行うことが示されています。このような学術会議の提言は、日本の大学における RI 使用管理施設は、前述の UWA のような単なる安全管理のための組織による業務だけでなく、教育・研究の拠点と位置付けられることを強調しています。

2011年の福島第一原子力発電所事故後の一般市民の放射性物質に対する反応は、放射能や放射性物質について正しく理解して恐れているとは思えないような事例が多かったと思います。これは、日本における放射線教育の問題ととらえることができます。世界で唯一の原爆被爆国であるにもかかわらず、日本における放射線教育はそれほど重要視されていなかったようです (吉田・菅田, 2018)。2011年の福島原発事故後、文科省によって初めて小学生用、中学生用、高校生用の放射線に関する副読本が発行されましたので、2011年時点で社会人の放射線に関する知識が不十分だったのは、仕方ないことなのかもしれません。しかしながらこれからは、初等、中等、高等教育と一貫して、放射線に関する教育を行っていく必要があると思います。2023年からの名古屋大学の教養教育院のカリキュラムの中に、RI センター教員による放射能に関する講義をいれたいと提案しています。大学という高等教育の場では、RI センターが責任を持って放射線教育を実施していく体制が構築できればと思っています。

RI センターを活用した研究に関しては、全国レベルでは薬学・医学分野の研究において、特に、短寿命の放射性核種を自前で製造できる加速器をもっている大学では、研究例も増え、勢いがあるようです。一方、名古屋大学のような大型加速器をもたない大学では、RI を用いた分子イ

メージング研究やトレーサ実験などが実施されてはいるものの、センターの利用者は減少しています。全国的に RI 施設の老朽化が問題となっているなか、幸いにも名古屋大学では2017年に新しい施設が建設され、最新設備を備えた RI 施設として注目されていますので、是非、RI を用いた研究の推進を促したいところです。

国立大学アイソトープ総合センター会議では、上記のような全国的な課題の解決策として、学術会議の提言に沿ってネットワーク型の拠点を地域につくる構想を検討しています。各大学の RI 施設が個別に機能するのではなく、互いに連携するとともに、将来的な施設の統廃合や機能集約なども視野に入れて地域拠点を形成し、大学のみならず研究機関や企業とも連携して運用していくという構想です。大学をめぐる国からの予算配分に明るい展望が見えない今、近隣の大学や研究組織との連携は、維持費がかかる RI 施設の有効利用において必須だと思います。

今後、センター教員やスタッフ、およびセンター利用者みなさんの協力の下で、名古屋大学アイソトープ総合センターが中部地域における RI 関連の教育・研究の拠点となることを心から願っています。

#### 参考文献

吉田みどり・菅田栄一（2018）放射線教育の歴史と現状—福島第1原子力発電所事故を踏まえて—、お茶の水医学雑誌 66：227-245.

## 海水・陸水中の放射性ストロンチウムの迅速測定法



緒方良至

(アイソトープ総合センター分館)

箕輪はるか (東京慈恵会医科大学), 加藤結花 (日立製作所), 小島貞男 (愛知医科大学)

### 1. はじめに

ストロンチウムはCaと同じアルカリ土類金属元素で骨に沈着することが知られている。核分裂生成核種である $^{90}\text{Sr}$ および $^{89}\text{Sr}$ は、骨に沈着し、固形ガンや白血病のリスクを高める。このため、原子力災害時および平常時のモニタリングにおける重要な核種である。 $^{89}\text{Sr}$  (半減期50.5日,  $\beta$ 線最大エネルギー1.495 MeV),  $^{90}\text{Sr}$  (28.8年, 0.546 MeV) および $^{90}\text{Sr}$ の子孫核種である $^{90}\text{Y}$  (64時間, 2.28 MeV) は、 $\beta$ 線のみを放出する核種 (純 $\beta$ 核種) である。 $\gamma$ 核種から放出される $\gamma$ 線は、核種固有のエネルギーを有するためGe半導体検出器などで非破壊で多核種の同時定性・定量分析が可能である。一方、 $\beta$ 線は連続スペクトルであり、また、多くの $\gamma$ 核種も $\beta$ 線を放出するため、純 $\beta$ 核種を分析するためには、放射線の測定前に、目的の元素を化学的に分離しておく必要がある。ストロンチウムの化学分離法には、発煙硝酸法、固相分離法、抽出クロマトグラフィー法、イオン交換法などがある<sup>[1]</sup>。我が国では、公定法として文部科学省「放射性ストロンチウム分析法 (平成15年改訂)」に①イオン交換法、②発煙硝酸法、③シュウ酸塩法、④溶媒抽出法が記載されている<sup>[2]</sup>。これらは発煙硝酸等の劇物を用い、複雑な化学操作が必要で、結果を得るまで約3週間かかる。近年、ストロンチウムラドディスク (Sr RadDisk) やSrレジンをを用い数日で分析する方法<sup>[3,4]</sup>や、ICP-MS

を用いる迅速法<sup>[5]</sup>、 $^{90}\text{Y}$ を固相抽出して測定する方法<sup>[6,7]</sup>などが開発されている。Sr RadDiskを用いる方法は、極めて簡便で、Srを吸着したディスクは、我々の開発したPSB法<sup>[8]</sup>でも測定可能である。しかし、Sr RadDisk 1枚のSr保持量は3mgであり、400 mLを超える海水の分析には適用できず、また、高価である。田副らのDGAレジンをを用いる方法<sup>[6,7]</sup>も簡便であるが、 $^{90}\text{Y}$ を測定するため $^{89}\text{Sr}$ の測定はできない。

本研究は、海水・陸水中の放射性ストロンチウムの迅速で安全な分析法の開発を目的とする。検出下限 (MDC, Minimum Detectable Concentration) を排水中の濃度限度 ( $^{89}\text{Sr}$  で $0.3 \text{ Bq mL}^{-1}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  で $0.03 \text{ Bq mL}^{-1}$ ) の10分の1、即ち、 $0.003 \text{ Bq mL}^{-1} = 3 \text{ Bq L}^{-1}$ とした。我々は、既に簡略化イオン交換法を用いて海水中の放射性ストロンチウムを分析する方法について報告している<sup>[9,10]</sup>。

本報では、日本化学工業・荏原製作所から提供を受けたSr吸着剤 (商品名 ピュアセラム MAq) を用い、海水および陸水 (淡水) 中の放射性ストロンチウムの簡便・迅速で安全な分析・測定法の開発に取り組んだ<sup>[11,12]</sup>。

### 2. 方法

#### 2.1 Sr吸着剤

本研究で用いたSr吸着剤はケイ酸バリウム  $\text{BaSi}_2\text{O}_5$  を主成分とする無機化合物である。水に

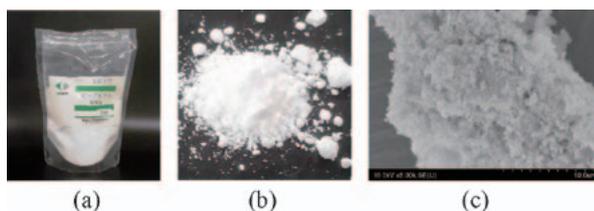


Fig. 1 The Sr-adsorbent, PURECERAM<sup>®</sup> MAq, (a) and (b) are photographs, and (c) is the image with SEM (scanning electron microscope).

も有機溶媒にも不溶性の白色の粉体 (Fig. 1) である。一般にバリウム化合物は硫酸バリウム以外は劇物指定であるが、本吸着剤は劇物に指定されていない。

## 2.2 吸着材必要量

人工海水 (ダイゴ人工海水 SP, 日本製薬, Sr 濃度  $7 \text{ mg-Sr L}^{-1}$ ) に 1 L あたり 1 mL の濃塩酸を加えた (以下, 実験に供する人工海水には, すべてこの割合で塩酸を加えた)。この人工海水 100 mL に  $^{90}\text{Sr}$  約 7 kBq をスパイクし, Sr 吸着剤を 20, 60, 100 mg 加えた。シェーカーで 60 分間振とうし, メンブレンフィルタ (孔径  $0.45 \mu\text{m}$ ) で吸引ろ過した。ろ液中の  $^{90}\text{Sr}$  およびその子孫核種である  $^{90}\text{Y}$  を液体シンチレーションカウンタ (LSC-7400, 日立製作所) で測定した。

## 2.3 Sr 吸着の経時変化

人工海水 100 mL に  $^{85}\text{Sr}$  約 6 kBq をスパイクし, Sr 吸着剤を 100 mg 加えた。シェーカーで振とうしながら 5 分から 120 分まで間隔をおいて 2 mL ずつ採取し, シリンジフィルタ (孔径  $0.45 \mu\text{m}$ ) でろ過した。120 分後に, 残りの試料をメンブレンフィルタで吸引ろ過した。ろ液をオートウェルγカウンタ (ARC-7001, 日立製作所) で測定し, ろ液中の  $^{85}\text{Sr}$  濃度を求めた。また, シリンジフィルタおよびメンブレンフィルタ上の放射能を HPGe 半導体検出器 (GEM-35190S, ORTEC, 相対効率 35%) で測定した。

## 2.4 海水中の主成分元素および Cs の吸着率

人工海水 100 mL に Sr 吸着剤 100 mg を加え, 振とうしながら 5 分から 120 分まで間隔をおいて 2 mL ずつ採取し, シリンジフィルタでろ過した。ろ液中の元素濃度を ICP-AES (Thermo Jarrel

Ash, IRIS/AP) で測定し, Na, K, Mg, Ca の挙動を調べた。また, 人工海水試料に  $^{134}\text{Cs}$  を約 1 kBq 添加した試料を作成した。ろ液および振とう終了後の吸着剤中の  $^{134}\text{Cs}$  の放射能を HPGe 半導体検出器で測定し, Cs の挙動を調べた。

## 2.5 陸水試料への適用

純水 100 mL に  $^{85}\text{Sr}$  約 5 kBq をスパイクし, Sr 吸着剤を 20 mg あるいは 40 mg 加えた。30 分から 240 分まで間隔をおいて 2 mL ずつ採取し, シリンジフィルタでろ過した。その後, 振とうを止め 20 時間静置した後にメンブレンフィルタで吸引ろ過した。また, 純水 100 mL に Sr ( $\text{NO}_3$ )<sub>2</sub> 水溶液 ( $10 \text{ mg-Sr mL}^{-1}$ ) を 0.1 mL (1 mg-Sr) あるいは 0.3 mL (3 mg-Sr) 加え, さらに 1.25 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  水溶液を 2 mL (海水中の  $\text{SO}_4^{2-}$  イオン濃度とほぼ同量) 加えた。この試料  $^{85}\text{Sr}$  約 5 kBq をスパイクし, 上述と同様に振とうしながら経時的に採取した。ろ液中の  $^{85}\text{Sr}$  の放射能は γ カウンタで, シリンジフィルタおよびメンブレンフィルタ上の Sr 吸着剤中の  $^{85}\text{Sr}$  の放射能を HPGe 検出器で測定した。

## 2.6 Pb・Ra の挙動

U 系列の  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ , Th 系列の  $^{224}\text{Ra}$  などは, 自然放射性核種であり, 濃度は極めて低いが海水や陸水に含まれている。これらの元素の硫酸塩の溶解度積は小さいため, Sr と同様に本 Sr 吸着剤に吸着すると予測された。そこで, この分析のため Th を含む市販のキャンプ用ランタンマントルから線源を作製した。即ち, 塩酸を用いてマントルから Th などを抽出し, 更に  $^{228}\text{Ra}$  を分離した。この溶液を約 9 ヶ月放置し,  $^{228}\text{Th}$  とその子孫核種  $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{212}\text{Pb}$  を成長させ, 本 Sr 吸着剤への Ra および Pb の吸着実験に使用した。詳細は既報を参照されたい<sup>[12]</sup>。

100 mL の人工海水に 100 μL の  $^{228}\text{Ra}$  溶液と 40 mg の Sr 吸着剤を加え, 2 時間振とうした。振とう終了後, 直ちにろ過を行ない, Sr 吸着剤をろ紙 5C 上に捕集した。洗浄が終了した時刻を固相と液相の分離時刻とした。ろ液 100 mL は U8 型容器に移した。Sr 吸着剤試料およびろ液試料については, Ge 半導体検出器で速やかに γ 線測定を開始

し、その後約1か月間にわたり測定を繰り返した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 吸着剤必要量

海水試料100 mLに20, 60, 100 mgのSr吸着剤を加えて1時間振とうした後の海水(上清)中のSr量は、初期量の51.8%, 34.0%, 2.5%となった。即ち、海水100 mL中にSr吸着剤を100 mg投入し、1時間振とうすると97.5%のSrが吸着することが分かった。海水100 mL中のSrの量は、0.7 mgであり、このSrを吸着するために必要なSr吸着剤は100 mgであることが分かった。

#### 3.2 Sr吸着の経時変化

Fig. 2に、ろ液中のSr残留率の経時変化を示す。Sr濃度は時間と共に指数関数的に減少し、120分間の振とうで液相中のSr濃度は初期濃度の1.5%にまで減少した。試料中のSrは、Sr吸着剤に98%以上吸着したと考えられる。海水試料100 mLに対し100 mgのSr吸着剤を用い、120分の振とうで試料中のSrは、ほぼ全量Sr吸着剤に吸着することが分かった。

#### 3.3 海水中の主成分元素およびCsの吸着率

人工海水中のNa, Mg, Ca, K濃度はそれぞれ8157, 1132, 362, 312 mg L<sup>-1</sup>である。Fig. 3にこれらの元素の溶液中濃度の経時変化を示した。これら4元素の溶液中濃度は振とう時間5~120分の範囲でほぼ一定で、溶液中に98%以上残留していた。Sr吸着剤への吸着率は2%以下と考えられる。本吸着剤には、Na, Mg, Ca, Kなどの海水中の主成分元素が吸着しないことが分かった。特にCaはSrと化学的性質が似ており、また、海水中にSrの約50倍存在するため、Srの化学分離で妨害となる。本Sr吸着剤を使用することによりCaを簡便に分離できることが分かった。

一方、120分振とう後の溶液中の<sup>134</sup>Csの残留率は95%以上であった。その後、静置し26時間後に吸引ろ過で吸着剤をフィルタ上に捕集した。この吸着剤へのCs吸着率は0.001%以下であった。<sup>137</sup>Csは、長半減期の核分裂生成核種であり、核災害時には放射性ストロンチウムと同様に環境中に

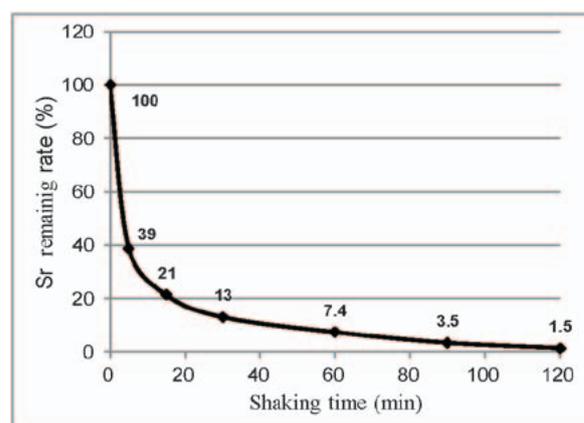


Fig. 2 Sr remaining rate in supernatant of artificial seawater over shaking time.

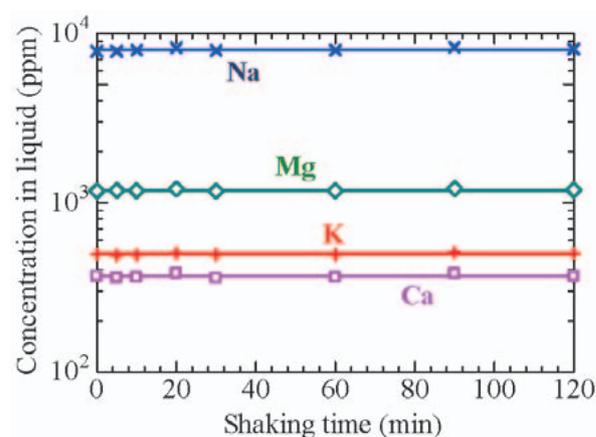


Fig. 3 Changes of concentration of major elements in supernatant of artificial seawater over shaking time.

放出される。また、過去の大気圏核実験の名残として、<sup>90</sup>Srと同様に海洋中に1 mBq L<sup>-1</sup>程度存在する。本Sr吸着剤はCsを全く吸着しないことからCsを除去する操作が不要であることが分かった。

#### 3.4 陸水試料への適用

陸水試料を用いた実験で、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>イオンを加えない場合、Sr吸着剤へのSr吸着率は2%以下であり、溶液中にSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>イオンがないとSrはほとんど吸着されないことが分かった。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>イオンを加えた場合、Sr吸着剤(mg)がSr(mg)の40倍以上つまり試料中Sr/吸着剤比0(Sr担体未添加)~0.025の範囲で、30分間の振とうでSr吸着剤へのSr吸着率は98%以上となった(Fig. 4)。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>イオンがないとSrが吸着しないことからSrは難溶性の硫酸塩SrSO<sub>4</sub>としてケイ酸バリウム上に吸着さ

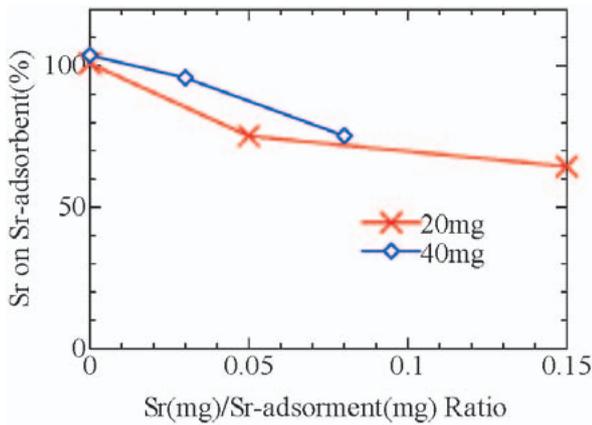


Fig. 4 Sr yield in the Sr-adsorbent for fresh water by the ratio of Sr to the Sr-adsorbent.

れていると推測された。

人工海水試料では海水試料100 mLあたり吸着剤100 mgでSrは吸着剤に97%以上吸着していた。これは試料中Sr/吸着剤比0.007に相当する。海水試料の場合は主成分元素が妨害となり、試料中Sr/吸着剤比が大きくなるとSr吸着が阻害されるが、淡水試料の場合は妨害元素の影響が小さいため、海水試料よりも少量の吸着剤でSrが吸着すると考えられる。

### 3.5 Pb・Raの挙動

$^{228}\text{Ra}$ は、 $\gamma$ 線の放射率が低い半減期が6.15時間の子核種 $^{228}\text{Ac}$ の $\gamma$ 線計測により、溶液中およびフィルタ上に存在する $^{228}\text{Ra}$ の放射能を計算した。 $^{228}\text{Ac}$ の計数率は、分離後も一定で、溶液中の残存率は $0.15 \pm 0.01\%$ 、Sr吸着剤への吸着率は $90.2 \pm 0.3\%$ であった。残存率と吸着率の和が100%より低い原因は、ろ過器具にSr吸着剤の一部が付着していたことが考えられる。溶液中の残存率を元に吸着率を計算すると $^{228}\text{Ra}$ および $^{228}\text{Ac}$ は、Sr吸着剤に99%以上吸着していたと推察される。

$^{212}\text{Pb}$ の溶液中の残存率は $13.8 \pm 0.8\%$ 、Sr吸着剤への吸着率は約85%となった。大量の海水を対象とする場合、海水中のRaおよび放射性Pbが吸着することを考慮に入れる必要がある。

### 3.6 検出下限濃度

検出下限濃度 (MDC) を以下の式で算定した。

$$n_{DL} = \frac{2}{t} + \sqrt{\frac{4}{t^2} + 8 \frac{n_b}{t}} \quad (1)$$

$$A_{DL} = \frac{n_{DL}}{60 \cdot \epsilon \cdot Y} \quad (2)$$

$$MDC = A_{DL} \frac{1000}{V} \quad (3)$$

ここで、 $t$ は測定時間 (分)、 $\epsilon$ は見かけの計数効率、 $Y$ はSrの化学収率、 $n_{DL}$ は検出下限計数率 (cpm)、 $A_{DL}$ は検出下限放射能 (Bq)、 $n_b$ はバックグラウンド計数率 (cpm)、 $V$ は試料容積 (mL)である。見かけの計数効率に140% (放射平衡時、 $^{90}\text{Sr}$ : 40%,  $^{90}\text{Y}$ : 100%), Srの化学収率に98%, バックグラウンド計数率に8.1 cpm, 試料容積に100 mLを入れ、60分測定した場合のMDCは $0.13 \text{ Bq L}^{-1}$ となった。この値は、目標値 $3 \text{ Bq L}^{-1}$ の23分の1以下であり、本法が、海水中のストロンチウム分析に有用であることが示された。また、分離直後で $^{90}\text{Y}$ が成長していない場合、計数効率は、40%程度と推定される。この場合のMDCは $0.46 \text{ Bq L}^{-1}$ となり、目標値の6分の1となった。分離直後でも十分な感度を有することが分かった。

### 3.7 Sr吸着剤を用いた分離・測定方法

Fig. 5に本Sr吸着剤を用いたSrの分離および測定方法を図示した。試料100 mLにSr吸着剤100 mgを入れ、2時間振とうした後、吸引ろ過でメンブランフィルタ上に収集する。乾燥後、汚染防止のためパウチフィルムでカバーし測定試料とする。ここまで、要する時間は、3時間以内である。複雑な化学操作は一切ない、また、劇物も使用しない。本実験では、低バックグラウンドの液体シンチレーションカウンタで測定したが、ガスフローカウンタでの測定も可能である。60分測定の場合、試料調製開始から測定終了まで要する時間は、4時間程度となる。また、 $^{90}\text{Y}$ の成長を待って測定すれば、より精度の高い結果を得ることができる。

天然の放射性核種 ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ 等)は、予想通りSr吸着剤に吸着した。しかし、今回、供する海

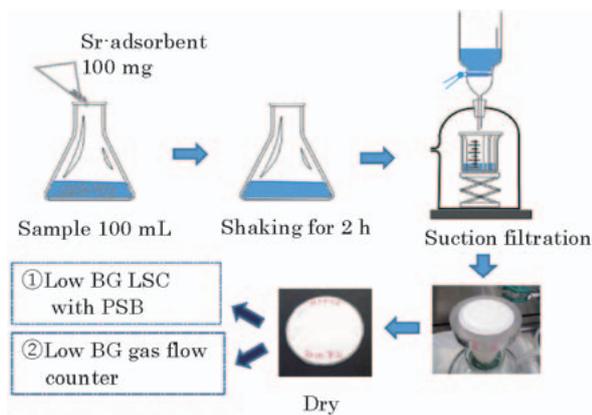


Fig. 5 Procedure of Sr isolation and measurement with the Sr-adsorbent.

水の量が100 mLであることから、これらの影響は限定的である。また、核災害時の測定の場合、 $^{140}\text{Ba}$ の影響も考える必要がある。Srと同じアルカリ土類でありBaの硝酸塩も難溶性であるため吸着することが予測される。Baの吸着については、今後の課題である。

本吸着剤を用いることにより、放射性ストロンチウムを迅速に排水濃度限度の60分の1まで計測まで測定できることが分かった。一方、海水中の $^{90}\text{Sr}$ 濃度測定では、現在の大洋の濃度である $1\text{ mBq L}^{-1}$ まで測定することが求められている。そのため、ある程度の海水の量が必要となる。例えば、40 Lの海水に対しては、40 gの吸着剤が必要である。Srの吸着は可能であるが、40 gの吸着剤そのままでは測定は難しい。本吸着剤からSrの脱離を試みたが、十分な成果は得られなかった。低レベルの測定に関しては今後の課題とする。

#### 4. 結論

Sr吸着剤が海水・陸水中のストロンチウムを選択的に吸着することを示した。100 mLの試料に対し100 mgのSr吸着剤を加え、2時間の振とうの後、フィルタ上に捕集し、PSB法で測定した。 $^{90}\text{Sr}$ の検出下限濃度は、分離直後の測定で $0.46\text{ Bq L}^{-1}$ であり、排水濃度限度の60分の1まで計測できることを示した。操作は、極めて簡便であり、試料調製開始から測定終了までに要する時間は4時

間であった。本法が、海水・陸水中の放射性ストロンチウムの迅速で安全な分析に有用であることが分かった。

#### 謝辞

ICP-AES測定でご協力いただいた竹中千里教授（名古屋大学大学院 生命農学研究科）に感謝する。Sr吸着剤ピュアセラム MAqを提供いただいた日本化学工業・荏原製作所に感謝の意を表明する。Sr吸着剤の電子顕微鏡写真は、福島大学の五十嵐 康記博士に撮っていただいた。この実験は、名古屋大学アイソトープ総合センター分館で行った。スタッフの協力に感謝する。本研究の一部は、放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点 (F-20-12) の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] Nora Vajda, Chang-KyuKim. "Determination of radiostrontium isotopes: A review of analytical methodology", Applied Radiation and Isotopes, 68, 2306-2326 (2010)
- [2] 文部科学省, 放射能測定法シリーズ3 放射性セシウム分析法 (2002)
- [3] Battelle Press, Columbus, OH (1997). Method RP515, Rapid determination of radiostrontium using Empore™ Strontium RAD Disks.
- [4] [https://www.gls.co.jp/product/spe\\_columns/3m\\_empore/01163.html](https://www.gls.co.jp/product/spe_columns/3m_empore/01163.html)
- [5] 古川 真, 高貝慶隆 "ICP-MSによるストロンチウム90の迅速分析法 一半減期が数十年のβ線放出核種の高速自動分析", Radioisotopes, 67, 17-30 (2018)
- [6] Tazoe, H., et. Al., "Determination of strontium-90 from direct separation of yttrium-90 by solid phase extraction using DGA Resin for seawater monitoring", Talanta, 152, 219-277 (2016)
- [7] 田副博文, "キレート樹脂固相抽出法を用いた海水中の難分析放射性核種ストロンチウム-90の新規分析法の開発", 海洋科学研究,

- 31, 45-53 (2018)
- [8] 加藤結花, 箕輪はるか, 緒方良至 “プラスチックシンチレータボトルを用いた放射性ストロンチウムの測定法の開発” Proceedings of the 19th Workshop on Environmental Radioactivity, 85-90 (2018)
- [9] 緒方良至, 箕輪はるか, 加藤結花, 小島貞男 “プラスチックシンチレータボトルを用いた海水中の放射性ストロンチウムの迅速で安全な分析法の開発”, *Tracer*, 67, 2-8 (2020)
- [10] 緒方良至, 加藤結花, 箕輪はるか, 小島貞男 “プラスチックシンチレータボトルを用いた海水中の放射性ストロンチウム測定法” Proceedings of the 33<sup>th</sup> Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, 33-41 (2019)
- [11] 箕輪はるか, 緒方良至, 加藤結花, 小島貞男, “ケイ酸バリウムを主成分とする吸着剤への海水・陸水における Sr の吸着特性” Proceedings of the 34<sup>th</sup> Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, 176-179 (2020)
- [12] 小島貞男, 緒方良至, 箕輪はるか, 加藤結花, “ケイ酸バリウムを主成分とする吸着剤への Ra および放射性 Pb の吸着特性” Proceedings of the 34<sup>th</sup> Workshop on Radiation Detectors and Their Uses, 186-191 (2020)

## クローバー型検出器を用いた $\gamma$ 線直線偏光度測定における感度の最適化



小島 康明  
(アイソトープ総合センター)

### はじめに

原子核の準位間遷移で放出される  $\gamma$  線は核内の様々な性質を反映しているため、原子核の内部構造を探る有力なツールの一つである。各々の  $\gamma$  線は角運動量を持ち、角運動量の大きさが  $l\hbar$  ( $l = 1, 2, 3, \dots$ ) の  $\gamma$  線は、電気型遷移 (E $l$  型) と磁気型遷移 (M $l$  型) に分類できることが知られている (以降は、これを多重極度と呼ぶ)。多重極度は  $\gamma$  遷移の起きやすさに関する重要な核データであるが、さらに、多重極度がわかれば原子核のエネルギー準位のスピンやパリティを推定できるため、これを実験的に決定することは原子核構造を調べる上で欠かせない。

多重極度を決める方法の一つに  $\gamma$  線のコンプトン散乱を利用する手法がある。この方法は、コンプトン散乱の微分断面積が入射  $\gamma$  線の電場ベクトルの向き (これを直線偏光の向きと定義する) に

依存していることを用いたものである<sup>[1]</sup>。図1を使いながら、偏極していない放射線源から放出される  $\gamma$  線 (図1の  $\gamma_1$ ) の多重極度を調べる実験の概念を説明する。「散乱体」の役割を果たす測定器に入射した  $\gamma_1$  は、散乱体内でコンプトン散乱する。その後、散乱光子は基準面と角度  $\phi$  をなす位置に置かれた「吸収体」によって検出される。ここで、基準面とは、 $\gamma_2$  ( $\gamma_1$  とカスケード関係にある  $\gamma$  線) と  $\gamma_1$  を含む平面のことである。吸収体の設置角度を変えることで、コンプトン散乱光強度の角度依存性が得られる (実際には  $\phi = 0^\circ$  と  $90^\circ$  の2点を測定すれば充分)。このようにして、コンプトン散乱の非対称度を実験で決め、それを偏光度測定で補正すれば、入射  $\gamma$  線の直線偏光度を求めることができる<sup>[2]</sup>。様々な多重極度に対する直線偏光度が理論計算で得られているため<sup>[3]</sup>、実験値と理論値を比較することで、 $\gamma_1$  の多重極度がわかる。

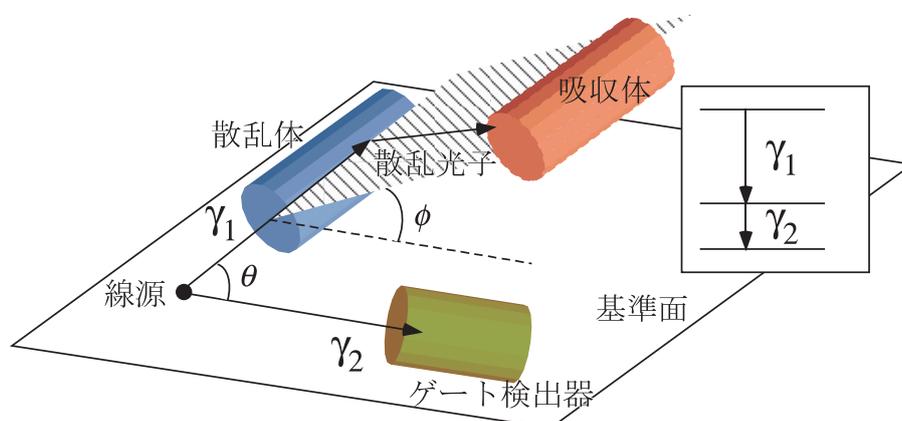


図1 無偏極な  $\gamma$  線に対するコンプトン散乱の非対称度測定概念図。

直線偏光度から多重極度を定めるこの手法は古くから知られている。特に、偏極した放射線源を使える場合には、 $\gamma_2$ を測定するためのゲート検出器が不要になることがわかっているため、偏極線源が得られるいわゆる in-beam 実験ではこの手法はよく用いられている（例えば、文献 [4]）。しかしながら、無偏極な線源の場合は、ゲート検出器を含めた3台の検出器を用いた同時計数測定を行う必要があることから、測定効率が非常に低くなり、放射能の強い線源を用いた試行的な測定以外ではほとんど使われていないのが実情である。

本研究は、クローバー型ゲルマニウム検出器<sup>[5]</sup>を用いることでこの手法の測定効率を上げ、人工的に合成した短寿命核（無偏極な線源）から放出される $\gamma$ 線の多重極度測定に適用することを目指している。ここで、クローバー検出器とは4つの大型ゲルマニウム結晶をコンパクトに接合させた測定器である。このため、通常型の測定器を用いるときと比べて、測定効率の大幅な向上が期待できる。本稿では、クローバー測定器を用いた測定系の概要を述べた後、最も効率的な測定を実現する測定器の配置条件を調べた研究を紹介する。

## 実験

図2に測定時の写真を示す。コンプトン散乱の非対称度を測定するための測定器にはクローバー検出器を、ゲート検出器には標準的な同軸型ゲルマニウム検出器を用いた。クローバー検出器は4つのゲルマニウム結晶（それぞれの大きさは直径約80 mm、長さ90 mm）を持ち、それぞれが独立して動作する。各結晶が「散乱体」「吸収体」の役割を果たすため、単一結晶の検出器を用いた通常 of 測定システムに比べて4倍の統計量を一度に得ることができる。本実験では、4つのうちいずれかの結晶に入射した $\gamma$ 線がコンプトン散乱し、散乱光が水平（H）または垂直方向（V）の結晶で検出される事象を計数して、コンプトン散乱の非対称度  $A = (aV - H) / (aV + H)$  を求めた。ここで、係数  $a$  は結晶間の検出効率を補正するための係数（以下、修正係数と呼ぶ）である。

最適な測定器配置を明らかにするため、線源と検出器間の距離を5～20 cmの範囲で変えて実験を行った。同様の理由で、ゲート検出器には2種類（相対効率38%および60%）のゲルマニウム検出器を用いて、結果を比較した。表1に検出器の配置条件をまとめて示す。

さらに、ゲート検出器の設置位置を下記の2通りに変えて実験を行った。

実験1： $\theta = 180^\circ$ の位置に配置

実験2： $\theta = 90^\circ$ の位置に配置

実験1の条件ではコンプトン散乱の非対称性が消失すること（ $A = 0$ ）が理論的にわかっているため<sup>[3]</sup>、この測定から修正係数  $a = H/V$  を求めることができる。一方、実験2の条件では非対称度  $A$  が最大になることが知られている<sup>[3]</sup>。このときの実験値  $A$  を偏光度測定の感度  $Q$  で除せば、直線偏光度の実験値  $P$  が得られる： $P = A / Q$ 。逆に、偏光度の値が既にわかっている $\gamma$ 線の非対称度  $A$  を測定すれば、感度  $Q = A / P$  を実験的に決めることができる。本研究は測定系の基礎特性を調べることが目的であるため、核データがよくわかっている<sup>60</sup>Co（放射能40 kBq）、<sup>134</sup>Cs（10 kBq）および<sup>152</sup>Eu（27 kBq）を用いて、感度  $Q$  のエネルギー依存性および測定器配置条件への依存性を調べた。各核種から放出されるカスケード $\gamma$ 線のエネルギー（keV単位）はそれぞれ1173-1332, 605-795, 344-411である。いずれもE2型遷移であり<sup>[6]</sup>、偏光度の理論値は  $P = 0.1667$  である<sup>[3]</sup>。

## 結果および考察

表1に示した幾何条件I～IVにおいて実験1を行い、それぞれの条件での修正係数を得た。その結果、修正係数にエネルギー依存性はほとんどなく、また、それぞれの条件でほぼ1に近い値を示すことがわかった。このことはクローバー検出器内の4つの結晶の検出効率がほぼ等しく、かつ、対称的に配置されていることを意味する。

図3に、<sup>60</sup>Coを用いて「幾何条件II」「実験2」の条件で得た $\gamma$ 線スペクトルを示す。V-Hのスペクトルで1332 keVの $\gamma$ 線ピークが見えることか

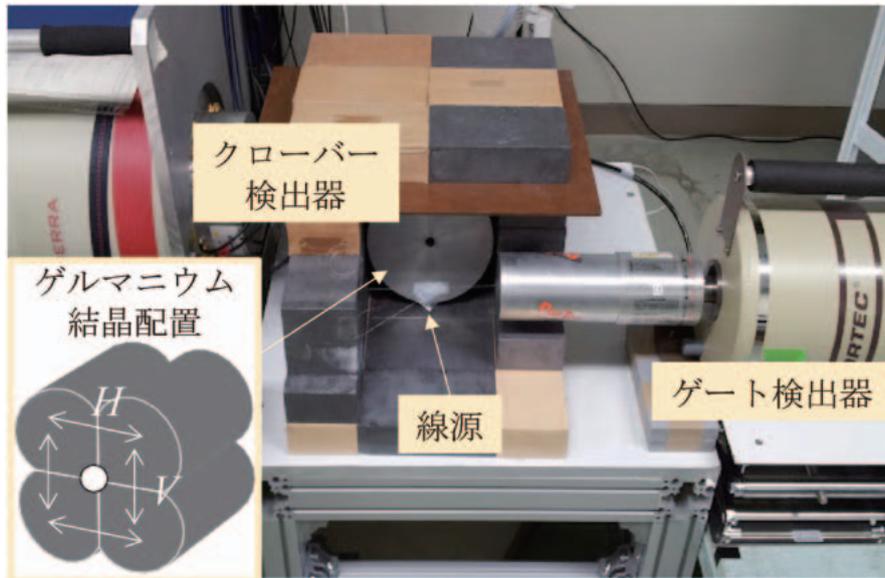


図2 測定時の写真. 挿入図はクローバー検出器内部のゲルマニウム結晶の配置図.

表1 検出器の配置条件.

幾何条件	ゲート検出器の 相対効率	線源とゲート検出器 の距離 (cm)	線源とクローバー 検出器の距離 (cm)
I	60%	20	20
II	60%	10	10
III	38%	10	10
IV	38%	10	5

ら、コンプトン散乱の非対称性が明確に観測されたことがわかる。

これらのデータおよび偏光度の理論値から感度を求め、図4に示した。この図から、感度  $Q$  は入射  $\gamma$  線のエネルギー  $E_\gamma$  (keV) に依存し、下式でよく表されることがわかる。

$$Q(E_\gamma) = Q_0(E_\gamma) \times (p E_\gamma + q) \dots (1)$$

ここで、 $Q_0(E_\gamma)$  は測定器（散乱体および吸収体）が点状である場合の理想的な感度であり、 $\alpha = E_\gamma/511$  を用いて次のように書ける<sup>[7]</sup>。

$$Q_0(E_\gamma) = (1 + \alpha) / (1 + \alpha + \alpha^2) \dots (2)$$

4つの幾何条件の中で最適な測定条件を明らかにするため、性能指数  $F = \epsilon Q^2$  を用いて考察を行った ( $\epsilon$  は同時計数効率)。ここで、性能指数の意味を考える。この式は「ある統計精度で非対称度を決めるために必要な測定時間の逆数」にほぼ比例する量として導出されたものであるが<sup>[8]</sup>、線

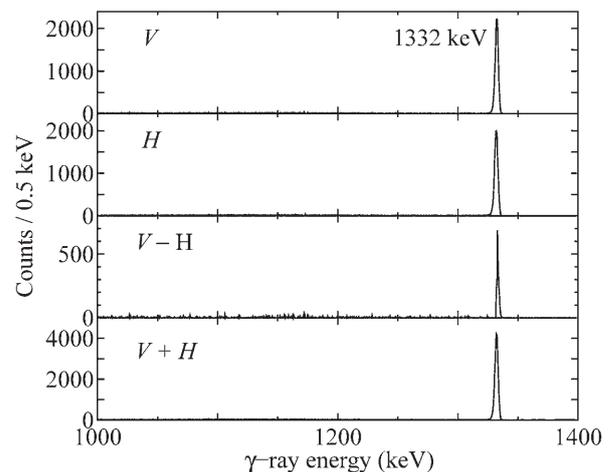


図3 クローバー型検出器で測定したコンプトン散乱スペクトルの例. ゲート検出器で $^{60}\text{Co}$ の1173 keV  $\gamma$ 線が検出されたときのデータを解析して得た. 上から順に、垂直方向(V)、水平方向(H)にコンプトン散乱したときのスペクトル、それぞれの差(V-H)、和(V+H)を表すスペクトル.

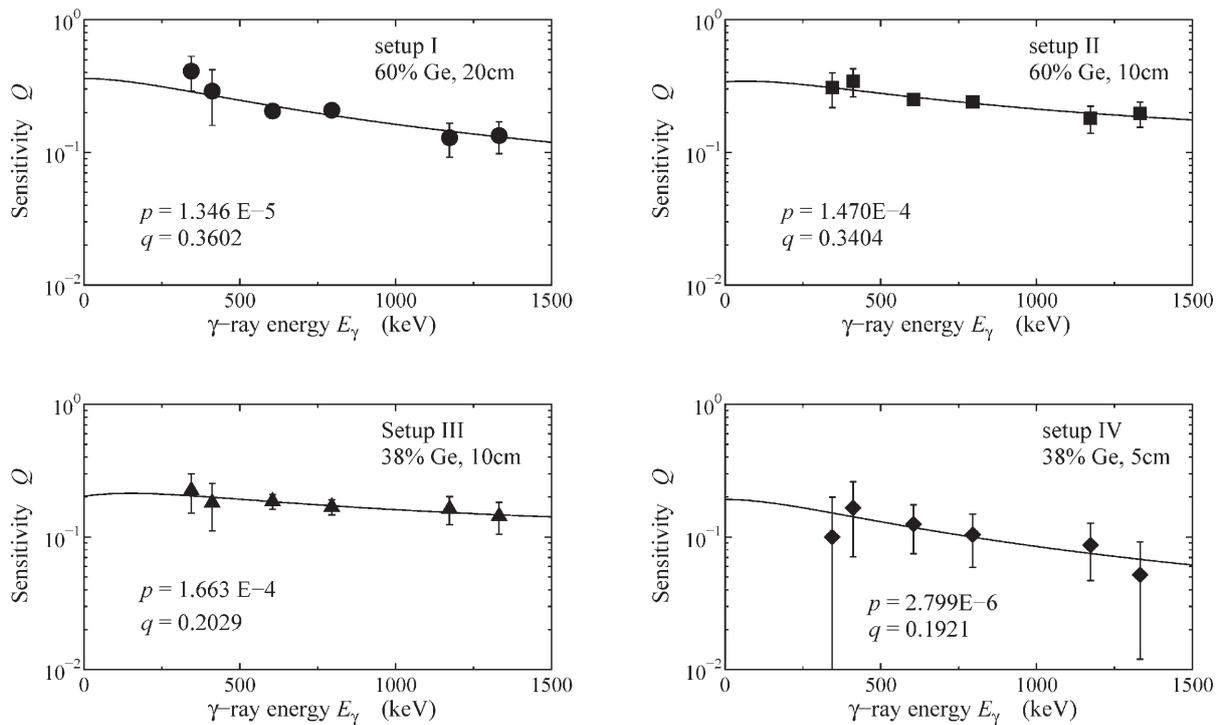


図4 直線偏光度測定の感度の $\gamma$ 線エネルギー依存性. フィッティングパラメータ  $p$  ( $\text{keV}^{-1}$ 単位) および  $q$  も合わせて示した (本文の式 (1) および (2) を参照).

源と検出器間の距離が近づくと、 $\varepsilon$  は増加し、 $Q$  は減少するはずである。なぜなら、検出器を見込む立体角が増えると、 $\theta \neq 90^\circ$  に放出された $\gamma$ 線が数多く検出されてしまうからである。すなわち、 $\varepsilon$  と  $Q$  は立体角に対してトレードオフの関係にあるため、性能指数はある立体角のところで極大値を示すことが予想される。実際にそれを調べた結果が図5である。この図から、全ての入射 $\gamma$ 線エネルギーに対して、幾何条件IIが最良の測定条件であることが明らかになった。

### まとめ

無偏極の線源から放出される $\gamma$ 線の直線偏光度を測定することを目指して、クローバー検出器を用いた測定系を構築し、性能指数を用いることで、測定器配置を最適化した。今後、核データが不十分な短半減期核種の測定に適用されることが期待できる。なお、本研究はアイソトープ総合センターの柴田理尋教授、名古屋大学工学部の今井一成、大野臣悟、茶屋隆盛、山本晃一郎の学生各氏との共同で行われたものであり、本稿の内容は

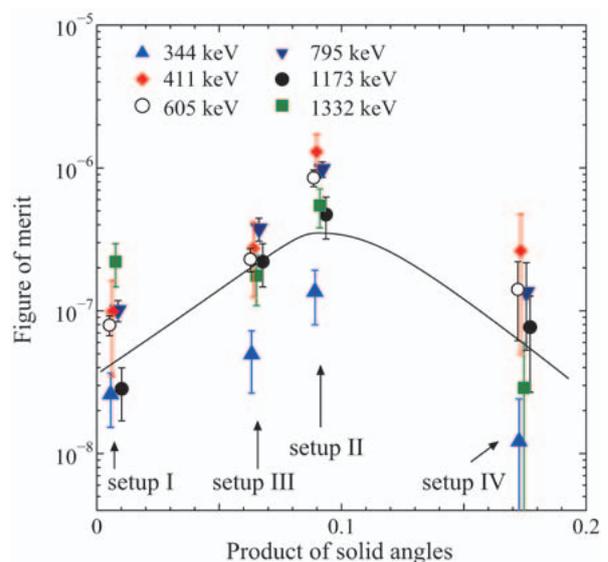


図5 性能指数の立体角依存性. 横軸は、線源を基準点にしたときのクローバー検出器およびゲート検出器の立体角の積. 図を見やすくするため、1332 keVの点を除いて横軸方向に少しずらしてプロットしている。

文献 [9] の一部である。

### 参考文献

[1] O. Klein and Y. Nishina, "Über die Streuung

- von Strahlung durch freie Elektronen nach der neuen relativistischen Quantendynamik von Dirac”, *Z. Phys.* 52 (1929) 853.
- [2] F. Metzger and M. Deutsch, “A Study of the Polarization-Direction Correlation of Successive Gamma-Ray Quanta”, *Phys. Rev.* 78 (1950) 551.
- [3] D.R. Hamilton, “Polarization and Direction of Propagation of Successive Quanta”, *Phys. Rev.* 74 (1948) 782.
- [4] Ch. Droste et al., “Polarization sensitivity of the CLUSTER detector used in EUROBALL array”, *Nucl. Instr. Meth. A* 556 (2006) 182.
- [5] Y. Shima et al., “Determination of full-energy peak efficiency at the center position of a through-hole-type clover detector between 0.05 MeV and 3.2 MeV by source measurements and Monte Carlo simulations”, *Appl. Radiat. Isot.* 91 (2014) 97.
- [6] Evaluated nuclear structure data file, maintained by the National Nuclear Data Center, <https://www.nndc.bnl.gov/ensdf/>.
- [7] B. Schlitt et al., “A sectored Ge-Compton polarimeter for parity assignments in photon scattering experiments”, *Nucl. Instr. Meth A* 337 (1994) 416.
- [8] P.M. Jones et al., “Calibration of the new composite clover detector as a Compton polarimeter for the EUROBALL array”, *Nucl. Instr. Meth. A* 362 (1995) 556.
- [9] Y. Kojima et al., “Optimum detector arrangement of a Compton polarimeter using a clover detector for  $\beta$ -delayed  $\gamma$  rays”, *Nucl. Instr. Meth. A* 990 (2021) 164984.

## 令和2年度国立大学アイソトープ総合センター長会議 (オンライン開催) 報告

アイソトープ総合センター  
柴田 理尋

国立大学アイソトープ総合センター長会議は、毎年、開催校を決めて順番に開催している。今年度は、新潟大学が開催校であったが、COVID-19の感染の収束が見られないことから、新潟大学から、今年度の開催は見合わせて来年度に開催したいとの提案が有り、21会員校の意向調査の結果、見送りとなった。一方で、来年度に向けて議題整理と現状の情報共有の必要性も提案されたことから、会長校である名古屋大学がホスト校となって、2時間程度、オンラインで開催した。

報告事項は、①阪大RIセンターが主導して進めてきたアイソトープ総合センター連携拠点構想の現状報告、②センター会議が原子力規制庁の受託事業として行ってきた昨年度までのネットワーク事業について、非密封RI安全取扱の実習プログラム開発(全国研修)が終了したこと、センター会議メンバー校が関与している短寿命の安全規制ガイドライン作成事業の進捗状況、および、大学・研究機関の放射線業務従事者情報の共有化と一元管理事業に関して、本事業は今年度から東北大学が代表校となって進めており、既に21大学がSINETによる独自回線のネットワークで繋がったこと、③今年度の北大が開催する全国研修(原子力規制庁の受託事業としては昨年で終了)の準備状況(予定通り、本年10月8、9日に開催された)、④ポスト分子イメージング研修である「現

代の研究・教育・社会に相応しい放射線・放射性核種等の安全利用検討会」は、担当校である千葉大学が開催を来年度に延期すること、⑤東京大学が開発した新規講習eラーニングプログラムを、今般のCOVID-19に影響を受けた多くの大学へ、当センター会議を通して提供したこと、⑥昨年度作成したセンター群の施設紹介webページについて、今後、アイソトープ協会とも協力して広く宣伝していくこと、の6件であった。

最後に、阪大放射線科学基盤機構が進めている共同利用・共同研究拠点構想についての紹介があった。時間的に厳しいスケジュールであるので、各センターが個別に協力して進めることとなった。

来年度は新潟大学が開催校となって新潟での開催を前提として企画すること、幹事校および会長校選挙を行うことを確認した。全国研修と新しい安全利用検討会については、九州大学と千葉大学が、それぞれ、担当するが、この研修についても、今年度の北大でのアンケートなどを参考に、継続について議論することとなった。

今回のオンライン会議は、情報共有としての機能はある程度果たせたが、時間が短いこともあって、意見交換の時間が持てなかった。来年は、新潟に集まって、今後のセンター間の連携について議論したいと考えている。

## 名古屋大学における X 線装置安全管理の実態調査

アイソトープ総合センター

佐久間麻由子

### 1. はじめに

現在、名古屋大学には医療用を除くと約150台の X 線装置があり、装置の設置や移転、廃止時には本部の施設管理部とアイソトープ総合センターで情報を共有している。装置の安全管理についての実態調査は法人化直前の2003年に実施したが、それ以降15年以上行われていなかった。名古屋大学の放射線関連の全学委員会（安全保障委員会）は、2019年に再び実態調査を行うことを決定し、アイソトープ総合センターが主導して行うことになった。調査の目的は、労働基準監督署への届出書類との整合性の確認と、安全管理が適切にわれているかをチェックすることである。学内での X 線装置管理の安全意識を高めるために、工学部や理学部などの装置を持つ関連部局から13名、管理部門から2名、アイソトープ総合センターから4名の代表者を選出して、19名から成るワーキンググループ（WG）を作り、調査を実施した。その結果、概ね良好な管理状況にあることがわかったが、いくつか問題点があったため、新しい安全対策を行った。

### 2. 方法

第1回 X 線装置の実態調査 WG の会合で、調査方針を決定した。調査は2段階で行うことになった。書面検査と実地検査である。

1) 書面検査：センター作成の装置一覧表から自部局の装置を選び出し、設置場所や記述事項に相違がないかチェックし、装置写真と設置場所の情報を提供する。

2) 実地検査：WG メンバーがお互いに現地に

赴いて他部局の X 線装置の所在と安全管理（使用記録、漏洩検査、掲示物等および安全教育）の状況を確認する。それぞれのチェック項目を表1に示す。

ここで、名古屋大学独自の X 線装置の管理のルールについて、2点挙げておく。

・名古屋大学では、装置ごとに X 線作業主任者を選任することになっている。装置内のみが管理区域の場合は、X 線作業主任者の資格保持者がいない場合に限り、管理責任者を定めることとしている。

・装置内のみ管理区域の装置についても、年に1回の定期検査とともに漏洩検査を行う（労働安全衛生法上は必要ない）。

実地検査のチェックにはこの2点も含まれている。

### 3. 結果

**3-1) 書面検査結果：**各部局の WG メンバーにより、全146台の一覧表のチェックを行った。管理区域が装置内みの装置は130台（うち休止中22台）、管理区域が部屋の装置は16台（うち休止中4台）であった。この調査の結果、どの部局からも報告のない所在不明の装置が1台あることがわかった。また、申請時と設置場所が異なると思われる装置が9台あった。これら計10台については個別に調査を行った。

<どこからも報告のない所在不明の装置1台>

管理責任者に連絡して、管理責任者が所在を調査した結果、この装置は休止中の小型装置で、安

表 1. 検査項目

一覧表確認項目
管理部局
使用状況
設置場所
管理講座
装置管理者
X線作業主任者 又は 管理責任者
管理区域 (部屋 又は 装置内のみ)
装置名称
製造年 製造元 型式
使用目的
加速電圧
インターロックの設置状況
改造の実態
漏洩線量測定の実態 (回/年)
装置の写真
安全教育の実態

実地検査検査項目	
設置場所 (届出書類と照合)	
表示項目	「装置内のみ管理区域」
	定格出力 及び 型式
	X線作業主任者 又は 管理責任者
	装置管理者
	緊急時の連絡先
	漏洩検査の結果
警報装置の有無	
放射線装置室の掲示の有無 (管理区域が部屋の装置)	
インターロックの有無	
漏洩検査の回数 (回/年)	
運転記録の有無	
安全教育の実態・記録の有無	
X線作業主任者について	

全に保管されていることが判明した。

原因 ・教員が部局を異動後に購入し、その後退職した。購入部局と責任者の所属部局が異なっていた。

・設置した建物が取り壊されたため、別の建物で一時保管された。

対策 ・管理部局を変更し、管理部局と管理責任者を明確にした。(廃棄予定である。)

<申請時の書類と設置場所が異なる装置 9 台>

- ・労基署に移転届を提出済み 1 台
- ・部屋番号の記入ミス 1 台
- ・3 部屋を 1 部屋として使用し、部屋番号が異なる 3 台

※注：3つの部屋がひと続きになって1部屋として使用している部屋の標識の番号は、最初の1部屋のもので、申請書類にはその番号が記載されていたが、実際に設置してある場所は建物図上では違う部屋番号になっていた。3部屋を1つの部屋と考えると整合性が取れており、問題なしとした。

・休止中の装置を移動、移転届を申請中 2 台

・休止中の装置を移動、現在も休止中 1 台

※注：現在も休止中の装置については、再稼働する前には漏洩検査を行い、移転届を必ず提出するように責任者に確認した。

・ポータブルの装置 1 台 (移転届は必要ない)

以上のように、不明の1台は発見し、設置場所が異なっていた9台については問題がないことを確認した。

**3-2) 実地検査結果：**実地検査は、実際に装置が設置してある研究室に赴いて安全管理について調査を行った。複数の部局が相互に検査に立ち会えるように日程を組んで行った結果、概ね良好な管理状況であった。検査結果を表2にまとめた。主な所見は以下の通りである。

・概ね良好な管理状況にあり、運転記録や漏洩検査、安全教育はきちんと行われていた。

・稼働中の120台のうち、本学で定められている表示項目が不足している装置が10%ほどあった。表

表 2. 実地検査結果

実地検査結果		台数
表示項目の不足 (休止中を除く)	管理区域	11
	定格出力および型式	9
	X線作業主任者(管理責任者)の氏名	12
	X線作業主任者(管理責任者)の連絡先	20
	緊急連絡網	12
	漏洩検査結果(設置1年未満を除く)	20
インターロックがない装置(うち休止中の装置)		15(5)
X線作業主任者が選任されていない台数(休止中を除く)		19

示項目を装置に掲示した例を図1に示す。

- ・X線作業主任者がいないため管理責任者が選任されている装置が19台あった。
- ・管理担当者の引き継ぎが十分に行われず、漏洩検査を適切なサーベイメータで行っていない部局があった。
- ・労働基準監督署に届出の必要がないとされる6ヶ月未満の設置のレンタルの装置で、部局内での管理方法が明確でない装置が存在していることがわかった。安全教育等は他の装置と同等に行われていたが、表示項目は掲示されていなかった。
- ・ハンディタイプの装置(固定して装置内のみ管理区域の装置として使用)、ポータブルの装置(休止中廃棄予定)が存在した。また以前より装置が小型化し、移動の容易な装置(移転届必要)が多数存在していることがわかった。

#### 4. 新しい安全対策

以上の調査結果を踏まえ、新しい安全対策を行った。今までX線装置を設置する場合は、労働基準監督署への届出書類を施設管理部等の担当係に提出すればよかったが、6ヶ月未満の設置のレンタルの装置は、労基署への届出が必要ないため書類は不要である。しかし、このままだと名古屋大学としてレンタルのX線装置の安全管理ができない。また、X線装置の様々な届出に対し、今までは統一した書式がなかった。そのため、新しく「名古屋大学X線装置(設置・移転・変更・6ヶ月未満の一時設置)届」(資料1)を作成すること

にした。X線装置を設置、移転、変更、あるいはレンタル等で6ヶ月未満の一時設置をする場合は、この届と必要な書類を添付して担当係に提出してもらう。また、これらの届は全てX線取扱主任者(各部局のX線取り扱いの責任者)も確認し、また、アイソトープ総合センター放射線安全管理室にも書類の写しを提出してもらうことにした。

休止中の装置については責任者の氏名、連絡先と共に「休止中」と表示し、コンセントを抜いて電源が入らないようにしておくこととした。新設した届と共に安全管理のルールを学内の利用の手引に明記し、WGメンバーを通じて使用者にルールを周知することにした。

漏洩検査を適切なサーベイメータで行っていない部局があったことから、測定器の特性を正しく理解してもらう必要があることがわかった。環境測定用のNaIサーベイメータは主に50keV以上に用いられるので、回折装置の漏洩検査には有効ではなく、低エネルギーγ(X線用のサーベイメータを使用する必要がある。またGMサーベイメータでも漏洩スポットは測定できる(Sv/hはわからないが)ことなどを安全教育を通じて伝えていきたい。

また、本学では、各研究室に少なくとも1人はX線作業主任者の資格の取得することを推奨している。X線作業主任者のいない研究室での資格の取得を啓発していくこととした。

X線装置の実態調査WGメンバーによる書面審議で「名古屋大学X線装置(設置・移転・変更・

資料 1. 名古屋大学 X 線装置 (設置・移転・変更・六月未満の一時設置) 届

名古屋大学 X 線装置 (設置・移転・変更・廃止・六月未満の一時設置) 届

(安衛則第85条、第86条関係)

部局名		〇〇研究科
設置場所		
装置名		
設置・移転・変更・廃止日		年 月 日
一時設置	期間	年 月 日 ~ 年 月 日
	借入先	
管理区域		<input type="checkbox"/> 装置内管理区域 <input type="checkbox"/> 管理区域を設定し装置を設置
X線装置管理者	所属	
	職・氏名	
	内線番号	
X線作業主任者 又は 管理責任者	所属	
	職・氏名	
	内線番号	
部局担当者連絡先		〇〇課〇〇係 〇〇 (内線:〇〇〇〇)

標記の件について、名古屋大学安全衛生管理規程第20条により別紙のとおり送付しますので、手続き方よろしくお願ひします。

年 月 日

名古屋大学総長 殿

〇〇研究科長 〇 〇 〇 〇 【公印省略】

備考

- 表題の「設置」、「移転」、「変更」、「廃止」、及び「六月未満の一時設置」のうち、該当しない文字を抹消して下さい。
- 設置・移転・変更の場合は①の文書を、六月未満の一時設置の場合は②の文書を添付して下さい。

①添付文書(設置・移転・変更の場合)

- 1 機械等設置届 様式20号
- 2 放射線装置摘要書 様式27号
- 3 設置場所の説明(配置室を示した建物図)
- 4 設置場所の説明(装置の配置場所を示した室内図)
- 5 管理区域の説明
  - 5-1. 概要
  - 5-2. 検査成績書
  - 5-3. 装置の管理区域を表す図面
  - 5-4. X線に対する安全性の確保
- 6 作業手順の概要を記載した書面
- 7 装置のカタログ・パンフレット等

②添付文書(六月未満の一時設置の場合)

- 1 放射線装置摘要書 様式27号
- 2 設置場所の説明(配置室を示した建物図)
- 3 設置場所の説明(装置の配置場所を示した室内図)
- 4 装置のカタログ・パンフレット等

六月未満の一時設置) 届」は承認され、「2020年度名古屋大学放射性同位元素・放射線発生装置・X線装置利用の手引全学編」の X 線装置の取り扱いに新しい届と安全取り扱いを記載することになった。

### 5. ハンドヘルドの装置について

工学部の教員より、ハンドヘルド型蛍光 X 線分析装置について相談があった。現在、専用のワークステーションに取り付けて装置内のみ管理区域の装置として使用しているが、ハンドヘルドの装

置として、大型の試料を測定できるようにしたいとの相談を受けた。アイソトープ総合センターの教員2名、工学部放射線安全管理室の1名で、漏洩線量を測定し安全な使用方法を検討した。管理区域を設けなくても正しく使用すれば被曝しないことを確認した。

工学部の教員から、安全な使用方法についてまとめた文書を受け取り、今後はその使用法で測定してもらうこととした。

## 6. まとめ

約1年かけてX線装置の実態調査を行ったが、WGのメンバーは非常に協力的で、実地検査は複数の部局が一緒になって効率的に行うことができ、互いに安全意識を高めることができた。また、コロナの影響で出張等が中止されていたことから、各研究室の担当者も在室しており、調査に快く協力していただき、予想していたよりもスムーズに実施することができた。調査の結果、概ね良好な管理状況であったのは、X線装置の安全管理について理解されているからだと思う。しかしながら、教員の退職や異動の際には管理の引き継ぎを十分に行うことが重要であることが明らかになった。

WGの承認を得て、これから増えることが予想されるレンタルの装置にも対応できるように、安全管理のルールを改訂し、新しいX線装置届を作成した。ハンディタイプの装置なども含め、小型化して容易に移動できる装置が増えているため、取り扱いや安全管理には十分に注意し、移転の際には届出が必要であることを各部局で再確認して欲しい。X線装置の安全管理のルールを周知する



ために、新規の使用者だけでなく、既存の使用者への安全教育にも気を配る必要があると感じた。

また、本学の安全対策として、各研究室で少なくとも1人はX線作業主任者の資格を取得することを推奨しているが、教員の異動などにより不在になる場合がある。資格の取得を啓発していきたいと考えている。

本調査は、日本放射線安全管理学会第19回学術大会でポスター発表した。<http://www.ric.nagoya-u.ac.jp/research/20201209-1.pdf>

お忙しい中、調査に協力いただいたWGメンバーの皆様、各研究室の皆様へ感謝申し上げます。

## 新型コロナウイルス感染防止を考慮した アイソトープ総合センターが開催する 2020年度全学向け RI 講習について

アイソトープ総合センター

柴田 理尋

### はじめに

当センターは、X線を含む全学の新規放射線業務従事者に対する新規講習を担当している。(昨年度はRI講習：日本語8回、英語4回、X線講習：日本語7回、英語4回)特に、年度最初の毎年5月は、RI講習は100人程度、X線講習は150人程度を対象に、他部局の大講義室を借用して開催している。本年度は、感染防止対策として、従来の大勢が一堂に会する対面での開講を取りやめ、eラーニングで開催することとした。それに伴って、この機会に、従来の6時間の管理区域立入前教育について、放射線業務従事者の業務内容とそれに応じた講義内容を再検討し、時間数についても見直した。

### RI 講習

本学には、学内で非密封RIを取扱う従事者、中性子発生用加速器を利用する者、放射化を伴わない小型加速器を利用する者、密封線源のみを利用する者と、学外のKEKやJ-PARC等大型加速器および原子炉を利用する者、SPring8やあいちシンクロトロンなどのシンクロトロン(SR)施設のみを利用する者がおり、特にSR施設のみ利用者は年々増加している。利用形態によらず法令、人体影響、放射線・放射能の性質、測定に関する基礎的な事項は重要であるということと、SR施設利用者および密封線源のみ利用者は、必ずしも非密封RIおよび放射化を伴う加速器利用者と同

じ内容を受講する必要はないと考え、受講者を2グループ(表1)に分類した。

表2は、講義の項目と内容および時間数である。Aコースは、法令及び全学の予防規程、人体影響、従事者全員に必要な内容に、管理区域の立入やインターロック、SR施設の実験ハッチの注意事項を加え、全員が受講することとし、Bコースには、非密封RI取扱に関する内容と放射化を伴う加速器で安全取扱に関する内容を加えた。Aコース修了者が、非密封RIおよび放射化を伴う加速器を利用する場合には、該当する部分を追加し受講が必要であるとした。実施には、本学の全学教育システム(NUCT)を採用した。

以上の方針を、全学の放射線取扱主任者の会議にて意見聴取するとともに、全学安全保障委員会に諮り承認を得たのち、7月から実施した。

NUCTによる講習は、以下のように行った。まず、受講希望者は、事前に当センター放射線安全管理室に受講申請を行い、NUCT「放射線安全取り扱いに関する全学向け講習」サイトに全学IDが登録される。NUCT上には、講義資料(表2中の時間相当の解説音声入りパワーポイント(ppt)のmp4ファイルとPDFファイル)がアップロードされ、視聴後にNUCT上のテスト解答機能を利用して小テストに解答する。小テストはビデオ講義の内容に沿った設問とし100点満点で合格とする。小テストの採点結果はリアルタイムで本人及び実施者側にフィードバックされる。それに加え

表 1 受講者の分類

A コース	SR 施設および放射化を伴わない加速器（名大ではタンデトロン）、密封線源のみの利用者
B コース	上記以外の加速器利用者および非密封 RI 利用者

表 2 講義の項目と内容および時間数

	項 目	内 容	時間	A	B
1	放射線障害防止に関する法令及び放射線障害予防規程		40分	3 時間 20分	全て受講 すること  4 時間 20分
2	放射線の人体に与える影響		40分		
3	放射性同位元素等の安全取扱い	・放射線の利用と環境放射線	30分	/	
		・放射線の基礎			
		・測定器の基礎			
		・密封線源の取扱	90分		
		・小型加速器及びシンクロトロン光施設の利用			
・放射化を伴う加速器の利用	10分				
・非密封 RI 取扱の基礎	50分				

て、出席確認のため、PDF ファイルの一部を空白にしたサブノートダウンロードさせ、講義視聴中に受講者が書き込んだファイルをスキャン（あるいは写真撮影）し、受講後に NUCT 課題提出機能を利用して提出する。mp4 ファイルの視聴、小テストの解答（100点）、出席確認用課題ファイルの提出の 3 項目をもって受講修了と判定する。

放射性同位元素の安全取扱い90分については、1 つのビデオが長くないように分割して、受講者に配慮した。また、e-ラーニングである点を活かすため、1 回の受講期間を、3 日間程度（休日も含む）に設定し、その期間内に小テストおよびレポート提出すればよいこととした。

### X 線講習

X 線講習についても、RI 講習同様にビデオ視聴 + 小テストに変更した。講習内容（X 線安全取扱い、関係法令（電離則）、人体影響）および時間数は変更していない。

### 英語講習

英語コースの講習については、RI、X 線ともに人数が多くないことから、Zoom によるリアルタイム講習とした。こちらは対面方式と基本的に同じである。

### RI 実習

本学では、学内で非密封 RI を取り扱う場合には、当センターが行う RI 実習の受講を義務づけている。非密封 RI の安全取扱いと測定器の取扱の基礎として、通常 1 回あたり 20 人で、測定試料の調製と各種測定器による測定を行うが、1 回あたり 10 人に減らして同様の内容で実施した。（緊急事態宣言発出期間は中止した。）

### まとめ

今年度、想定外の事態に対し、構成員の研究活動に支障が出ないように急遽準備して実施したが、利用者に混乱や手間をお掛けしたこともある。特に、小テストの設問および解答方法を NUCT システムに合致させなければならないなど、設問に

かなりの時間を要したが、それでもなお、設定のミスなどもあり、混乱させてしまった。一方、受講者のなかには、申請してもアクセスしない（欠席に相当）、解答を完了しないという例が数多くあった。初年度と言うこともあり、そのような受講者に対しては、担当教員が、受講を促す通知を送ったり、途中で止めてしまった受講者には問題解説をメールで送ったり、可能な限り修了を促す対応をした。

この形態で既に数度の講習を開催し、ほぼ順調に進みつつある。受講者からは、受講の自由度があって良いと好評である一方、小テストで100点満点を取るのが難しいという意見もあった。本年

度の講習会は2月をもってほぼ終了する。問題点等を整理し改良して、来年度もこの形態で継続する予定である。英語コースについても日本語と同様にNUCTの利用を検討している。また、例は少ないが、東海国立大学機構の岐阜大学にも利用して頂いた。これからの機構としての放射線教育について岐阜大学担当者とも協議を始めている。

岐阜大学学生のNUCT利用について相談に乗って頂いた情報基盤センター、情報戦略室をはじめ、講習サイトの設定、臨時IDの発行など、NUCT担当のかたには、お忙しい中ご協力頂いたことに感謝いたします。

## 2020年度 研究業績

### A. 本館 (RI 実験棟利用)

#### (RI 実験棟利用)

所 属	著 者	タイトル; ジャーナル名, 巻, 頁 (年)	No
工学研究科 電子工学専攻 量子システム工学講座 量子光エレクトロニクス	Terabayashi,R., Saito,K., V.Sonnenschein, Okuyama,Y., Iguchi,T., Yamanaka,M., Nishizawa,N., Yoshida,K., Ninomiya,S., Tomita,H.	Mid-infrared cavity ring-down spectroscopy using DFB quantum cascade laser with optical feedback for radiocarbon detection; Jpn. J. Appl. Phys., 59, 092007(2020) DOI: 10.35848/1347-4065/abb20e	1
工学研究科 生命分子工学専攻 分子生命化学講座	Fujino,T., Tozaki,M., Murakami,H.	An amino acid-swapped genetic code; ACS Synth. Biol., 9(10), 2703-2713(2020) DOI: 10.1021/acssynbio.0c00196	2
生命農学研究科 動物科学専攻 動物生殖科学研究室	Tsuchida,H., Parvin,M., Yamada,K., Miyazaki,S., Enomoto,Y., Inoue,N., Uenoyama,Y., Tsukamura,H.	Paraventricular Dynorphin A Neurons Mediate LH Pulse Suppression Induced by Hindbrain Glucoprivation in Female Rats; Endocrinology, 161(11), 1-18(2020) DOI: 10.1210/endo/bqaa161	3
	Goto,T., Hirabayashi,M., Watanabe,Y., Sanbo,M., Tomita,K., Inoue,N., Uenoyama,Y., Tsukamura,H.	Testosterone Supplementation Rescues Spermatogenesis and In Vitro Fertilizing Ability of Sperm in Kiss1 Knockout Mice; Endocrinology, 161(9), 1-11(2020) DOI: 10.1210/endo/bqaa092	4
	Ikegami,K., Goto,T., Nakamura,S., Watanabe,Y., Sugimoto,A., Sutisa,M., Horihata,K., Nagae,M., Tomikawa,J., Imamura,T., Sanbo,M., Hirabayashi,M., Inoue,N., Maeda,K., Tsukamura,H., Uenoyama,Y.	Conditional kisspeptin neuron-specific Kiss1 knockout with newly generated Kiss1-floxed and Kiss1-Cre mice replicates a hypogonadal phenotype of global Kiss1 knockout mice; J. Reprod. Dev., 66, 359-367(2020)	5
	Ieda,N., Assadullah, Minabe,S., Ikegami,K., Watanabe,Y., Sugimoto,Y., Sugimoto,A., Kawai,N., Ishii,H., Inoue,N., Uenoyama,Y., Tsukamura,H.	GnRH(1-5), a metabolite of gonadotropin-releasing hormone, enhances luteinizing hormone release via activation of kisspeptin neurons in female rats; Endocrine, 67(4), 409-418(2020)	6
	Watanabe,Y., Ikegami,K., Nakamura,S., Uenoyama,Y., Ozawa,H., Maeda,K., Tsukamura,H., Inoue,N.	Mating-induced increase in Kiss1 mRNA expression in the anteroventral periventricular nucleus prior to an increase in LH and testosterone release in male rats; J. Reprod. Dev. 66, 579-586(2020)	7
	生命農学研究科 動物科学専攻 動物生産科学研究室	Sasaki,T., Sonoda,T., Tatebayashi,R., Kitagawa,Y., Oishi,S., Yamamoto,K., Fujii,N., Inoue,N., Uenoyama,Y., Tsukamura,H., Maeda,K., Matsuda,F., Morita,Y., Matsuyama,S., Ohkura,S.	Peripheral administration of SB223412, a selective neurokinin-3 receptor antagonist, suppresses pulsatile luteinizing hormone secretion by acting on the gonadotropin-releasing hormone pulse generator in estrogen-treated ovariectomized female goats; J. Reprod. Dev., 66, 351-357(2020) DOI: 10.1016/j.neulet.2020.135276
	Kitagawa,Y., Sasaki,T., Suzumura,R., Morishima,A., Tatebayashi,R., Assadullah, Ieda,N., Morita,Y., Matsuyama,S., Inoue,N., Uenoyama,Y., Tsukamura,H., Ohkura,S.	Facilitatory and inhibitory role of central amylin administration in the regulation of the gonadotropin-releasing hormone pulse generator activity in goats; Neurosci. Lett., 736(135276), 1-6(2020)	9
生命農学研究科 応用生命科学専攻 応用酵素学研究室	Yoshida,R., Hemmi,H.	Construction of an artificial biosynthetic pathway for hyperextended archaeal membrane lipids in the bacterium Escherichia coli; ACS Synth. Biol., 5(1), 1-10(2020) DOI: 10.1093/synbio/ysaa018	10

#### (X 線実験棟利用)

所 属	著 者	タイトル; ジャーナル名, 巻, 頁 (年)	No
電気工学専攻 先端エネルギー講座 プラズマエネルギー工学	Matsunami,N., Ohno,N., Tokitani,M., Tsuchiya,B., Sataka,M., Okayasu,S.	Modifications of WNOx films by keV D and H ions; Surface & Coatings Technology, 394, 125798(2020) DOI: 10.1016/j.surfcoat.2020.125798	11
	Matsunami,N., Okayasu,S., Sataka,M., Tsuchiya,B.	Electronic sputtering of SiC and KBr by high energy ions; Nuclear Inst. and Methods in Physics Research B, 478, 80-84(2020) DOI: 10.1016/j.nimb.2020.05.003	12

B. 分館

所 属	著 者	タイトル; ジャーナル名, 巻, 頁 (年)	No.
医学系研究科 総合医学専攻 基礎医学領域 機能形態学講座 分子細胞学	Soltysik,K., Ohsaki,Y., Tatematsu,T., Cheng,J., Maeda,A., Morita,S., Fujimoto,T.	Nuclear lipid droplets form in the inner nuclear membrane in a seipin-independent manner; J. Cell Biol., 220(1), e202005026(2020) DOI: 10.1083/jcb.202005026	13
医学系研究科 総合医学専攻 臨床医学領域 病態内科学講座 血液・腫瘍内科学	Sakai,T., Terakura,S., Miyao,K., Okuno,S., Adachi,Y., Umemura,K., Julamane,J., Watanabe,K., Hamana,H., Kishi,H., Leitner J., Steinberger,P., Nishida,T., Murata,M., Kiyoi,H.	Artificial T cell adaptor Molecule-Transduced TCR-T cells demonstrated improved proliferation only when transduced in a higher intensity; Mol.Ther Oncolytics., 18, 613-622(2020) DOI: 10.1016/j.omto.2020.08.014	14
医学系研究科 総合医学専攻 臨床医学領域 病態内科学講座 糖尿病・内分泌内科学	Kawaguchi,Y., Hagiwara,D., Miyata,T., Hodai,Y., Kurimoto,J., Takagi,H., Suga,H., Kobayashi,T., Sugiyama,M., Onoue,T., Ito,Y., Iwama,S., Banno,R., Grinevich,V., Arima,H.	Endoplasmic reticulum chaperone BiP/GRP78 knockdown leads to autophagy and cell death of arginine vasopressin neurons in mice; Scientific Reports, 10(1), 19730(2020) DOI: 10.1038/s41598-020-76839-z.	15
アイソトープ総合センター分館	加藤結花, 箕輪はるか, 緒方良至	プラスチックシンチレータボトルを用いた放射性ストロンチウムの測定法の開発; Proceedings of the 19th Workshop on Environmental Radioactivity KEK Proceedings, 2018-7, 85-90(2018)	16

# 講習会・学部実習

(2020年9月～2021年1月)

## A. 本館

講習会名		実施日程	担当者	受講者数
利用者講習会	(RI) 年次教育	令和2年9月11日(金) 10:00～11:00	柴田理尋, 小島康明, 佐久間麻由子, 近藤真理 ※録画対応 (対応者: 近藤真理, 森本浩行)	1名
		令和2年11月10日(火) 10:00～11:00		1名
		令和3年1月12日(火) 10:00～11:00		1名
	新規利用者説明会	令和2年9月2日(水) 15:00～15:30	近藤真理 ※6月10日以降録画対応 (対応者: 近藤真理, 森本浩行)	1名
		令和2年9月18日(金) 13:30～14:30		1名
		令和2年10月9日(金) 10:00～10:50		1名
		令和2年11月2日(月) 13:30～14:20		3(1)名
		令和2年11月18日(水) 13:45～14:35		1名
令和3年1月21日(木) 11:00～11:50	1名			
RI取扱講習会	講義-6 (日本語) Aコース	令和2年10月1日(木) 10:00～	柴田理尋, 小島康明, 緒方良至, 佐久間麻由子 (NUCTによるe-learning, 担当: 柴田理尋)	2名
		令和2年10月2日(金) 13:00		
	講義-7 (日本語) Bコース	令和2年10月21日(水) 10:00～	柴田理尋, 小島康明, 緒方良至, 佐久間麻由子 (NUCTによるe-learning, 担当: 柴田理尋)	1名
		令和2年10月22日(木) 13:00		
	講義-8 (日本語) Aコース	令和2年10月22日(木) 10:00～	柴田理尋, 小島康明, 緒方良至, 佐久間麻由子 (NUCTによるe-learning, 担当: 緒方良至)	17(4)名
		令和2年10月26日(月) 13:00		22(2)名
	講義-9 (英語) Aコース	令和2年11月2日(月) 9:30～16:30	緒方良至 (Zoomによるオンライン講義)	2(2)名
				Bコース
	講義-10 (日本語) Aコース	令和2年11月2日(月) 10:00～	柴田理尋, 小島康明, 緒方良至, 佐久間麻由子 (NUCTによるe-learning, 担当: 小島康明)	2名
		令和2年11月4日(水) 13:00		11(2)名
	講義-11 (日本語) Bコース	令和2年12月16日(水) 9:30～16:30	柴田理尋, 小島康明, 緒方良至, 佐久間麻由子 (NUCTによるe-learning, 担当: 柴田理尋)	1名
	講義-12 (日本語) Aコース	令和3年1月19日(火) 10:00～	柴田理尋, 小島康明, 緒方良至, 佐久間麻由子 (NUCTによるe-learning, 担当: 柴田理尋)	1名
		令和3年1月21日(木) 13:00		5(3)名
	実習-10	令和2年10月27日(水)	緒方良至, 中村嘉行	7名
実習-11	令和2年10月28日(金)	緒方良至, 中村嘉行	2(1)名	
実習-12	令和2年11月6日(月)	小島康明, 佐久間麻由子, 柴田理尋	10(1)名	
実習-13	令和2年11月9日(月)	佐久間麻由子, 小島康明	5(3)名	
実習-14	令和3年1月25日(月)	佐久間麻由子, 小島康明	3(1)名	
X線取扱講習会 (講義)	第147回 (日本語)	令和2年10月2日(金) 10:00～	緒方良至, 佐久間麻由子 (NUCTによるe-learning, 担当: 緒方良至)	52(12)名
		令和2年10月5日(月) 17:00		
	第148回 (日本語)	令和2年10月13日(火) 10:00～	緒方良至, 佐久間麻由子 (NUCTによるe-learning, 担当: 佐久間麻由子)	35(5)名
		令和2年10月14日(水) 15:00		
	第149回 (英語)	令和2年10月15日(木)	柴田理尋 (Zoomによるオンライン講義)	4(4)名
	第150回 (日本語)	令和3年1月8日(金) 10:00～	緒方良至, 佐久間麻由子 (NUCTによるe-learning, 担当: 小島康明)	31(11)名
令和3年1月12日(火) 15:00				
第151回 (英語)	令和3年1月13日(水)	佐久間麻由子 (Zoomによるオンライン講義)	4(3)名	
(実習) 初心者対象	令和2年9月15日(水)	小島康明, 山本浩之	5(2)名	
	令和2年10月22日(火)	小島康明	1(1)名	
学部実習 (RI)	工学部 エネルギー理工学科	令和2年9月25日(金)～	吉野正人	13名
		令和2年9月29日(火)		
	工学部 エネルギー理工学科	令和2年10月2日(金)～	吉野正人, 高橋倫太郎, 南部篤史(TA)	25名
		令和2年12月16日(水)		
(X線)	工学部 エネルギー理工学科	令和2年9月29日(火)～	小川智史	37(1)名
		令和2年12月18日(金)		

講習会名	実施回数	日数	受講者数		
			日本人	外国人	計
利用者講習会 (RI)	9	9	10 (1)	1	11 (1)
(X線)	0	0	0	0	0
RI取扱講習会 (講義 Aコース)	5	14	22 (4)	2 (2)	24 (6)
(講義 Bコース)	6	15	40 (7)	5 (3)	45 (10)
(実習)	5	5	24 (4)	3 (2)	27 (6)
X線取扱講習会 (講義)	5	13	122 (31)	4 (4)	126 (35)
(実習)	2	2	5 (2)	1 (1)	6 (3)
学部実習 (RI)	25	38	38	0	38
(X線)	1	13	37 (1)	0	37 (1)
計	58	109	298 (50)	16 (12)	314 (62)

( ) 内は女性数

## B. 分館

講習会名	実施日程	担当者	受講者数
分館利用説明会	令和2年9月14日 (月)	緒方良至, 中村嘉行	1 名
	令和2年12月10日 (木)	中村嘉行	1 名
	令和2年12月16日 (水)	緒方良至, 中村嘉行	2 (2) 名
	令和3年1月28日 (木)	緒方良至, 中村嘉行	3 (1) 名
時間外利用責任者講習会	令和2年10月23日 (金)	緒方良至	1 (1) 名
X線再教育講習会	令和2年12月11日 (金)	中村嘉行	1 (1) 名
X線新規利用講習会	令和2年12月23日 (水)	中村嘉行	3 (2) 名
	令和2年12月24日 (木)	中村嘉行	3 (2) 名

講習会名	実施回数	日数	受講者数		
			日本人	外国人	計
分館利用説明会	4	4	4 (1)	3 (2)	7 (3)
時間外利用責任者講習会	1	1	1 (1)	0	1 (1)
X線再教育講習会	1	1	1 (1)	0	1 (1)
X線新規利用講習会	2	2	3 (1)	3 (3)	6 (4)
計	8	8	9 (4)	6 (5)	15 (9)

( ) 内は女性数

# 講習会修了者数

講習会種類	開催日	所 属															計
		情報学部・情報学研究科	理学部・理学研究科	医学部・医学研究科・附属病院	工学部・工学研究科	農学部・生命農学研究科	環境学研究科	創薬科学研究科	ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー	物質科学国際研究センター	未来材料・システム研究所	低温プラズマ科学研究センター	総合保健体育科学センター	全学技術センター	岐阜大学 工学部・工学研究科	アイントロップ総合センター	
RI 講習 [第2種： Aコース]	2020年10月1日(木) ～2020年10月2日(金)	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	2020年10月22日(木) ～2020年10月26日(月)	0	7(3)	0	10(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17(4)
	2020年11月2日(月)	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	2(2)
	2020年11月2日(月) ～2020年11月4日(水)	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	2021年1月19日(火) ～2021年1月21日(木)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
小計		0	8(3)	0	15(2)	0	0	0	0	1(1)	0	0	0	0	0	0	24(6)
RI 講習 [第2種： Bコース (条件付)]	2020年10月21日(水) ～2020年10月22日(木)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
	2020年10月22日(木) ～2020年10月26日(月)	0	6(1)	0	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	14(1)	
	2020年11月2日(月)	0	1(1)	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3(1)	
	2020年11月2日(月) ～2020年11月4日(水)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	2020年12月16日(水)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
2021年1月19日(火) ～2021年1月21日(木)	0	2(2)	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4(2)	
小計		0	9(4)	1	10	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	24(4)	
RI 講習 [第2種： 講義+実習]	2020年11月6日(金)	0	6(1)	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	10(1)	
	2020年11月9日(月)	0	3(1)	2(2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5(3)	
	2021年1月25日(月)	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	
小計		0	9(2)	4(2)	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	18(4)	
X線講習 [第3種]	2020年10月2日(金) ～2020年10月5日(月)	0	14(4)	6(2)	26(3)	3(1)	1(1)	0	0	0	0	0	2(1)	0	0	52(12)	
	2020年10月13日(火) ～2020年10月14日(水)	0	7(3)	6(1)	20(1)	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	35(5)	
	2020年10月15日(木)	0	1(1)	2(2)	1(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4(4)	
	2021年1月8日(金) ～2021年1月12日(火)	1	1(1)	2(1)	18	1	0	0	0	0	1	0	7(7)	0	0	31(9)	
	2021年1月13日(水)	0	0	0	1	0	0	0	0	1(1)	0	2(2)	0	0	0	4(3)	
小計		1	23(9)	16(6)	66(5)	4(1)	2(1)	0	0	1(1)	2	2(2)	7(7)	2(1)	0	126(33)	
総計		1	49(18)	21(8)	94(7)	4(1)	2(1)	0	1	2(2)	3	2(2)	7(7)	3(1)	1	2	192(47)

( )内は女性数

## センターへの講師依頼

### A. 本館

依頼元	講習会名	受講対象者	期日	項目・担当者	受講者数
名古屋市消防局 消防学校	専科教育警防科特殊災害課程	名古屋市消防局 小隊長	令和2年12月15日	「放射線災害の基礎知識と対応要領」 柴田 理尋	32

### B. 分館

依頼元	講習会名	受講対象者	期日	項目・担当者	受講者数
名古屋大学医学部 附属病院放射線取扱主任者	令和2年度名古屋大学医学部 附属病院新規放射線業務従事者 教育訓練 A	医学部附属病院 新規放射線業務 従事者	令和2年9月1日 ～令和3年1月31日 (DVD 講習)	「透過写真の撮影の作業の方法」 中村 嘉行	128
名古屋大学医学部 附属病院放射線取扱主任者	令和2年度名古屋大学医学部 附属病院新規放射線業務従事者 教育訓練 B	医学部附属病院 新規放射線業務 従事者	令和2年9月1日 ～令和3年1月31日 (DVD 講習)	「放射線発生装置の安全取扱い」 「放射線の人体に与える影響」 「関係法令」 緒方 良至 (録画)	144
名古屋大学医学部 附属病院放射線取扱主任者	令和2年度名古屋大学医学部 附属病院新規放射線業務従事者 教育訓練 C	医学部附属病院 新規放射線業務 従事者	令和2年9月1日 ～令和3年1月31日 (DVD 講習)	「放射性同位元素および放射線発生装置の安全取扱い I」 緒方 良至 (録画)	15
名古屋大学医学部 附属病院放射線取扱主任者	令和2年度名古屋大学医学部 附属病院新規放射線業務従事者 教育訓練 D	医学部附属病院 新規放射線業務 従事者	令和2年9月1日 ～令和3年1月31日 (DVD 講習)	「放射性同位元素および放射線発生装置の安全取扱い II」 緒方 良至 (録画)	15

## 2021年度 アイソトープ総合センター講習会案内

放射線業務従事者資格取得のための講習会を以下のとおり行います。

名古屋大学の放射線業務従事者資格は、従事可能な放射線業務別に、第1種、第2種、第3種に分かれています。

アイソトープ総合センターでは、第2種及び第3種資格取得のための講習会を開催しています。

取扱い可能な従事内容	第1種	第2種			第3種
		(A)	(B)	(B+ 実習)	
非密封放射性同位元素の取扱い	○	/	条件付 <sup>(注1)</sup>	○	/
密封放射性同位元素の取扱い	○	○	○	○	/
放射化を伴う加速器施設の利用	○	/	条件付 <sup>(注1)</sup>	○	/
放射化を伴わない加速器施設の利用	○	○	○	○	/
放射光(シンクロトロン光)施設の利用 <sup>(注2)</sup>	○	○	○	○	/
X線発生装置の取扱い	○	/	/	/	○

注1 本学で非密封放射性同位元素の取扱い資格及び放射化を伴う加速器施設の利用資格を取得するためには、講義と実習の受講が必要ですが、実習の代わりに「見習い期間」を設けることを可能としている部局もあります。見習い期間中は、単独での業務従事が制限され、教職員で放射線業務を熟知した者の指導の元に作業しなければなりません。見習い期間の可否については、所属部局の放射線安全管理室で確認をしてください。

注2 放射光施設において、X線が発生する業務に従事する場合には、第2種及び第3種両方の資格が必要です。

### ◎アイソトープ総合センターで開催する講習会及び取得可能な資格

#### ① RI 講習

受講コース	内容	時間	資格
講義A	・放射線の人体に与える影響	40分	第2種 (A)
	・放射性同位元素等又は放射線発生装置の安全取扱い (非密封 RI 取扱い, 放射化を伴う加速器の項目を除く)	2時間	
	・放射線障害防止に関する法令及び放射線障害予防規程	40分	
講義B	・放射線の人体に与える影響	40分	第2種 (B)
	・放射性同位元素等又は放射線発生装置の安全取扱い (非密封 RI 取扱い, 放射化を伴う加速器の項目を含む)	3時間	
	・放射線障害防止に関する法令及び放射線障害予防規程	40分	
講義B + 実習	・放射線の人体に与える影響	40分	第2種 (B+実習)
	・放射性同位元素等又は放射線発生装置の安全取扱い (非密封 RI 取扱い, 放射化を伴う加速器の項目を含む)	3時間	
	・放射線障害防止に関する法令及び放射線障害予防規程	40分	
	・実習	6時間	

※第2種 (A) 資格保有者は、講義Bコースの「放射性同位元素等又は放射線発生装置の安全取扱い」の非密封 RI 取扱い, 放射化を伴う加速器の項目 (1時間) を追加受講することにより、第2種 (B) の資格を取得可能です。

※第2種 (B) 資格保有者は、実習 (6時間) を追加受講することにより、第2種 (B+実習) の資格を取得可能です。

#### ② X線講習 (講義)

第3種の資格取得希望者対象の講義です。

この講義を受講後、各自が使用するX線装置の下で実習を受講することにより、第3種資格の取得が可能です。

## 2021年度 アイソトープ総合センター講習会日程

※以下の日程・実施方法は、国内の状況及び本学の活動指針に従い、変更になる場合があります。最新情報は、アイソトープ総合センター HP をご確認ください。

### RI 講習（第2種）

名称	実施年月日	実施方法・場所	人数	申込期間
RI21- 講義01（英語）	2021年5月11日（火）	（Zoom）	－	2021年4月15日（木） ～ 2021年4月28日（水）
RI21- 講義02（日本語）	2021年5月12日（水）10:00 ～2021年5月14日（金）13:00	（NUCT）	－	
RI21- 実習01	2021年5月19日（水）	東山	10	
RI21- 実習02	2021年5月20日（木）	東山	10	
RI21- 実習03	2021年5月21日（金）	東山	10	
RI21- 実習04	2021年5月24日（月）	東山	10	
RI21- 実習05	2021年5月25日（火）	東山	10	
RI21- 実習06	2021年5月26日（水）	東山	10	
RI21- 講義03（日本語）	2021年6月7日（月）10:00 ～2021年6月9日（水）13:00	（NUCT）	－	2021年5月19日（水） ～ 2021年5月31日（月）
RI21- 実習07	2021年6月14日（月）	鶴舞	8	
RI21- 実習08	2021年6月15日（火）	鶴舞	8	
RI21- 講義04（日本語）	2021年7月6日（火）10:00 ～2021年7月8日（木）13:00	（NUCT）	－	2021年6月16日（水） ～ 2021年6月29日（火）
RI21- 講義05（英語）	2021年7月9日（金）	（Zoom）	－	
RI21- 実習09	2021年7月14日（水）	東山	10	
RI21- 実習10	2021年7月15日（木）	東山	10	
RI21- 実習11	2021年7月16日（金）	東山	10	
RI21- 講義06（英語）	2021年10月12日（火）	（Zoom）	－	2021年9月22日（水） ～ 2021年10月5日（火）
RI21- 講義07（日本語）	2021年10月13日（水）10:00 ～2021年10月15日（金）13:00	（NUCT）	－	
RI21- 実習12	2021年10月22日（金）	東山	10	
RI21- 実習13	2021年10月25日（月）	東山	10	
RI21- 実習14	2021年10月27日（水）	鶴舞	8	
RI21- 実習15	2021年10月28日（木）	鶴舞	8	
RI21- 講義08（日本語）	2022年1月11日（火）10:00 ～2022年1月13日（木）13:00	（NUCT）	－	2021年12月14日（火） ～ 2021年12月27日（月）
RI21- 講義09（英語）	2022年1月14日（金）	（Zoom）	－	
RI21- 実習16	2022年1月19日（水）	東山	10	2022年1月24日（月） ～ 2022年2月4日（金）
RI21- 講義10（日本語）	2022年2月14日（月）10:00 ～2022年2月16日（水）13:00	（NUCT）	－	
RI21- 実習17	2022年2月21日（月）	鶴舞	8	

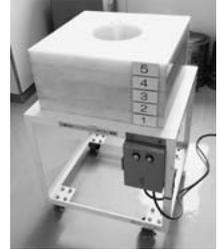
X 線講習（第3種）

名称	実施年月日	実施方法・場所	人数	申込期間
第153回 X 線講習(日本語)	2021年4月22日(木) 10:00 ～2021年4月23日(金) 15:00	(NUCT)	–	2021年4月1日(木) ～
第154回 X 線講習(英語)	2021年4月26日(月)	(Zoom)	–	2021年4月14日(水)
第155回 X 線講習(日本語)	2021年5月31日(月) 10:00 ～2021年6月1日(火) 15:00	(NUCT)	–	2021年5月10日(月) ～
第156回 X 線講習(英語)	2021年6月2日(水)	(Zoom)	–	2021年5月21日(金)
第157回 X 線講習(日本語)	2021年7月1日(木) 10:00 ～2021年7月2日(金) 15:00	(NUCT)	–	2021年6月10日(木) ～
第158回 X 線講習(英語)	2021年7月5日(月)	(Zoom)	–	2021年6月23日(水)
第159回 X 線講習(日本語)	2021年10月6日(水) 10:00 ～2021年10月7日(木) 15:00	(NUCT)	–	2021年9月16日(木) ～
第160回 X 線講習(英語)	2021年10月8日(金)	(Zoom)	–	2021年9月29日(水)
第161回 X 線講習(日本語)	2022年1月25日(火) 10:00 ～2022年1月26日(水) 15:00	(NUCT)	–	2022年1月5日(水) ～
第162回 X 線講習(英語)	2022年1月27日(木)	(Zoom)	–	2022年1月18日(火)

## 機器紹介

### 本館

機器名	設置場所	紹介説明
ポケット線量計簡易校正機 (株式会社イング製)	RI 実験棟 4階407室	<p>ポケット線量計を簡易校正するための装置です。線源には Ra-226等の密封小線源を用い、モーターで線源を回転させながらポケット線量計を照射します。校正機内で校正されたポケット線量計との線量値の比較により、校正を行います。所有していたポリエチレン板を利用することで、コストダウンを図りました。</p> <p>線源からの距離：10cm, 15cm（2段階調節可） 4本のポケット線量計を同時に照射（最大8本） 線源の回転数：7.3rpm</p>



## 新規購入図書

### ●本館●

和書

- ・放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアル

### ●分館●

洋書

- ・ICRP(143) Paediatric Reference Computational Phantoms
- ・ICRP(144) Dose Coefficients for External Exposures to Environmental Sources

## 機器貸出実績

### 本館

機器, 数量	貸出先	目的, 内容
<b>《学内貸出》</b>		
電離箱式サーベイメータ ICS-331B 1台 × 1回	生命農学研究科	エックス線実習のため
電離箱式サーベイメータ ICS-331B 1台 × 1回	生命農学研究科	エックス線装置の漏洩検査のため
電離箱式サーベイメータ ICS-331B 1台 × 1回	保健管理室	エックス線装置の漏洩検査のため
NaI シンチレーションサーベイメータ TCS-161 1台 × 1回, ポケット線量計 PDM-111 1本 × 1回	未来材料・システム研究所	福島県内調査時における被ばく管理のため
ポケット線量計 PDM-111 3本 × 1回	保健管理室	一時立入者の着用のため
可搬型デジタルスペクトロサーベイメータ Inspector 1000 1台 × 1回	理学研究科	γ線フラックス測定のため
『放射線施設廃止の確認手順と放射能測定マニュアル』× 1回	理学研究科	廃止準備のため

## 放射線安全管理室からのお知らせ

### ●本館●

#### 2021年

- 4月 再教育 (4/2他)  
1期利用開始 (4/2)
- 7月 期末チェック (~7/30)
- 8月 2期利用開始 (8/16)  
廃棄物集荷
- 9月 2020年度利用料金請求  
2021年集荷分廃棄物処分費請求
- 12月 期末チェック (~12/24)

#### 2022年

- 1月 3期利用開始 (1/11)
- 3月 施設・設備点検  
2022年度利用申請  
期末チェック (~3/25)

(新規利用者説明会は、随時予約制で受付け、開催します。)

### ●分館●

#### 2021年

- 4月 1期利用開始 (4/1)  
時間外利用責任者講習会
- 6月 2期実験計画書提出期限 (6/4)
- 7月 2期利用開始 (7/1)  
上半期利用料金等請求  
施設・設備点検
- 8月 廃棄物集荷
- 9月 3期実験計画書提出期限 (9/3)
- 10月 3期利用開始 (10/1)  
時間外利用責任者講習会
- 12月 4期実験計画書提出期限 (12/3)

#### 2022年

- 1月 4期利用開始 (1/4)  
下半期利用料金等請求
- 2月 施設・設備点検
- 3月 2022年度実験計画書提出期限 (3/4)  
再教育講習会

(分館利用説明会は、毎月一回以上開催。開催日は掲示します。)

## 『名古屋大学アイソトープ総合センター運営委員会』委員名簿

令和3年3月1日現在

所 属 ・ 職 名	氏 名
セ ン タ ー 長	竹 中 千 里
理 学 研 究 科 ・ 教 授	小 嶋 誠 司
医 学 系 研 究 科 ・ 教 授	松 田 直 之
工 学 研 究 科 ・ 教 授	山 澤 弘 実
生 命 農 学 研 究 科 ・ 准 教 授	松 下 泰 幸
環 境 学 研 究 科 ・ 准 教 授	植 村 立
情 報 科 学 研 究 科 ・ 准 教 授	青 木 撰 之
環 境 医 学 研 究 所 ・ 准 教 授	増 田 雄 司
分 館 長	長 縄 慎 二
原 子 力 委 員 会 委 員 長 コバルト60照射施設利用委員会委員長 工 学 研 究 科 ・ 教 授	瓜 谷 章
安 全 保 障 委 員 会 委 員 長 アイソトープ総合センター ・ 教 授	柴 田 理 尋
アイソトープ総合センター ・ 准 教 授	小 島 康 明
アイソトープ総合センター ・ 准 教 授	緒 方 良 至
理 学 研 究 科 ・ 准 教 授	吉 岡 泰
生 命 農 学 研 究 科 ・ 准 教 授	上 野 山 賀 久
アイソトープ総合センター ・ 講 師	佐 久 間 麻 由 子

## 受 賞

令和2年11月2日、近藤真理技師が公益社団法人日本アイソトープ協会の「令和2年度放射線安全取扱部会放射線安全管理奨励賞」を受賞しました。

## 委員会等の報告

第174回アイソトープ総合センター運営委員会

(令和2年10月5日開催)

審議事項

1. 総長管理ポイント講師の人事選考について

第175回アイソトープ総合センター運営委員会

(令和2年10月22日開催)

審議事項

1. 分館における総長管理ポイント（准教授）による教員人事選考について

## 編集後記

トレーサー69号をお読みいただきありがとうございます。早いもので、年度末の3月になりました。卒業や入学、就職などで新生活を始められる方も多いのではないのでしょうか。2020年度は新型コロナウイルス感染症(COVID-19)のパンデミックにより、NUCTを用いたRI/X線講習を実施し、昨年度よりも少人数でのRI実習を行うなどしてまいりました。研究論文の掲載につきましては、今号も数多くの件数を皆さまよりご連絡いただきました。ご協力いただいた皆さまに心から感謝しています。今後も皆さまに役立つアイソトープ総合センター情報を発信してまいりますので、広報トレーサーへのご協力をよろしくお願いいたします。

### トレーサー編集委員

委員長	竹中	千里
	柴田	理尋
幹事	小島	康明
	森本	浩行
	中村	嘉行
	富田	裕代

## Tracer 第69号

令和3年3月25日 発行  
編集発行

名古屋大学アイソトープ総合センター  
〒464-8602 名古屋市千種区不老町  
電話 〈052〉789-2563  
FAX 〈052〉789-2567  
E-mail: isotope@adm.nagoya-u.ac.jp