

# アイソトープ総合部

## アイソトープ総合部

部長 中島 覚

自然科学研究支援開発センターは令和元年11月よりセンターが再編され、旧アイソトープ総合部門は総合実験支援・研究部門アイソトープ総合部となりました。アイソトープ総合部は、全学の教育研究の支援を行うとともに、私たちの放射線施設だけでなく全学の放射線施設の中心として放射線安全管理に貢献することがミッションです。それと同時に、広島大学の教育研究にも直接貢献してまいりました。この場では、令和2年度の活動の一部を紹介するとともに今後アイソトープ総合部がどうあるべきかについて述べることにより、ご挨拶に代えさせていただきます。なお、私たちの活動は放射性同位元素教育研究グループと放射性同位元素管理グループの二つのグループで行っています。それぞれのグループには1名ずつ専任教員が配置されており、その教員が中心になって業務を積極的に行っています。活動の詳細はそれぞれのグループの活動報告にまとめられていますのでそちらをご覧ください。

### 1. 学内での貢献

放射性同位元素、放射線発生装置の利用は法令で規制されています。それらを利用するためには、放射線業務従事者として登録される必要があります。そのためには、教育訓練と健康診断を受けなければなりません。私たちは教育訓練を行い、健康診断のアレンジを行い、保健管理センターに実施していただいたうえで登録を行っております。本年度は COVID-19 のため、対面での教育訓練はできませんでした。そのため、急遽広島大学オンライン学習システム Bb9 を活用して web での教育訓練で対応しました。さらに健康診断も例年に比べて遅れ、第一波が収まってから保健管理センターと相談して三密を避けて実施しました。共同利用は、最初の2か月間は、新型コロナウイルス感染拡大防止に最大限留意して、停止が困難な研究のみ許可しました。その後は、大学の研究活動レベル2対応方針に従う限り、研究活動を制限しませんでした。

私たちは、私たちの放射線施設だけでなく、広島大学内の他放射線施設の安全管理に関しても貢献しています。部長は全学の放射性同位元素委員会では委員長として貢献しておりますし、部のメンバーは重点自主検査の重要な検査員となっております。現在、本年度と来年度の2年計画で東広島キャンパスの非密封 RI 施設の集約化を進めております。総合科学研究科と統合生命科学研究科の放射線業務従事者は本年度から本センターで登録を行っています。来年度からは工学研究科の放射線業務従事者も本センターで登録を行います。

### 2. 全国での貢献

私たちは日本放射線安全管理学会、大学等放射線施設協議会、日本アイソトープ協会等を通して全国の RI 施設と連携を取りながら活動しています。この中では、それぞれ、会長、理事、各種委員として活動しており、これは全国的にも広島大学が貢献しなければならないことであると考えています。これからも、広島大学のセンターとしてのプレゼンスをより一層あげていきたいと意気込んでおります。

### 3. LP への貢献

広島大学では、「放射線災害復興を推進するフェニックスリーダー育成プログラム（放射線災害による人と社会と環境の破綻からの復興を担うグローバル人材育成）」が平成23年度、文部科学省「博士課程教育リーディングプログラム」に採択されました。私どものアイソトープ総合部は放射能環境保全コースの支援をさせていただいています。また、アイソトープ総合部はこのプログラムのトレーニングセンターとなり、アイソトープ総合部を使用して放射線計測演習を行っています。教授は放射能環境保全コースのコースリーダーとして貢献しており、また令和2年度、このプログラムの学生6名が教授のグループに在籍し、1名が無事博士の学位を取得しました。この点に関してもなお一層貢献したいと考えています。

### 4. 独自の教育・研究

アイソトープ総合部は、これまで理学部及び大学院理学研究科（現先進理工系科学研究科）の教育・研究に貢献してまいりました。前年度から、総合実験支援・研究部門は全学教養教育「自然科学研究の倫理と法令」を開講しています。本部の教員も一部、担当しています。教養教育として、全学部生に法令の下で放射線を安全に利用する意味をしっかりと伝えています。この講義も本年は広島大学オンライン学習システム Bb9 で対応しました。

支援を行う教員であっても各自の研究を進めることは大学人として当然であります。スタッフ全員がこのことも忘れず研究活動を展開していかなければならないと考えています。アイソトープ総合部としては引き続き放射線安全管理に関する研究や環境保全に関する研究、さらには福島復興に関する研究を進めていきたいと考えています。また、教授は先進理工系科学研究科基礎化学プログラムで放射線反応化学研究グループを率いており、放射線が関係する化学研究を中心に教育研究を積極的に行っています。

私たちは全学的な放射線安全管理と放射線利用教育研究の推進に努めるとともに我々独自の研究も強く進めてまいります。それと同時に、放射線災害からの復興の核となるグローバル人材育成にも、微力ですが努めてまいりたいと思います。さらに、学外での活動においても広島大学として相応の貢献をしたいと考えています。より一層貢献してまいりますので、ぜひ関係各位のご理解を賜りたく存じます。

## 【専任教員の研究紹介】

### 微生物の Cs 耐性機構に関する研究

稲田晋宣

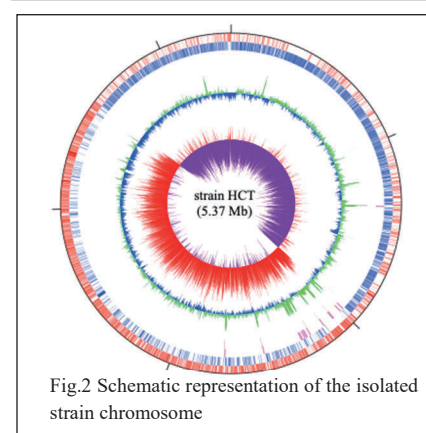
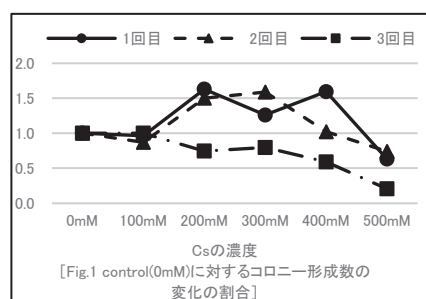
2011年の福島第一原子力発電所事故で大量の放射性物質が放出された。特に $\gamma$ 線放出核種であるCs-137は、長い半減期（30.04年）を持っており環境中の挙動が注目された。CsはKやNaと同じアルカリ金属に属しているが生物に毒性を示すことが報告されている。これまで環境中の放射性同位元素の動態に微生物が与える影響を検討する中でこのCs-137に注目し、微生物のCsに対する影響について解析を行った。

環境水（池水）中の微生物（群）を試料としてCsの影響を検討した。Csを含む固体培地上に池水を接種し、生育するコロニー数の変化を確認することでCsの影響を確認した。その結果、Csはその添加量の増加に従って微生物の生育を阻害し50mMの高濃度では生育を強く阻害した。その中でCsに対する耐性度は微生物種により異なることが示された。このCs

に対する耐性機構を詳細に解析するために、土壌よりCsに耐性を有する微生物の単離を試みた。その結果Csに耐性を有する微生物の候補株を取得した。単離株のCs耐性を固体培養ではコロニー形成数、液体培養では

Ab<sub>S600nm</sub>を用いて確認した。その結果、コントロール（0mM Cs）と比較して固体培養では100mM Cs存在下でコロニー形成数の減少が確認されず（Fig. 1）、液体培養においても生育速度の変化が確認されなかった。また固体培養では、さらに高い濃度においてもコロニー形成数の低下が確認されないなど、Csに対して高い耐性を有している可能性が確認された。本株の16S rDNAの塩基配列の相同性解析から本株は*Bacillus*属であることが明らかとなった。

本株のCs耐性機構を詳細に解析するためにゲノム全体の塩基配列の決定を行った。その結果、1本の環状染色体（約5.37Mb、Fig. 2）と3本の環状プラスミド（約404kb、約196kb、約9kb）を保持している結果が得られた。現在、本株のゲノム上の構造遺伝子の情報を解析しており、Cs耐性に関連する構造遺伝子群やその他の特徴的な機能について詳細な解析を進めている。また本株を用いたCs-137の除去に関する研究も進行しており、除染において有用な結果が得られた際にはゲノム情報から関与する機能遺伝子も明らかになると期待される。本株の潜在的な有用機能の開発や分子育種についても検討している。



#### <参考論文>

Examination of Cs tolerant bacteria with Cs<sup>+</sup> in aqueous solution and soil by using <sup>137</sup>Cs tracer.

T. Basuki, K. Inada, S. Nakashima

AIP-CP, 2295, 020007 (2020). DOI 10.1063/5.0031817

## 【施設利用者の研究紹介】 迅速な放射性 Sr の定量法の検討

先進理工系科学研究科 遠藤 暁

はじめに

2011年3月に発生した福島第一原子力発電所事故では、多くの核分裂生成物が大気中に放出された。核分裂生成物のうち、放射性 Sr は骨髄に集積する傾向があり、更に、この元素の放射線毒性は比較的高いことが指摘されている。福島第一原発事故では半減期 29 年の  $^{90}\text{Sr}$  と半減期 50 日の  $^{89}\text{Sr}$  の環境汚染が確認されているが、ともに  $\gamma$  線を放出しない  $\beta$  線放出核種であるため定量には、化学分離した後に液体シンチレーションカウンター等を用いた定量手法が用いられている。

文部科学省は、 $^{90}\text{Sr}$  と  $^{89}\text{Sr}$  が混合した試料の定量手法として、化学分離を用いて放射性 Sr と Y を分離し、 $^{90}\text{Sr}$  と放射平衡にある娘核種の  $^{90}\text{Y}$  を定量した後、放射平衡の  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  の放射能を差し引くことで  $^{89}\text{Sr}$  の定量することを推奨している。この方法では、 $^{90}\text{Sr}$  と  $^{90}\text{Y}$  の放射平衡になる時間の経過と化学分離及び最低 2 回の測定が必要になり、タイムコンシューミングである。核災害発生時における半減期の短い  $^{89}\text{Sr}$  の定量においては、より迅速な定量法が必要である。

本研究では、PHITS コードを用いたモンテカルロ計算で決定した Si 検出器の応答関数を用いることで、化学分離を必要としない  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  および  $^{90}\text{Sr} \cdot ^{89}\text{Sr}$  混合試料の定量法を検討している。

方法

### 1) 試料の測定

今回測定に、Si 全空乏層型検出器 (CAMBERRA FD-500) を用いた。測定試料は、既に定量済みの  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  および  $^{90}\text{Sr} \cdot ^{89}\text{Sr}$  混合試料を用いた。Si 検出器の周りは鉛のブロックを配置し、測定スペクトルからバックグラウンドを差し引いて解析に用いた。

### 2) Si 検出器の応答関数の計算

PHITS コードを用いて、 $^{90}\text{Sr}$  および  $^{89}\text{Sr}$ 、1 Bq の線源から放出される  $\beta$  線が Si 検出器の空乏層へエネルギー付与を計算する。このエネルギー付与と分布が

Si 検出器の応答関数を示す。Si 検出器としてキャンベラ社製全空乏層型 PIPS (モデル FD500) を用いるためその幾何形状を入力した。

線源は、試験に用いた  $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  炭酸塩試料の直径約 20mm で厚さ 0.05mm の等方線源とし、線源の材質はセルロースとした。 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  の  $\beta$  線スペクトルは、フェルミ関数を用いてスペクトル計算をするエクセルツールを作成して使用した。 $^{90}\text{Sr}$  の計算では  $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$  の放射平衡を仮定した。また、このエクセルツールで作成した  $\beta$  線スペクトルは ICRU レポート 56 で示しているスペクトルとよく一致することは確かめている。

### 3) 解析

PHITS 計算で得られた応答関数を用いて、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{89}\text{Sr}$  および  $^{90}\text{Sr} \cdot ^{89}\text{Sr}$  混合試料の最小 2 乗フィッティングを行い放射能の定量を行う。このフィッティングでは次式の  $\chi^2$  を最小になるパラメータ  $a_0$  と  $a_1$  を決定する。

$$\chi^2 = \sum \frac{\{g_m(E_i) - a_0 \cdot g_{90}(E_i) - a_1 \cdot g_{89}(E_i)\}^2}{\sigma_i^2} \quad (1)$$

ここで  $g_m(E_i)$ 、 $g_{90}(E_i)$ 、 $g_{89}(E_i)$  は、それぞれ、測定スペクトル、 $^{90}\text{Sr}$  の応答関数および  $^{89}\text{Sr}$  の応答関数を示す。また、 $\sigma_i$  は測定値の誤差、 $a_0$  と  $a_1$  は、応答関数が 1 Bq 当たりの応答としていることから、試料に含まれるそれぞれの放射能値を表す。

結果とまとめ

フィッティング例を図 1 に示す。測定スペクトルは、よく応答関数でフィットされており、4.4 Bq の  $^{90}\text{Sr}$  試料では、 $a_0 = 3.94 \pm 0.18$ 、0.984 Bq の  $^{89}\text{Sr}$  試料では、 $a_1 = 0.988 \pm 0.08$  が得られた。ともに 10% 程度で既知量を再現した。更に精度向上を目指し、応答関数の決定法を検討している。本手法で迅速な定量が可能になると考えられる。

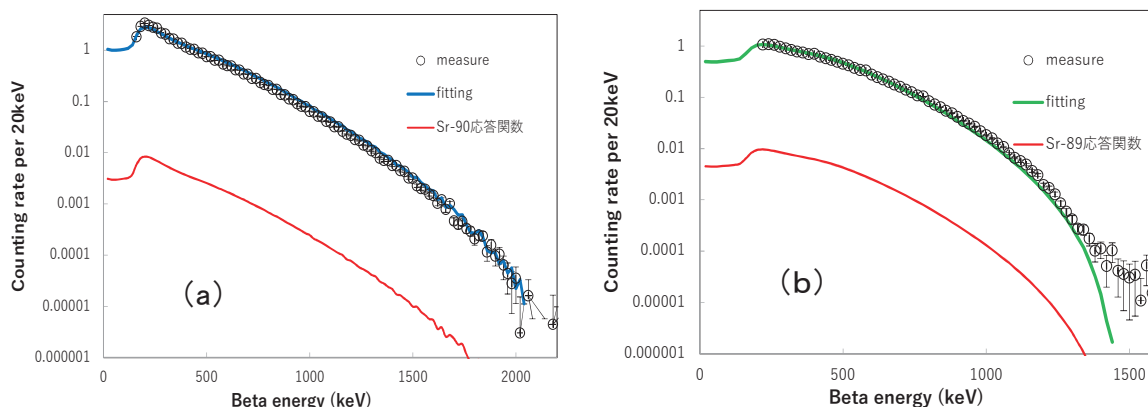


図 1 測定スペクトルのフィッティング例。(a)  $^{90}\text{Sr}$  および (b)  $^{89}\text{Sr}$ 。