

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総合実験支援・研究部門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3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こ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。その登録には、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。そして登録された方の被ばく管理も行っています。

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。

令和2年度と3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きましたが、無事完了しました。令和3年度は特にRI排水の受け入れと放流をかなりの頻度で行いました。また、すでに開始しておりますが、東広島キャンパスでの放射線業務従事者登録は基本的には本センターで登録を行います。なお、引き続き放射光科学研究センターの教職員は自身の施設で登録していただきます。

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「グローバル人財育成」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3年度、このプログラムの学生4名が教授のグループに在籍し、博士の学位取得者がアイソトープ総合部で非常勤研究員を務めました。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先進理工系科学研究科の教育・研究に貢献しております。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」を開講しており、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。

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財育成にも、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。

東広島キャンパス非密封放射線施設の集約化

中島 覚

東広島キャンパスには、総合科学研究科、統合生命科学研究科、工学研究科、自然科学研究支援開発センターの4つの非密封放射線施設が存在していましたが、令和2年度、3年度の2年間で集約化を行いました。これにはアイソトープ総合部も関与しましたので、ここに記しておきます。

アイソトープ総合部の前身のアイソトープ中央実験施設は平成3年10月より利用を開始し、平成7年の省令施設化、平成12年度末に新棟が増築されました。そのころまでは非密封RIの使用が全国的に増加していました。しかしながら、非密封RIの利用が徐々に減少してきて、東広島キャンパスに非密封放射線施設が4つも必要であるのかという声が少しずつ出始めました。そのような声を受けて各施設の主任者が集まり、何回も議論を重ねてきました。繰り返し議論しても、研究者は自分の研究室から近いところで非密封RI実験をしたいという思いが強く、集約化への賛同は得られませんでした。それと、放射線施設を廃止することの大変さがありました。原子力規制庁とのやり取りは放射線取扱主任者が行わなければならない、その負担がネックになっていたと考えています。この大変さは多くの大学構成員には理解しにくいところだと思います。

集約化が動く気配が見えてきたのは、平成29年9月6日に日本学術会議の提言「大学等における非密封放射性同位元素使用施設の拠点化について」が出たことによります。また、各施設の関係者にも後進に集約化を宿題として残しておきたくないという思いがあったと思います。そのため、学内での議論が一気に進みました。

具体的に作業を開始する前には、長沼先生（統合生命）、早川先生（工学）、免田さん（学術）、木庭さん（アイソトープ総合部）、中島で規制庁を訪問し、集約化の進め方について相談しました。その後は、放射性同位元素委員会の後に関係者が集まって議論し、またコロナ禍でもありましたので、業者を含めてZoomでの会議もたびたび行いました。

総合科学研究科と統合生命科学研究科の施設は廃止することになりました。工学研究科の施設は、非密封施設、密封施設、発生装置施設があります。そして非密封施設の中に廃棄できない線源がありますので、廃止ではなく、それを保管しておくために規模を縮小することになりました。

東広島キャンパスではRI排水は各施設から放流は許されていません。そのため、各施設のRI排水をアイソトープ総合部に移送し、そのRI排水をアイソトープ総合部で処理したのち東広島市の立会のもと放流しています。廃止に伴い、各施設のRI排水はすべてアイソトープ総合部に持ち込みました（写真）。RI排水の移送は非密封RI利用が多かった時期は先輩の先生方を中心に何度も行われましたが、廃止のための移送は寂しさが募りました。



写真 水の移送風景

これまで放射線業務従事者の登録は各施設で行っておりました。集約化後は全てアイソトープ総合部で登録をすることにし、

その整備を2年間で行いました。これまでの帳簿で必要なものは各放射線施設からアイソトープ総合部へ移しました。アイソトープ総合部はこれまでも全学の放射線管理や放射線教育に貢献して参りましたが、今後もより一層努めなければならないと実感しました。また、非密封RIの取扱い技術は決して途絶えさせてはいけなないと考えております。

非密封放射線施設の集約化に関しては、田中先生（工学）、山崎先生（総合科学）、長沼先生、免田さん、木庭さんをはじめとする多くの方の努力によるものです。汚染検査や除染、工学研究科の施設縮小工事は学長裁量経費をいただいで進めました。ここにすべての方のお名前を記すことはできませんが、集約化に関与されたすべての方に感謝申し上げます。

【専任教員の研究紹介】
微生物による放射性核種の吸着

松嶋 亮人

＜序論＞

広島大学東広島キャンパスは内陸部に位置しており、R I 排水を含め実験排水の環境への放流には厳しい制限が設けられている。また、R I 排水の放流が環境へ影響を与えていないことを担保するため、R I 排水を放流している公共下水道と大学内を流れる川の下流に位置している池の水を採水して環境放射能調査を継続しておこなっている。環境放射能調査の過程で、東広島市を流れる黒瀬川に形成される赤褐色バイオマット（微生物群が作る構造体）に多くの天然放射性核種が存在していることが分った。またバイオマットの乾燥重量が小さいことから、赤褐色バイオマットにより放射性排水の減容化が期待できると考え、人工放射性核種の吸着を試みたところ、人工放射性核種に対しても高い（98%）吸着能を示した。バイオマットには多くの微生物が含まれていることが分かっており、吸着のメカニズムを調べることが困難であるため、単離された微生物について人工放射性核種の吸着性を調べている。

＜方法＞

バイオマットを河川水、LB (Luria-Bertani) 培地（10 倍希釈、5 倍希釈、希釈なし）の個体培地にバイオマットを塗布し、25℃で 3 日間培養することで 9 種類の微生物を単離した。得られた微生物の種類は 16S rRNA 系統解析によって同定した。微生物への放射性核種の吸着は、得られた微生物を 100ml の LB 培地で培養した後、経年劣化した 9 核種混合線源（日本アイソトープ協会）を加え（Cs-137：92cpm、Co-60：26cpm）、その後遠心分離により集菌し、赤外線ランプ下でφ5.2cm シャーレ上に乾燥させ、重量測定のために Ge 半導体検出器で Cs-137 と Co-60 量を測定することで調べた。

＜結果・考察＞

単離できた微生物は表 1 のとおりであった。また、各微生物の放射性核種吸着率（2～7%）はバイオマット（98%）と比べて小さく、Cs-137 と Co-60 の選択性に違いはほぼ見られなかった。（*M. morgani* strain 229813（5）について Co-60 を 2.5 倍程度吸着能が高かった。）（図 1）微生物重量当たりの吸着量に着目した場合、*P. multiresinivorans populi*（7）については乾燥重量が小さいために、他の単離された微生物と比較して大きな吸着量となった（図 2）。したがって、減容化を目的とした場合は *P. multiresinivorans populi*（7）が最も適していることが分かった。*Pseudomonas* 属の微生物は様々な有機物を分解することが知られており、今後は放射性核種の吸着だけでなく、有害物質の分解についても検討する。

表 1. 単離された微生物

1	<i>Pseudomonas</i> sp. RtlB026
2	<i>Pseudomonas fluorescens</i> strain G7
3	<i>Bacillus cereus</i> strain VD-7
4	<i>Chromobacterium vaccinii</i> strain MWU 328W
5	<i>Morganella morgani</i> strain 229813
6	<i>Sphingobacterium faecium</i> strain DSM 11690
7	<i>Pseudomonas multiresinivorans</i> strain populi
8	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> strain IH128R2A01
9	<i>Chromobacterium haemolyticum</i> strain MO3

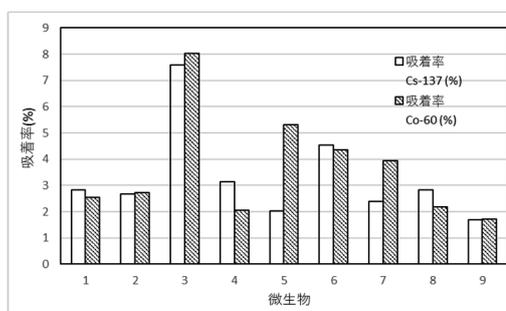


図 1. 人工放射性核種の吸着率

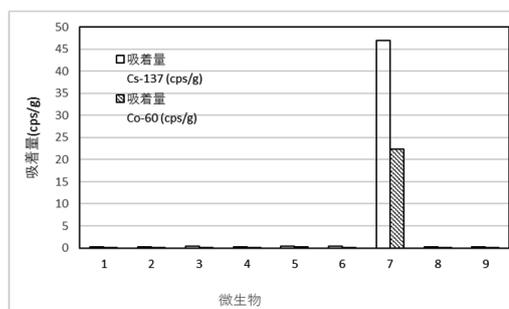


図 2. 人工放射性核種の吸着量

【施設利用者の研究紹介】

放線菌二次代謝生合成マシナリーの解析および生産制御機構の合理的改変による二次代謝誘導

統合生命科学研究科 生物工学プログラム 荒川 賢治

Streptomyces 属放線菌は、実用化抗生物質の約7割を生産する土壌微生物である。1菌株あたり30種類を超える二次代謝遺伝子をコードしているが、そのうち発酵生産で得られるのは数種類であり、8-9割の二次代謝は「休眠状態」といえる。我々は、3つの線状プラスミド pSLA2-L, -M, -S をもつ放線菌 *Streptomyces rochei* 7434AN4 株を研究対象とし、ポリケチド抗生物質ランカサイジン・ランカマイシン (図1) の生合成マシナリー解析、二次代謝制御を司るシグナル分子 SRB (図1) の化学構造、および二次代謝制御メカニズムの分子基盤解析を行い、ゲノム構造・二次代謝生産・誘導制御の統合深化を進めてきた。本稿では、近年我々が見いだした研究成果について紹介する。

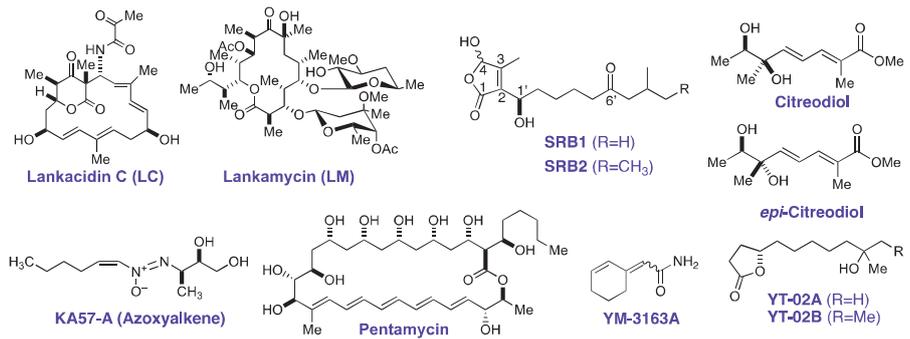


図1 放線菌 *Streptomyces rochei* 7434AN4 株が生産する二次代謝産物

(1) 放線菌 *S. rochei* 7434AN4 株のゲノム塩基配列

Illumina GAII および PacBio RS-II シークエンサーによるハイブリッドアセンブルを行い、*S. rochei* 7434AN4 株における染色体全長を 8.36 Mb と決定した。さらに 7,536 ORF の存在を見だし、35 個の二次代謝生合成遺伝子クラスターの存在、そして7つの ribosomal RNA 領域も決定した (論文1)。

(2) ブテノライド型シグナル分子およびランカマイシンの生合成マシナリー解析

ブテノライド型シグナル分子 SRB の生合成に関して、P450 モノオキシゲナーゼ遺伝子 *srrO* の機能解析を行い、C-6' 位の酸化および二次代謝誘導活性への寄与を立証した (論文2)。ランカマイシンの P450 酵素 LkmK, LkmF の機能解析を行い、両酵素の基質認識と生合成経路の解析を達成した (論文3)。

(3) 二次代謝生合成制御系の包括的機能解析およびそれらの合理的改変による二次代謝活性化

休眠二次代謝クラスターに起因する未同定産物の実用的発酵生産を目指し、リプレッサーの遺伝子変異やアクティベーター強制発現など多面発現制御を遂行した。まず、pseudo-repressor 遺伝子 *srrB* の変異により二次代謝生産の向上を見だし、制御機構の合理改変に立脚した二次代謝生産の汎用的手法を確立した (論文4)。次いで、染色体上の SARP (*Streptomyces* antibiotic regulatory protein) 型アクティベーター遺伝子 *SRO_3163* を強制発現したところ、新規エナミド YM-3163A の蓄積を見いだした (論文5)。また、制御遺伝子オペロン *srrY-srrC* の変異によりブチロラクトン化合物の蓄積を見いだした (論文6)。

1. Nindita, Y., Cao, A., Fauzi, A. A., Teshima, A., Misaki, Y., Muslimin, R., Yang, Y., Shiwa, Y., Yoshikawa, H., Tagami, M., Lezhava, A., Ishikawa, J., Kuroda, M., Sekizuka, T., Inada, K., Kinashi, H., Arakawa, K., **Sci. Rep.**, 9, 10973 (2019).
2. Teshima, A., Hadae, N., Tsuda, N., Arakawa, K., **Biomolecules**, 10, 1237 (2020).
3. Teshima, A., Kondo, H., Tanaka, Y., Nindita, Y., Misaki, Y., Konaka, Y., Itakura, Y., Tonokawa, T., Kinashi, H., Arakawa, K., **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, 85, 115-125 (2021).
4. Misaki, Y., Yamamoto, S., Suzuki, T., Iwakuni, M., Sasaki, H., Takahashi, Y., Inada, K., Kinashi, H., Arakawa, K., **Front. Microbiol.**, 11, 1089 (2020).
5. Misaki, Y., Nindita, Y., Fujita, K., Fauzi, A. A., Arakawa, K., **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, 86, 177-184 (2022).
6. Misaki, Y., Takahashi, Y., Hara, K., Tatsuno, S., Arakawa, K., **J. Biosci. Bioeng.**, 133, 329-334 (2022).