

## 平成30年度 放射線基礎セミナー 印象記

松本 義久  
Matsumoto Yoshihisa

2018年7月6日、東京大学農学部中島董一郎記念ホールにおいて、平成30年度放射線基礎セミナーが開催された。このセミナーは、アイソトープ及び放射線に関する基礎や応用に関するテーマを分かりやすく解説することを目的として、日本アイソトープ協会の理工学部会とライフサイエンス部会が共同で企画してきた。2018年4月にこの二部会が統合され、新たに理工・ライフサイエンス部会が発足し、今回のセミナーは新部会で企画する初めてのセミナーとなった。今回の参加者は41名（講師、座長、事務局等を除く）、そのうち学生は10名で、小職の開講の辞と総論（イントロダクション）に続いて、4件の教育講演が行われた。企画担当者としてその内容を簡単に報告する。

最初に、吉井幸恵氏（(国研)量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所）が、「放射性医薬品の研究利用」と題して、 $^{64}\text{Cu}$  標識を用いたがん診断・治療法の開発について講演された。 $^{64}\text{Cu}$  は  $\beta^+$ 、 $\beta^-$ 、電子捕獲（EC）の3つの様式で壊変するため、 $\beta^+$  壊変を利用した PET 診断に加え、 $\beta^-$  線と EC 壊変に伴うオージェ電子による治療も可能である。最近注目されている Theranostics<sup>\*1</sup> 薬剤の代表例と言える。また、半減期は12.7時間で、小型サイクロトロンで製造可能で、デリバリーも可能であるという特長を持つ。前半では、 $^{64}\text{Cu}$ -ATSM を用いた腫瘍内低酸素領域のイメージングと治療について紹介された。 $^{64}\text{Cu}$ -ATSM はこれまでの低酸素プローブと異なり、酸素の有無に関わらず、低酸素順化やミトコンドリ

<sup>\*1</sup> therapeutics（治療）と diagnostics（診断）を合わせた新語で、診断と治療を同時に行うこと

ア障害の結果として生じる細胞内過還元状態で細胞にトラップされるところに特色がある。吉井氏のグループでは、 $^{64}\text{Cu}$ -ATSM と血管新生阻害を組み合わせた新しい治療法を開発されている。すなわち、血管内皮細胞増殖因子（VEGF）の中和抗体であるバシズマブで血管新生を阻害して腫瘍を低酸素化し、 $^{64}\text{Cu}$ -ATSM 投与することで、顕著な腫瘍増殖抑制効果が見られた。一方、体重や血球数の現象や腎、肝毒性は認められておらず、副作用の少ない治療法として期待できる。後半では、 $^{64}\text{Cu}$  標識抗体を作製し、Open-PET<sup>\*2</sup> を行うことで、手術において術者が認識するのが難しいほどの小さな腫瘍にガイドするシステムの開発についてもご紹介された。

次に、片岡 淳氏（早稲田大学理工学術院/JAXA）が「核医学や高精度陽子線治療に向けた可視化装置の開発」と題して講演された。前半では、PET、SPECT 等核医学に用いられる装置と次世代技術開発の現状を紹介された。PET に関しては、通常の間接像度は5mm程度であるが、これを上げる方法として、飛行時間差を利用して反応位置を特定する TOF-PET (time-of-flight PET) が最近市販されている。もう1つのアプローチとして、検出位置の深さ方向を特定する DOI-PET (depth-of-interaction PET) の開発が試みられている。片岡氏のグループでは独自に、シンチレータを3次元にセグメント化し、それぞれからの情報を読み出す技術を開発された。もう1つの次世代技術としてコンプトンカメラを紹介さ

<sup>\*2</sup> 2つの検出器リングを離して配置する等、物理的に開放された視野領域を持つ PET。開放空間を利用して PET と同時に CT や放射線治療、手術等を行うことができる。

れた。片岡氏のグループでは、コンプトンカメラを小型化することで多色、3D イメージング技術開発を行っている。後半では、陽子線治療における線量分布イメージング技術について紹介された。まず、陽子線照射で生じる陽電子の消滅放射線や即発 $\gamma$ 線を利用することが考えられる。陽電子については通常の511 keVの消滅放射線ではなく、チェレンコフ光に注目した。また、即発 $\gamma$ 線の中で4.4 MeVの $\gamma$ 線に注目し、コンプトンカメラと組み合わせることで陽子線の線量分布を忠実に再現することに成功した。最後に、元々のご専門である宇宙観測についてお話された。情熱の原点が伝わってくると共に、一見異分野の知見や技術が生かされたことは、若手研究者にとって今後の参考になるであろう。

続いて、塚原剛彦氏（東京工業大学先端原子力研究所）が、「核医学に関する有機合成」と題して講演された。塚原氏のグループでは、機能性高分子とナノ粒子・ナノ流体を組み合わせ、原子炉廃止措置に伴う廃棄物に含まれるさまざまな核種の微量分離・分析技術の開発に取り組んでこられた。また、ここで培われた技術を医療に応用する研究も行われている。まず、官能性高分子ポリ N- イソプロピルアクリルアミドとクラウンエーテルを共重合した高分子のフォトニック結晶膜による新しいイオンセンシングシステムについて紹介された。この膜は、含水状態では緑色であるが、脱水状態では粒子が凝集して隣接粒子間の距離が縮まり、青色を呈する（ブルーシフト）。ブルーシフトは金属の種類によって違いがあり、一般に原子番号の順に大きくなる。Ba<sup>2+</sup>、Sr<sup>2+</sup>の場合は、クラウン環との相互作用のため、脱水と吸水が同時に進行し、ブルーシフトにもかかわらず、膨潤状態が維持され、これらの金属のセンシングに適していると考えられた。更に、コアとシェルの2層構造を持つナノ粒子の合成に成功され、そのフォトニック結晶を用いたアニオンやランタノイドイオンの個別センシングが可能となった。これらをマイクロチップ上にマイクロ流路と共に集積化することで試料量数百 $\mu$ L、時間10分ほどでの微量かつ迅速な分離・分析を実現した。このナノ粒子のサイズ制御技術はドラッグ・デリバリー・システム

(DDS)を通じて、核医学やホウ素中性子捕捉療法(BNCT)等への応用も期待される。

最後に、萱野大樹氏（金沢大学附属病院）が「核医学診断の動向」と題して、講演された。まず、PETの利用が悪性腫瘍以外の疾患の診断にも広がってきている現状をお話しされた。例として、アミロイド及びタウPET製剤を用いたアルツハイマー病のPET診断について紹介された。また、<sup>18</sup>F-FDGを用いたPET診断はほとんど（約98%）が悪性腫瘍診断目的であるが、その他に、心疾患やてんかんの診断にも用いられ、更に本年4月からは大型血管炎に対しても保険適応となった。続いて、吉井氏の講演にもあったTheranosticsの現状についてお話しされた。その例として、<sup>123</sup>I-MIBG（メタヨードベンジルグアニジン）と<sup>131</sup>I-MIBGを用いた神経芽腫の診断・治療や、<sup>68</sup>Ga-PSMA（前立腺特異的膜抗原）と<sup>177</sup>Lu-PSMA又は<sup>225</sup>Ac-PSMAを用いた前立腺癌の診断・治療等を紹介された。後半では、核医学における新たな技術についてお話しされた。まず、核医学分野においても、特に画像診断での人工知能(AI)利用が広がりつつある。また、PET/MRIが導入され、従来のPET/CTと比べて詳細な組織学的構造の評価が可能となり、特に、頭頸部や乳腺、骨盤部に対して有効性が期待される。更に、乳房専用PETの導入により、従来に比べて高い空間分解能が得られ、微小乳癌の描出が可能となったということである。臨床の現場における現状や最新の動向が分かり、大変参考になった。

このように今回のセミナーの教育講演は基礎から分かりやすく解説され、最先端の研究紹介も盛り込まれており、幅広い研究歴の参加者にとって大変有意義なものであった。ご講演をいただいた4名の講師の先生方に加え、座長を務めていただいた島添健次氏（東京大学大学院工学系研究科）、田野井慶太郎氏（東京大学大学院農学生命科学研究科）、運営に当たられた日本アイソトープ協会学術課の皆様にご心から感謝申し上げます。

（東京工業大学 科学技術創成研究院  
先端原子力研究所）