

序

著者がかつて勤務し、現在はコンサルタントとして係わる国際原子力機関 (International Atomic Energy Agency, IAEA) は、1953年の国連総会における米国アイゼンハワー大統領の“Atoms for Peace”の提唱により IAEA 憲章が採択され、1957年7月に設立されました。原子力の平和利用の促進と軍事利用への転用を防止することを目的した国際連合 (United Nations, UN) システムの関連機関の一つです。IAEA は保障措置、技術協力、そして安全確保の活動を3本の柱とし、①原子力、核燃料サイクルと原子力科学 (Nuclear Power, Fuel Cycle and Nuclear Science)、②原子力安全とセキュリティ (Nuclear Safety and Security)、③核検証 (Nuclear Verification)、④発展と環境保護のための原子力技術 (Nuclear Techniques for Development and Environmental Protection)、⑤発展のための技術協力管理 (Management of Technical Cooperation for Development) の分野で加盟国に対する活動を展開しています。それらはまた、原子力の平和利用と、軍事利用への転用を防止する保障措置に大きく分けることもできます。原子力の平和利用として、原子力発電、非原子力発電 (医療保健、環境、水資源、工業、食品、農業など)、これらの利用に係る安全・セキュリティの分野があります。非原子力発電分野では、医療保健、農業、工業、水資源及び環境分野へアイソトープ・放射線技術などの応用・利用の促進に係る活動が IAEA 原子力科学応用局により実施されています。

技術応用・利用の妥当性の検証に欠かせないのが、IAEA 本部で実施される調整研究プロジェクト (Coordinated Research Project, CRP) です。これは、国際機関が主導する科学的研究活動でもあり IAEA 独特の活動のひとつかもしれません。通常、1つの CRP に IAEA プロジェクト管理官 (Project Officer) が選任され、当該分野の外部専門家とともに専門家会議 (Experts Meeting) で具体的な研究活動計画を策定します。その後、IAEA 加盟国に対して研究プロジェクトへの参加が公募され、書類選考後10か国程度の IAEA 加盟国からの研究者らがそれぞれ2~3年かけて研究活動に参加して、その結果から技術応用の妥当性などが検証されます。研究プロジェクト開始および終了前にそれぞれ研究担当者会議 (Research Coordination Meeting, RCM) が開催され、研究活動の確認とデータ解析などが行われ、プロジェクトの最終結果は、科学論文、IAEA 報告書 (IAEA Publications) などの形で公表されます。CRP は、原子力科学応用局研究契約管理課 (Research Contracts Management Section) により管理され、そのプロジェクト成果は、内部職員より構成される研究契約委員会 (Research Contracts Committee, RCC) にて評価されます。この CRP は特に IAEA 加盟国である低・中所得国の研究者と先進国の研究者との情報交換や交流場所ともなります。

IAEA は、医療保健分野への原子力技術の平和利用の推進技術のひとつとして、2017年から核医学の PET 技術の中で、 ^{68}Ga を標識した放射性医薬品の製造とそれを利用したがん患者管理の改善に係る研究調査を進めています。2017年7月から公称18か国が参加する“Use of PET/CT with ^{68}Ga -labelled Prostate Specific Membrane Antigen (PSMA) in the Diagnosis and Follow-up of Patients with Prostate Cancer”の CRP (E13046) が開始され、前立腺がん患者の局所および/または転移性病変の存在を検出する際の ^{68}Ga -PSMA-11 PET/CT の精度評価を実施しています。さらに、2020年4月にはサイクロトロンベースの ^{68}Ga の製造並びに前臨床および臨床で使用する ^{68}Ga -標識放射性医薬品の製造を可能にするためガイドラインを策定し、IAEA 加盟国間で専門知識を交換することを目的とした“Production of Cyclotron-Based ^{68}Ga Radioisotopes and Related Radiopharmaceuticals”の CRP (F22073) があらたに立ち上げられています。

著者が母校の核医学教室の扉を叩いた30余年前、医療用サイクロトロン、いわゆるベビーサイクロトロンを有する PET 診療は、ポジトロン核医学と呼ばれ、そこでは、院内で製造される短半減期の放射性医薬品を患者に投与して、病変を特徴付ける病態機能パラメータを測定していました。例えば、受容体-リガンド反応を利用して病態機能パラメータを測定する場合、短寿命の放射性同位元素を標識したリガンドを投与後、得られたデータをコンパートメントモデル解析して、組織単位重量あたりの受容体数 B_{max} (pmol/g) や受容体-リガンド反応の平衡定数 K_D (nM) などを算出します。その際には、患者の A-Line をとり、つまり動脈血を採取して、血中放射能濃度などの測定も必要でした。当時の PET 診療は、消滅放射線の同時計数データにより再構成された機能画像そのものを解釈するというより、疾患の特徴となる定量的病態機能パラメータを *in vivo* 計測して、疾患を評価する

ものでした。2000年頃に登場したPET/CT装置により、消滅放射線の吸収減弱補正にCTデータを利用することで患者1人にかかるデータ収集時間などの大幅な短縮、PET情報に詳細な形態学的情報を付加できるようになりました。そして、放射性医薬品のデリバリーシステムの確立とともに、PET診療は臨床ベースで世界的に飛躍的に拡大して現在では、病態機能を画像化して診断するという、まさに画像診断に軸足を変えることになりました。ノイズレス (Noise Less) で、よりクリアカットな画像を提供できる技術開発が強い関心事となっています。その中で、近年の $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ ジェネレータの商業的供給などの成功により ^{68}Ga PET/CTが臨床レベルで可能となりました。神経内分泌腫瘍や前立腺がんにおけるラジオセラノスティクスの実践と相俟って、PET診療の拡充が期待されます。ただ、さらなる発展には、 $^{99}\text{Mo}-^{99\text{m}}\text{Tc}$ ジェネレータと $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 標識用のコールドキットの関係のように、 ^{68}Ga 標識用のバラエティに富んだコールドキットの利用可能性の実現が欠かせません。

本書はIAEAなどに係る活動で得られた情報や経験などをもとに、 ^{68}Ga に係る知見などを『臨床 ^{68}Ga PET/CT入門』としてまとめました。 $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ ジェネレータから得られる ^{68}Ga とそれを標識する放射性医薬品などについて説明する第I章、PET/CTなどのハイブリッド装置が出現してから現在に至るまでに、デバイスやPET画像再構成法の進捗には目を見張るものがある近年のPETに係るハードウェアとソフトウェア技術について概説する第II章、そして生体内受容体を描出する ^{68}Ga -DOTATATEおよび ^{68}Ga -PSMA-11を利用する神経内分泌腫瘍および前立腺がんの診療について説明する第III章からなり、 ^{68}Ga PET/CTなどの臨床における役割について理解できるように試みています。また、2017年11月に(株)医療科学社から刊行しました拙著『 ^{18}F -FDG PET基礎読本』とあわせてお読みいただくとPETならびにPET/CTについてご理解がより深まるものと思います。読者の皆様方と、本書を介して、世界的に核医学の檜舞台に上がりつつある ^{68}Ga PET/CTなどの知見を共有していただければ著者冥利に尽きるころです。なお、本書を含めこれまでの拙著に係る訂正やアップデートなどにつきまして、(株)医療科学社ホームページにてご確認いただければ幸いです。

最後に、IAEAの活動に加えて本書の意図を温かくご理解いただき、刊行に向けて多大なご尽力をいただいている(株)医療科学社 代表取締役 古屋敷信一氏、出版部 齋藤聖之氏をはじめとする同社の方々に厚く御礼を申し上げます。

2021年(令和3年)3月

著者