

令和 3 年度

今後の原子力分野の人材の確保及び育成に向けた基盤的調査

報告書

2022 年 3 月 18 日

一般財団法人 日本原子力文化財団

本報告書は、内閣府の委託業務として、一般財団法人日本原子力文化財団が実施した「令和３年度 今後の原子力分野の人材の確保及び育成に向けた基盤的調査」の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の著作権は、内閣府に帰属しており、本報告書の全部又は一部の無断複製等の行為は、法律で認められたときを除き、著作権の侵害にあたるので、これらの利用行為を行うときは、内閣府の承認手続きが必要です。

用語の意味・略語について

用語・略語集

略語・統一	用語・意味
サイクロトロン	電磁石を用いて、イオンをらせん状に加速する装置。原子核の人工破壊、放射性同位体の製造などに利用。
単純 X 線写真	X 線を照射することにより、画像化する検査。空気は黒く、骨は白く見える。一般的に「レントゲン撮影」と呼ばれる。
トレーサー	特定の物質（代謝などで化学変化する場合を含む）の伝播の状態や範囲を追跡するための物質や性質。放射性同位体などが使われる。
ホットラボ	Hot Laboratory：放射能の高い放射性物質を安全に取り扱うことができるよう、しゃへい・遠隔操作装置・放射線防護などの設備をもった RI 実験室。
レジデント制度	卒後初期に広い分野を研修し、優れた臨床能力を備えた医師を養成することを目標とした教育効率の高い制度。
CT	Computed Tomography：体の周囲から X 線を照射し、体の中の吸収率の違いをコンピューターで処理し、体の断面を画像化する。
ILO	International Labour Organization：国際労働機関
IOMP	International Organization of Medical Physics：国際核物理機関
IVR	Interventional Radiology（画像下治療）：X 線透視や CT などの画像で身体の中を見ながらカテーテルや針を使って行う治療。
JAEA	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
JASTRO	公益社団法人日本診療放射線技師会
JBMP	一般社団法人医学物理士認定機構
JBNMT	一般社団法人核医学専門技師
JRS	公益社団法人日本医学放射線学会
JSNM	一般社団法人日本核医学会
JRIA	公益社団法人日本アイソトープ協会
MRI 検査	Magnetic Resonance Imaging：強力な磁石と電波を使用し、がんの有無や広がり、他の臓器への転移などに関する検査手法。X 線は使用しない。
OJT	On the Job Training：研修など実務の場を離れ、職場での実践を通じて業務知識を身につける育成手法。
PET 検査	Positron Emission Tomography：FDG（放射性フッ素を付加したブドウ糖）を使い、がん細胞に取り込まれたブドウ糖の分布を画像化、診断に活用する。

組織名・略語集

略語・統一	用語・意味
QA	Quality Assurance：品質保証
QC	Quality Control：品質管理
QOL	Quality of Life：治療や療養生活を送る患者の肉体的、精神的、社会的、経済的な生活の質。生活の質の維持を目指すという考え方。
QST	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
RSO	Radiation Safety Officer：放射線安全員
SPECT 検査	Single Photon Emission Computed Tomography：微量の放射線を出す検査薬を投与・集積した部位から出てくる放射線を検知し、画像化する検査。
RTT	日本放射線治療専門放射線技師認定機構

目次

1. 調査の目的と背景.....	5
(1) 背景.....	5
(2) 実施方針	5
2. RI や放射線の医療分野における専門人材の現状と動向	6
(1) RI 医療分野の専門人材に求められる役割と技能.....	6
(2) 人材の過不足状況・課題および今後の見通し	12
(3) キャリアパス、関連する資格制度など	15
(4) 人材の育成交流に関する異分野連携・国際連携.....	17
(5) 社会の理解・情報発信の動向.....	20
(6) その他（まとめ）	21
3. 医療利用分野における人材確保・育成の効果的な取り組み.....	22
(1) キャリアパス、規制緩和などの検討.....	22
(2) 分野間・国際連携を促す制度や支援策	24
(3) 人材確保のための情報発信の方策	26
(4) その他（まとめ）	27
参考資料	29
参考資料1：専門人材ごとの知識・技能・キャリアパス.....	30
参考資料2：ヒアリング関連資料.....	61
(1) ヒアリング実施結果	61
(2) 議事録.....	62
参考資料3：放射線科専門医・放射線治療専門医・放射線診断専門医の認定試験受験資格	138
参考資料4：都道府県ごとの医学物理士の就業状況.....	139

1. 調査の目的と背景

(1) 背景

原子力は、大量かつ安定的にカーボンフリーの電力を供給できるエネルギー源としての利用のみならず、工業、農業、医療等の幅広い分野における放射性同位元素（RI）や放射線の利用が行われており、社会を支える重要な技術インフラとなっている。一方で、東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故以降、原子力分野における人材不足が懸念されている状況である。原子力分野を担う人材の確保及び育成の重要性については、今後の原子力政策について政府としての長期的な方向性を示唆する「原子力利用に関する基本的考え方」（平成29年7月 原子力委員会決定）において言及しているとともに、令和元年度版原子力白書（令和2年8月原子力委員会決定）において「原子力分野を担う人材の育成」を特集テーマとして取り上げ、今後取り組むべき方向性例として産業界・国研と大学の連携による教育の質的向上等を示している。

そのため、令和2年度において、内閣府は学生や大学等および産業界の原子力分野における人材育成および確保の現状についての情報収集を実施したところ。今年度（令和3年度）以降は、各分野において必要とされる人材像やその動向等を整理し、その確保・育成のために効果的と考えられる取り組みの検討を行う。本調査においては、これらの背景に基づき、RIや放射線の医療利用に分野を絞った情報収集・取り組みについて検討を行うことを目的とする。また、本調査は上記の通り、原子力に関わり得る人材育成を医療分野の側面から調査することから核医学分野を中心とした人材教育のあり方に注力することとする。

(2) 実施方針

本事業は、「RIや放射線の医療利用分野において必要とされる人物像や動向の調査」と「RIや放射線の医療利用分野を担う人材の確保・育成のために効果的な取り組みの検討」の2つに区分される。これらの現状と課題・方策などの調査の手法としてヒアリングおよび文献による調査を実施する。

なお、ヒアリングすべき対象としては、放射線に関わる医療を担う医療機関および大学など教育機関、さらには当該業務に関わる資格を認定する機関、関連機器・薬剤を製造する企業などを対象として選定した。また、医療分野においては、医師、技師、薬剤師、看護師など多様な有資格者が勤務していることから、これらの有資格者のキャリアパスの実態や課題などを調査することにより、当該分野・事業の発展を促す施策について検討を実施する。さらに、医療分野は医学のみならず、薬学、工学、理学、機械工学など多種の分野との連携によって成り立つ側面もあり、これらの多様な分野との連携の実態、国際的な連携の実態についても現状と課題を整理することとする。

上記の内容を元に本調査により明らかになった課題を解消するための効果的な方策などに関して提言する。

2. RI や放射線の医療分野における専門人材の現状と動向

本章では、放射線、RI を利用した放射線診療の分野において業務を行っている医師、技師、看護師、薬剤師など専門人材の役割と業務内容、および必要とされる技能、知識を整理することで、各職務において必要とされる人材像を明らかにする。また、各人材の過不足の現状および動向について整理、分析を行う（詳細は参考資料1 参照）。

（1）RI 医療分野の専門人材に求められる役割と技能

医療分野における放射線、RI の利用分野・実態を整理し、各々の事業実施において求められる技能・知識と共に、資格などの実態について整理した。特に、放射線、RI に関わる医療分野においては、医療の安全確保の面から多種の資格が関連しており、資格取得のための教育が実施され、資格ごとに業務内容が異なり、有資格者はより専門性の高い業務を担当する。

なお、医療分野におけるRI の利用は主に核医学の分野として認識されているが、従来、我が国ではこれら核医学が放射線医学の一分野として実施されてきた経緯もあり、一般的には独立し医療分野を形成していない^注ことから、求められる知識・技能の取りまとめについては、まず、放射線医学全般を対象とし、特に、放射線診断・治療分野における専門領域を抽出し、専門人材の中の有資格者の現状を整理する。なお、以下の数値は重複して資格を保有する人数を含む。

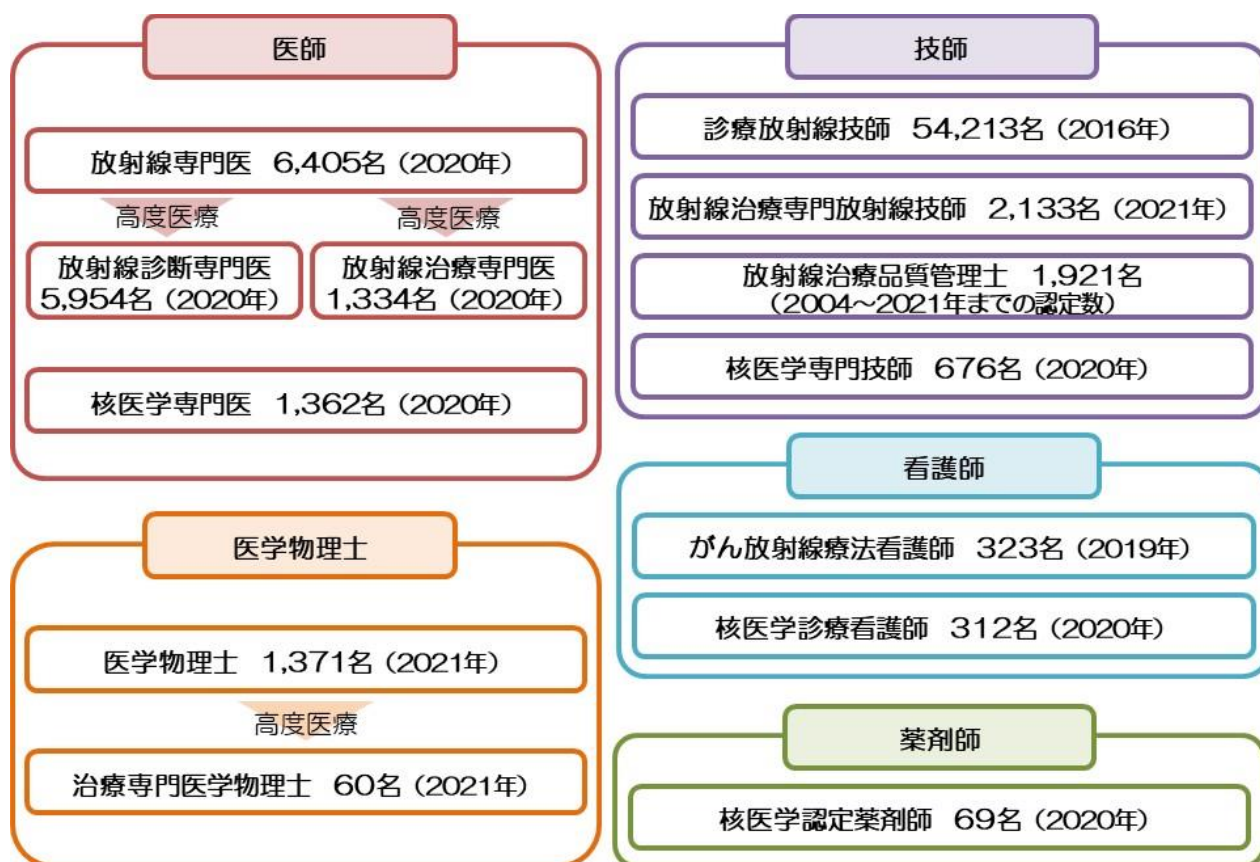


図. RI・放射線医療分野における専門人材の規模

（出典：各種認定機関公式データ、国政調査をもとに作成）

(参考) 前図の母集団は以下の通り。

医師：32万7,210名(2018年、出典：厚生労働省 HP)

薬剤師：31万1,289名(2018年、出典：厚生労働省 HP)

看護師(准看護師含む)：157万7,844名(2019年、出典：日本看護協会 HP)

以下に当該分野の技術者の現状と動向・役割・技能などをヒアリング調査に基づき整理する。

●専門性の高い高度医療へのシフト

RI・放射線医療に関わる専門人材として医師の中では、放射線科専門医、放射線診断医、放射線治療専門医に分化し、近年はより専門性の高い医療を実現するための教育が進められている。基本的にはこれらの専門医は、体外からの放射線照射による診断・治療を実施するための専門家であり、放射線を取り扱う専門医は、ほぼこれらの3種類の専門医として業務を行っている。一方、核医学専門医は、主にRIを体内に入れることによる高度な診断・治療を実施する専門医であり、前記の放射線専門医(6,405名)に比べて1/5程度の人材状況となっている。核医学診断、治療は、海外では積極的に進められ、高い治療効果が認められている分野でもあり、今後、我が国においても当該分野の専門家の充実が望まれる。

●医学物理士・技師の位置づけ

一部の医師、技師は医学物理士の資格を有している。医学物理士は、主に核医学による診断・治療を安全かつ効果的に実施すること、また、治療計画を策定することにより医療の充実を図るための人材である。医学物理士は、我が国において核医学による診療が十分行われていないことなどからその数は少ない。特に、核医学を用いた医療にはさらなる高い専門性が要求されることから、臨床医学物理業務を高い水準で実施することのできる専門人材として治療専門医学物理士の認定制度が制定されているが、認定医は僅か60名程度にとどまる。

技師は医療行為を側方から支援する専門人材であるが、医療現場においては診療放射線技師を中心として、放射線機器管理士が機器管理を実施、放射線管理士が被ばく管理などを実施するという役割分担となっている。また、診療放射線技師はエックス線撮影、造影診断など高い技能を有する人材を放射線治療専門放射線技師と認定し、また、核医学に特化した高い専門性を有する技師を核医学専門技師と認定している。

参考表. 診療放射線技師の実施可能な検査

検査の種類	検査例	担当する技師
放射線を用いる検査	レントゲン、マンモグラフィ、CT、消化管造影、血管造影など	診療放射線技師
放射線を用いない検査	MRI、超音波、眼底写真*	診療放射線技師、臨床検査技師
その他の検査 (生理機能検査、検体検査)	心電図、脳波、病理、血液、遺伝子など	臨床検査技師

*眼底写真検査は視能訓練士

(出典：公益社団法人 日本診療放射線技師会 HP より)

また、医療現場においては、医学物理士、放射線治療専門放射線技師の資格を有する人材のうち放射線治療計画や放射線医療の品質管理などを行う専門人材として放射線治療品質管理士が認定されている。放射線治療品質管理士は、医療現場において高い品質での医療を目指した計画の立案・作業指示を行っている。

医療現場における放射線関連の機器管理を行う人材として放射線機器管理士、放射線被ばく管理を行う人材として放射線管理士が認定されている。なお、放射線機器管理士は人体に対する放射線照射を行うことはできない（人体に対する放射線照射は、医師および診療放射線技師のみが行うことができる）。

●技師等と医師の役割

技師等は専門的知識を元にした責任を持った仕事、主体的な医療への貢献、活躍の場を求めている一方で、医師は法律の知識、被ばく計算、診断・医療計画など全て任されているという意識を持ち、重荷を感じている。この両者の意識の食い違いを解消し、医師の業務の一部（医療に直接関わる行為以外）を医学物理士や技師が担当することが核医学の普及に資するものと考えられる。

海外では医学物理士（Medical physicist）が専門知識をもって医療にあたる。また、海外ではその下に線量計算士（Dosimetrist）が線量評価などを行い安全確保を行っており、医師との役割分担が明確になっている。

なお、専門人材ごとの業務の現状、役割については、参考資料 1 参照。

表. 放射線医療（核医学含む）に関わる資格
医師・医学物理士

分野	資格	国家 資格	認定 資格	認定機関	（各認定制度の）目的	申請要件	業務	資格者数 （年）
医師	放射線科専門医		○	公益社団法人 日本医学放射線学会 （JRS）	日本医学放射線学会放射線科専門医制度は、優れた放射線科専門医を認定することにより、放射線診療・放射線医学の向上発展に資し、医療および保健衛生の向上ならびに放射線障害を防止し、国民の福祉に寄与すること。	・卒業臨床研修2年後、総合修練機関または修練機関での3年以上の放射線科専門医の総合研修および放射線治療・画像診断・核医学の研修を受けること。 ・3年間のうち最低1年は総合修練機関（診断専門医3名以上、治療専門医1名以上が常勤）において放射線研究を行うこと。 ・大学院生・研究生については在学期間の一部または全部を研修期間として認める。 ・3年以上放射線学会正会員であること。	放射線科専門医は、X線をはじめとした電磁波・磁場・超音波などの性質を熟知し放射線医療に活用する。「放射線科専門医ガイドライン」に基づいた治療専門医研修カリキュラムによる各種症例の経験を積んだうえ医学物理・放射線生物学・放射線防護・安全管理・放射線治療などに従事する。	6,405 （2020年）
	放射線診断専門医		○	公益社団法人 日本医学放射線学会 （JRS）	放射線診断専門医制度は、放射線診断領域を専門とし、高い水準の放射線診断能力を備えた放射線診断専門医を認定することにより、放射線診療・放射線医学の向上発展に資し、医療および保健衛生の向上ならびに放射線障害の防止により、国民の福祉に寄与すること。	放射線科専門医試験に合格後、総合修練機関または修練機関（診断・IVR・核医学）もしくは特殊修練機関（診断・IVR・核医学）で2年間以上の研修を経ること。	放射線診断専門医は、画像診断を主として行う医師であり、X線写真やCT、MRI、超音波検査（エコー）、核医学検査（PETを含む）などさまざまな画像診断法の中から適した方法を選択し、画像誘導（ガイド）による低侵襲局所治療（インターベンショナルラジオロジー：IVR）も行う。撮影された画像を専門家の眼で解析・診断（読影）する。診断結果は、各診療科の医師に報告し、治療方針を立てるために役立てられる。	5,954 （2020年）
	放射線治療専門医		○	公益社団法人 日本医学放射線学会 （JRS）	放射線治療専門医制度は、放射線治療を専門とする放射線治療専門医を認定することにより、放射線腫瘍学の発展を図り、国民の健康と福祉の増進に寄与すること。	放射線科専門医試験に合格後、総合修練機関または修練機関（放射線治療）もしくは特殊修練機関（放射線治療）で2年間以上の研修を経ること。	放射線治療専門医は、放射線治療を主として行う医師であり、悪性腫瘍および一部の良性疾患に関して、放射線治療の効果、照射術式とその計画、有害事象、治療前中後の管理などについての専門知識と診療技術を駆使して適正な放射線治療を実施する。また、手術や抗がん化学療法の併用などの集学的治療および放射線の安全管理などを行う。	1,334 （2020年）
	核医学専門医		○	一般社団法人 日本核医学会 （JSNM）	核医学専門医制度は、核医学診療に優れ、放射性物質の安全取扱いに習熟した臨床医を養成し、診療水準の向上をはかり、社会に貢献すること。	・医師としての臨床経験が5年以上あること （初期研修2年間は臨床経験1年として算定されるので、初期研修2年を含む場合は合計6年以上の臨床経験が必要） ・日本核医学会が認定する専門医教育病院での所定のカリキュラム（日本核医学会専門医制度研修カリキュラム）に基づく核医学研修・診療歴が5年以上あること	核医学専門医は、核放射線科医とも呼ばれ、診断と治療にトレーサー（通常は放射性医薬品）を使用する医療専門家であり、PET検査、SPECT検査、一般核医学などの核医学診療に特化した医療を行う。また、放射性物質の取り扱いに習熟した専門臨床医であり放射線の取り扱いはもとよりRIの取り扱いなども行う。	1,362 （2020年）
医学物理士	医学物理士		○	一般社団法人 医学物理士認定機構 （JBMP）	医学物理士制度は、医学物理士の資格を定めるとともに、その質の向上と維持を図り、医学物理士の専門的地位を確立し、医学および医療の発展に貢献する。	・機構認定の医学物理教育コースに1年以上在籍または修了 ・理工学系修士以上の学位を有し、医学物理士認定制度施行細則に定める業績評価点5単位以上を有する ・放射線技術系修士以上の学位を有し、細則に定める業績評価点5単位以上を有する ・医学系研究科に設置された医学物理に関する課程の修士以上の学位を有し細則に定める業績評価点5単位以上を有する ・学歴によらず医学物理の発展に寄与したと特に認められる（特例措置）特例として次の各号のいずれかを満たす者に受験資格を与える。 ・平成24年度までに理工学系学士の学位を取得し、医学における経験年数3年以上 ・平成24年度までに放射線技術系学士の学位を取得し、医学における経験年数2年以上 ・平成22年度までに診療放射線技師免許を取得し、医学における経験年数5年以上 ・平成22年度までに、医師または歯科医師以外で医学または歯学博士の学位を取得し、医学における経験年数1年以上	医学物理士は、診断分野において医師と連携を取り、診断的有用性と安全性のバランスに配慮し、診療放射線技師と協力し診断装置および画像診断の品質管理などを行う。また、治療分野においても、医師との連携を図り、治療計画の最適化を行い、診療放射線技師および放射線治療品質管理士と協力し、治療装置の品質管理を行うとともに放射線診断・治療に関する医学物理学的研究開発を行う。	1,371 （2021年）
	治療専門医学物理士		○	一般社団法人 医学物理士認定機構 （JBMP）	治療専門医学物理士認定制度は、放射線治療の臨床医学物理業務を高い水準で独立に遂行する能力を有する医学物理士を、治療専門医学物理士として認定することにより、放射線治療の普及・推進を図り、国民の健康と福祉の増進に寄与する。	・医学物理士として認定されていること ・申請時において、医学物理士として治療分野における臨床経験を3年以上有すること ・申請時において専門試験委員会の委員の職にないこと	治療専門医学物理士は、医学物理士の中でも臨床医学物理業務を高い水準で遂行する。特に、放射線治療システムの品質管理・治療計画等の基本的な医学物理業務を行う。また、チーム医療の一員として放射線治療を安全・効果的に遂行し、高品質・高精度ながん治療を実施する。	60 （2021年）

注）本調査に直接関わる公的資格のみを抽出

表. 放射線医療（核医学含む）に関わる資格
技師

分野	資格	国家 資格	認定 資格	認定機関	（各認定制度の）目的	申請要件	業務	資格者数 （年）
技師等	放射線機器管理士		○	公益社団法人 日本診療放射線技師会 （JASTRO）	医療施設における放射線関連機器の特性を理解し、その安全かつ適切な利用のために性能維持と安全確保を通じて良質かつ安全な医療を提供すること。	日本診療放射線技師会が行う在宅講習の修了	・医療施設における放射線関連機器の性能維持と安全確保により、良質な医療サービスの提供に努め、放射線関連機器ごとに必要な管理計画を策定 ・放射線関連機器利用業務に従事するものに対し、安全確保に必要な教育訓練を実施 ・業務の結果を報告されたときには、その内容により必要な指示を与える。	データなし
	放射線管理士		○	公益社団法人 日本診療放射線技師会 （JASTRO）	医療施設にて放射線の安全管理や医療被ばくの低減に努めるとともに、緊急被ばく医療へ対応できる知識や技術を身に付け、国民の安全確保に努めること。	日本診療放射線技師会が行う在宅講習の修了	・医療施設における放射線管理・被ばく管理 ・放射線災害や放射線関連緊急事態に対しての安全確保や汚染除去、被ばく防護。 ・関係機関との連携および日常的な教育訓練の実施。 ・一般市民や放射線災害発生地域住民への助言や相談対応。	データなし
	診療放射線技師		○	公益社団法人 日本診療放射線技師会 （JASTRO）	診療放射線分野において、熟練した診療放射線技術及び知識を用いて、医療安全の推進及び診療放射線技師の資質向上を図り、国民の生命及び健康の保持増進に寄与すること。	医療技術系学部などの大学を卒業するか、放射線技術科の３年生短大を卒業するか、３年制以上の診療放射線技師養成所を卒業すること。	・放射線を使用した業務：一般 X 線撮影（胸部・腹部・骨撮影等）、乳房 X 線撮影（マンモグラフィー検査）、X 線 CT 検査、造影 X 線検査、血管造影検査、骨塩定量検査（骨密度検査）、回診 X 線撮影（ポータブル撮影）、核医学検査（RI 検査）、放射線治療（癌治療） ・放射線を使用しない業務：MRI 検査（磁気共鳴画像）、超音波検査（エコー）、眼底検査 ・上記以外の業務：放射線安全管理、医療安全管理、品質管理、放射線機器の管理 など	54,213 （2016 年）
	放射線治療専門放射線技師		○	一般社団法人 日本放射線治療専門放射線技師認定機構 （RTT）	放射線治療に従事する診療放射線技師の専門性を日本診療放射線技師会・日本放射線技術学会・日本放射線腫瘍学会が協調して統一的に評価・認定することを目的として制定。	・診療放射線技師の免許を有する者 ・放射線治療に関する診療業務を通算５年以上行っている者 ・公益社団法人日本放射線腫瘍学会、公益社団法人日本放射線技術学会、公益社団法人日本診療放射線技師会のいずれかに入会して５年を経過した者 ・申請時より過去５年以内に、認定単位（一般社団法人日本放射線治療専門放射線技師認定機構 認定単位表 参照）を 20 単位以上取得していること。（ただし、１０単位以上は、一般社団法人日本放射線治療専門放射線技師認定機構が定める必須単位であること） ・放射線治療に関する業績を有することが望ましい	・専門的な知識と技術を高め、高度な放射線治療を円滑に行う ・患者の全般的な安全性と快適性に配慮して、確実な位置決め照準と適切な投与線量の照射を行う ・放射線治療における高度な治療計画を修得し実行 ・放射線治療における高度な放射線計測を修得し実行 ・放射線治療における放射線治療機器、治療計画装置、および関連機器・器具等の品質保証・品質管理を修得し実行 ・放射線治療分野の放射線安全管理を適切に実行 ・放射線治療における医療安全対策を企画・立案し実行	2,133 （2021 年）
	放射線治療品質管理士		○	公益社団法人 放射線治療品質管理機構	放射線治療に関連する日本放射線腫瘍学会、日本医学放射線学会、日本医学物理学会、日本放射線技術学会、日本診療放射線技師会が放射線治療の安全管理体制を確立することを目指すことを目的として制定。	・放射線治療の実務経験２年以上かつ治療品質管理に１年以上従事した者 ・下記のいずれかの資格を持つ者 1.日本医学物理士認定機構の「医学物理士」 2.日本放射線治療専門放射線技師認定機構の「放射線治療専門放射線技師」	・放射線治療装置の QA プログラムの立案と実行 ・放射線治療計画装置の QA プログラムの立案と実行 ・治療計画システムに入力するデータ作成と指示と、すべてのコンピュータ線量測定計画のチェック ・実行するべきテスト、許容度とテスト頻度を含む治療計画の施設 QA プログラムの決定 ・QA プログラムにより判明する矛盾や問題を理解して適切に対応する。 ・治療装置・治療計画装置の QA プログラムの様々な側面で他の放射線治療品質管理に携わる者と協力 ・機器導入に当たって放射線治療装置、計画装置の品質管理面からのプログラムの策定 ・機器故障後の修理終了後の品質管理の立案と実行	1,921 （2004～ 2021 年までの 認定数）
	核医学専門技師		○	一般社団法人 核医学専門技師認定機構 （JBNMT）	構成団体の連携により、統一的基準に基づいて核医学検査に関わる技術者の認定を行い、我が国の核医学検査技術の国際的な同等性を確保するとともに、最新の医療技術に対応した最善の画像情報を標準的に提供し、安全を担保することで、国民の福祉と社会の発展に寄与すること。	・構成団体への在籍 構成４団体（日本核医学会、日本核医学技術学会、日本放射線技術学会、日本放射線技師会）のいずれかに継続して３年以上の会員 ・診療放射線技師免許保持 ・核医学検査経験（３年以上の核医学検査の診療業務に携わっている） ・学術成果（６年以内に日本核医学専門技師認定機構が定める単位を 300 以上取得。ただし、６年間に一度は、いずれかの学会あるいは団体の全国規模の学術大会に出席。養成講座と PET に関する所定の研修会は修了書提出にて追加算定できる） ・研修成果（医政発第 0601006 号（厚生労働省医政局長通知 2005 年 6 月 1 日）に掲げられた PET に関する所定の研修を修める）	・核医学検査の放射線安全管理や医療安全対策を企画・立案し、適切に実行 ・専門的な知識と技術を高め、高度な核医学検査を円滑に行う ・核医学検査における診断、予後、治療、予防の必要性の把握 ・核医学診断に役立つ科学的根拠に基づく医療情報を提供する ・医療情報として提供する検査データの管理方法および妥当性に対する判断力を保有する ・核医学検査における核医学検査機器、および関連機器・器具等の品質保証・品質管理を修得し実行	676 （2020 年）

注）本調査に直接関わる公的資格のみを抽出

表. 放射線医療（核医学含む）に関わる資格
看護師・薬剤師・主任者他

分野	資格	国家 資格	認定 資格	認定機関	（各認定制度の）目的	申請要件	業務	資格者数 （年）
看護師	がん放射線療法看護師		○	公益社団法人 日本看護協会	認定看護師としてがん放射線療法に特化した看護を行う。特定の看護分野における熟練した看護技術及び知識を用いて、あらゆる場で看護を必要とする対象に、水準の高い看護実践のできる認定看護師を社会に送り出すことにより、看護ケアの広がりや質の向上を図ること	・日本国の看護師免許を有すること ・看護師免許取得後、実務研修が通算 5 年以上あること（うち 3 年以上は認定看護分野の実務研修） ・認定看護師教育機関入学・修了 ・認定看護師認定審査	・放射線治療を受ける対象の身体的・心理的・社会的アセスメント ・再現性確保のための支援 ・急性期及び晩期有害事象に対する症状マネジメントとセルフケア支援 ・医療被ばくを最小限にするための放射線防護策、安全管理技術	323 （2019 年）
	核医学診療看護師		○	一般社団法人 日本核医学会 （JSNM）	核医学における看護に優れ、放射性物質の安全取扱いに習熟した看護師を養成し、核医学診療における看護水準の向上を図り、社会に貢献すること	・学会の会員である ・看護師、准看護師、あるいは保健師の資格を有する ・核医学診療に携わった経験を有する ・学会が定めるセミナーに参加、試験に合格し修了証を受けている（学会春季大会核医学基礎セミナー看護師コースがこれに相当） ・認定申請時に過去 3 年間に 5 単位を取得している	・放射性薬剤（FDG）の投与 ・検査の流れの説明・ご案内 ・介助が必要な方へのサポート ・検査室の環境整備	312 （2020 年）
薬剤師	核医学認定薬剤師		○	一般社団法人 日本核医学会 （JSNM）	核医学における放射性医薬品の調製や品質管理、薬物動態評価などをはじめとして、放射性医薬品・放射性物質の取扱いに習熟した薬剤師を養成し、診療の安全性を向上して社会に貢献すること	・薬剤師である ・過去 3 年間に学会が定める講習会に参加、試験に合格し、修了証を受けている ・放射性医薬品の調製や品質検査にかかる一定の経験を有する	・放射性医薬品の調製とともに品質管理、薬物動態評価を行う。 ・放射性医薬品・放射性物質を取り扱う （例：PET 検査に用いる院内製剤の放射性医薬品の品質検査と共に、悪性リンパ腫治療薬「ゼバリン」、前立腺癌治療薬「ゾーフィゴ」等の核医学治療薬の登場を受け、放射性医薬品の取り扱いを行う）	69 （2020 年）
主任者他	原子炉主任技術者	○		原子力規制委員会	核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和 32 年法律第 166 号。以下「原子炉等規制法」という。）に基づき、原子炉設置者は、原子炉の運転に関して保安の監督を行う。	・筆記試験には年齢、学歴等に制限なし ・口答試験（二次）は筆記試験の合格者で次のいずれかに該当する者 ①原子炉の運転に関する業務に 6 か月以上従事した者 ②経済産業大臣および文部科学大臣が指定した講習機関等で原子炉の運転に関する課程を修了した者	「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、原子炉設置者の行う原子炉の運転に関する保安規定の実施と、保安監督を行う。	19 （2021 年 合格者）
	核燃料取扱主任者	○		原子力規制委員会	核燃料物質の取扱いに関する保安・監督を行う技術者で、加工事業者及び再処理事業者等は核燃料物質の取扱いに關しての保安の監督を行う。	・試験合格者 ・年齢、学歴等に制限なし	・核燃料物質の取扱いに関する保安・監督を行う。 ・加工事業者および再処理事業者等、核燃料物質の取扱いに關しての保安監督を行う。	15 （2021 年 合格者）
	放射線取扱主任者 （1，2，3 種）	○		公益財団法人 原子力安全技術センター	放射性同位元素等の取扱いによる放射線障害の発生を防止するために法令上求められている。該当する放射性同位元素等を取り扱う事業所では、必ず 1 名以上の放射線取扱主任者を選任することが義務づけられている。第 1 種、第 2 種および第 3 種放射線取扱主任者があり、取り扱う放射性同位元素等の形態、数量などが定められている。	・第 1 種・第 2 種 放射線取扱主任者試験に合格する必要がある（受験資格に制限はない）。また、試験に合格した後、第 1 種・第 2 種放射線取扱主任者講習をそれぞれ受講する必要がある。受講資格は 18 歳以上。 ・第 3 種 講習を受講することで資格取得可能	【第 1 種】業務範囲が最も幅広く、非密封放射性同位元素（液体や粉末など、飛散して放射能汚染するリスクのある放射性物質）や総量 370GBq を超える密封線源、放射線発生装置を取り扱うことができる。	2,546 （2021 年 合格者）
							【第 2 種】総量 370GBq 以下の密封線源を扱う。第 1 種とは異なり、非密封放射性同位元素を取り扱うことはできない。	1,298 （2021 年 合格者）
							【第 3 種】放射性同位元素の数量が下限数量の 1000 倍以下の密封された放射性同位元素、または同数量を装備した放射性同位元素装備機器を取り扱うことができる。	データなし
	エックス線作業主任者	○		厚生労働省	エックス線による障害を防止する直接責任者としてエックス線作業主任者免許を受けた者のうちから、管理区域ごとにエックス線作業主任者を選任することが必要と定められている。	・試験合格者 ・年齢、学歴等に制限なし	労働者の立入の確認や被ばく線量測定用具の点検等作業の直接指揮等を行う（作業が行われる管理区域ごとに 1 名選任する必要がある）。	2,210 （2020 年 合格者）
	ガンマ線透過写真撮影 作業主任者	○		厚生労働省	ガンマ線を用いて写真撮影を行う場合、労働者の中からガンマ線透過写真撮影作業主任者を選任することが定められている。	・試験合格者 ・年齢、学歴等に制限なし	ガンマ線照射装置を用いて行う透過写真の撮影作業において、ガンマ線による障害防止の直接責任者として職務を担う。	202 （2020 年 合格者）

注）本調査に直接関わる公的資格のみを抽出

（２）人材の過不足状況・課題および今後の見通し

●放射線科専門医自体の不足

放射線科専門医という広い範囲においても人材が不足している（6,405 名、2020 年）と言われている。放射線科専門医の不足は古くから指摘されており、医療分野全体の中で放射線分野の人材不足は、今後その深刻度を増していくものと考えられている。当該医師不足の要因として、医師の養成の中で放射線（核医学関連を含み）に関わる医療教育の不足（カリキュラムの不足など）が指摘されており、今後、先端医療の需要が増加する中、当該分野のプレゼンスを上げる必要があるとの指摘が多くみられる。さらに、核医学を専門とする医師は、放射線科専門医の教育を受けることが前提となる。すなわち、核医学を専門とする核医学専門医は、放射線科専門医の教育を受けた上でさらなる専門教育を履修することとなるため、核医学専門医はさらに不足している（1,362 名、2020 年）のが現状である。

（参考：放射線科を有する病院数）

2019 年現在、全国の放射線科を有する病院数は 3,340 施設（精神科病院を除く）であり、前年（2018 年）の病院数 3,365 施設に比べて 25 施設の減少となっている。

●核医学専門医の不足

核医学の分野は、がんの診断・治療の先進医療において重要な分野であり、今後、需要が高まると予想されている。核医学専門医およびそれらの基礎知識を有し診断・治療を補佐する医学物理士の教育・人材の拡充は、我が国において重要な課題となっており、特に、線量評価などの専門知識を有する医師、医学物理士などの人材の育成、拡充が重要な課題である。

また、核医学専門医が不足した状態が続いている要因として、地域ごとに専門医の数が決められていることにもよる。すなわち、核医学の分野の専門医の数も放射線科専門医の内数になっていることから、もともと人数の少ない核医学専門医は、放射線専門医の割り当てが少ない地域ではさらに少数となってしまう、このような状況により核医学専門医において専門医の割り当ての少ない地域を指向する人数はさらに減少してしまう結果となっている。

また、核医学専門医が増加しない要因として、教育機関が不足しているとともに、医療現場での就職先を探すとしても受け入れる医療機関が極めて少ないことも大きな要因と考えられる。これは採用する病院側としても核医学診療の診療報酬が少ないなど、核医学専門医や医学物理士を採用するインセンティブがないことによる。

（参考：医学物理士の現状）

医学物理士認定機構が認定した医学物理士は、2021 年 12 月 2 日現在で 1,371 名（国内 1,370 名、海外 1 名）であり、そのうち治療専門医学物理士は 60 名である。日本医学物理士会 HP に掲載されている範囲内では、2020 年 2 月 1 日現在で全国 207 施設に 461 名が在籍している。

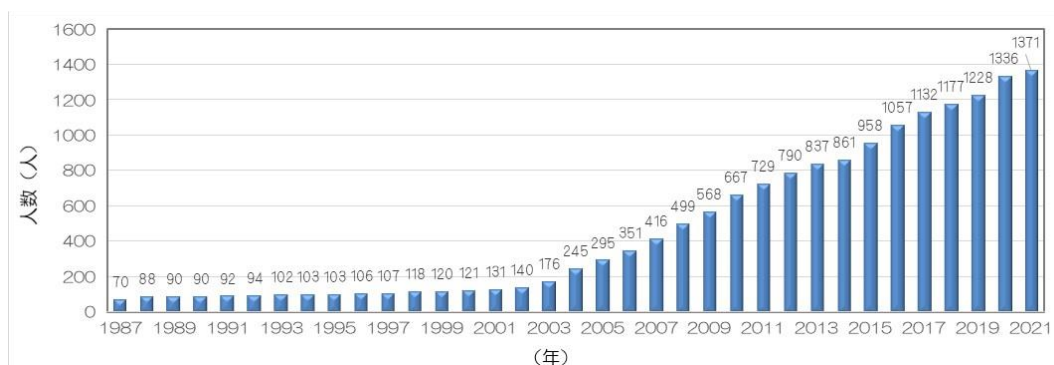


図. 医学物理士認定者数の推移

（出典：一般社団法人 医学物理士認定機構 HP）

（「参考資料 4：都道府県ごとの医学物理士の就業状況」参照）

（参考：核医学診療を提供している病院数：大学病院 133 施設、国立病院機構 160 施設、公立病院 332 施設、民間病院 624 施設、合計 1249 施設、出典：日本アイソトープ協会、第 8 回全国核医学診療実態調査報告書（2018 年））

●核医学治療の進展に対する課題

医療機関では、核医学治療（例えば、RI を用いた診断、治療など）に対する報酬が少ないことも一因として考えられる。これは核医学治療では、設備維持管理、廃棄物処理などに大きな費用が掛かり診療報酬で賄うことができないためであり、病院経営として仕方がない側面もある。このため、我が国ではがん治療は手術に依存する傾向がある。

また、教育の現場として大学医学部における教育カリキュラムおよび医師国家試験についても、核医学に関わる教育カリキュラムがほとんど組まれておらず、また、医師国家試験の出題についても核医学に関わる出題はほとんどなされていない。これらのことから、大学での教育カリキュラムおよび医師国家試験での試験内容の変革も含めた対策が求められている。

（参考：核医学の専門教育を実施している大学（認定医学物理教育コースを設定している大学）：大学院修士課程 22 大学（北海道大学、筑波大学、大阪大学、京都大学など）、大学院博士課程 10 大学（筑波大学、大阪大学、北海道大学、京都大学、東京大学など）（出典：一般財団法人医学物理士認定機構 HP）

●診療放射線技師のニーズ

診療放射線技師は、医療現場でレントゲン（X 線）や CT、MRI、ラジオアイソトープ検査（RI 検査）、癌細胞を破壊する放射線治療などを担当するが、放射線医療が拡大しているのに対し、専門技術者は不足状態であると言われ、また近年、乳がん検診やマンモグラフィ検査（乳房 X 線検査）など、女性に対する検査ニーズが増えているため、女性技師への需要が高まっている。

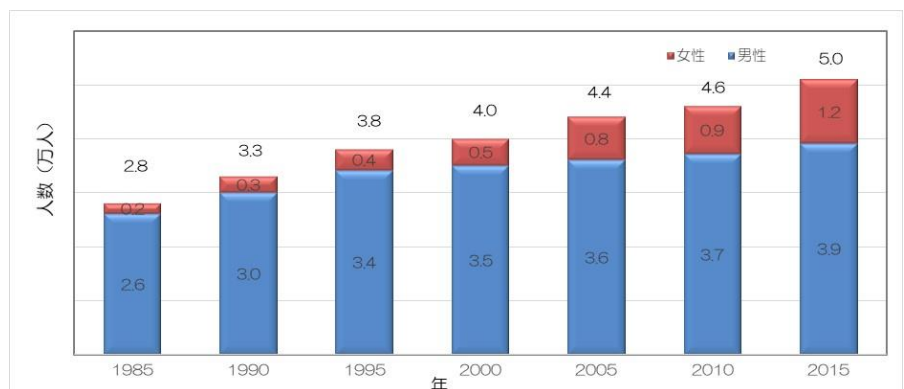


図. 診療放射線技師の就業者数推移

（出典：総務省統計局 | 国勢調査^注）時系列データ 就業者の職業より作成）

注）国勢調査は 2022 年 5 月に公開されるため、2015 年のデータが最新となる。

（参考：診療放射線技師と臨床検査技師の違い）

診療放射線技師と臨床検査技師は共に検査に関わる医療技術職であるが、放射線を用いる検査を診療放射線技師が、放射線を用いない検査を臨床検査技師が担当する点で異なる。ただし、診療放射線技師は放射線は使用しない検査のうち主に画像診断に分類されるもの（MRI 検査、超音波検査、眼底写真検査）を実施できる。また、“診療（診断と治療）”という名前のとおり、診療放射線検査技師は検査だけでなく治療に携われる点も臨床検査技師と異なる。

●核医学に関わる薬剤師の不足

核医学診療の分野では、放射性医薬品を扱う必要があるため、核医学認定薬剤師の資格を有する

人材が求められている。核医学認定薬剤師は、例えば、体内にアルファ線源を入れた癌の治療を行うための薬剤の開発などにおいて重要な役割を果たす。しかし、核医学に精通した薬剤師、特に核医学認定薬剤師は少ない（全国で 69 名、2020 年）。

放射性医薬品の調製など取り扱いができる薬剤師の不足は、専門外への依頼など放射性医薬品の扱いに関するリスクの増大につながり、核医学診断・治療の発展を阻害する要因という指摘もあることから、早急な対策が求められている。例えば、国立がんセンターは、我が国を代表するがん研究、医療機関であるが、そのような現場においても核医学専属の薬剤師は 1 名が在籍しているのみであり、RI 製剤はその担当者が休暇を取る場合、製造できないという現状がある。

また、教育の現場として大学薬学部における教育カリキュラムにも放射性医薬品に関する内容はほとんど含まれておらず、教育カリキュラムの改変も含めた対策が求められている。

●リタイヤする専門人材

RI・放射線を取り扱う事業所は全国に 7,000 事業所程度あり、それらの事業所では RI・放射線を取り扱う内容、規模に応じて放射線取扱主任者を選任する必要があるが、多くの事業所において、放射線取扱主任者の資格を有する人材が団塊の世代であり、リタイヤすることによって主任者の確保が課題になるケースが見られる（新たに主任者を確保するため放射線取扱主任者の受験者数が増加したことがある）。しかし、近年 65 歳以上の人材も働ける社会環境が整いつつあり、放射線取扱主任者の人材不足は緩和されつつある。

●放射線取扱技術者の現状

RI を利用する研究活動・事業が減少していることが第 1 種放射線取扱主任者がここ 1、2 年減少していることと関係があるのではないかと指摘もある。放射線取扱主任者は RI・放射線を取り扱う現場では組織に一人いれば良いため、医療機関で必要とされる人材の 9 割方の資格取得者は技師である。このような現状から放射線取扱主任者の需要が減少している可能性がある（2017 年から 2021 年まで第 1 種放射線取扱主任者、第 2 種放射線取扱主任者の受験者は連続して減少）。

（「参考資料 1：専門人材ごとの知識・技能・キャリアパス」参照）

●安全管理に関わる人材の不足

放射線関連施設を安全に運用する（安全管理）ための人材教育が重要であり、人材が不足している。医療現場に関わる専門性とともに放射線の安全管理に関する知識と技術をもつ人材が圧倒的に不足していることから、医療現場が抱えるリスクが大きいとの指摘もなされている。また、医療現場では診療放射線技師が安全管理にまで手が回っていないケースも多く見受けられることから、今後、核医学の普及・発展における安全文化の確立は重要な課題である。

●不足する人材

核医学の進展においては、新薬創生の分野で有機化学の専門家協力が必要であり、また、AI（人工知能）も医学分野で活用され始めている。特に不足する人材として理工系で線量測技術を持つ人材、加速器に関する知識・経験を持つ人材、有機合成に関する知見を持つ人材などが不足している。

●教師の人材不足

放射線に関する安全管理、測定技術などは高校、大学で教える人材の不足が指摘されている。特に大学、研究機関、医療機関全般に RI を実践的に利用する機会が減少し、核医学における RI の取り扱いについて教えられる人材が不足していると感じる。このような人材不足は、今後、専門家を育成する上で大きな障害となり得る。

●今後の見通し

教育制度も充実しつつある核医学診療は、今後増えていくものと予想される。このため、医師の実施する医療に直接関わらない補佐的な業務（法的なチェック、線量評価など）において専門知識を有する医学物理士や各種技師が中心となった分業体制（海外では医師と対等に診療に対して意見交換を実施している）を文化として実現することが当該分野の発展に資するものと考えられる。また、一部の医療機関において医学物理士のレジデント制度を開始し、医学物理士の活躍の場が整備される（国立がんセンター）。このような取り組みは、今後、他の医療機関にも広がるものと期待される。

また、医療現場では診療放射線技師の国家資格を持っている方がいれば放射線医療行為ができることから、医学物理士の有資格者の需要は少ない。このため、医学物理士としてではなく、まず診療放射線技師として病院に就職し、その後、医学物理士の資格を取るケースが多い。今後は、医学物理士の位置づけ、役割、責任を明確化したうえで、医療現場において核医学の専門知識を有する専門人材として医学物理士が活躍する場が用意されることが望まれる。

病院経営のインセンティブとして核医学診療を行うことが効果的であるケースでも実践されないことがある要因として、診療報酬制度が核医学診療に適合していないことが挙げられている。このため、核医学診療が適切に実施できるよう診療報酬制度の改革を合わせ実施することが望ましい。

（３）キャリアパス、関連する資格制度など

●核医学専門領域の位置づけ

医師のキャリアパスにおいて、放射線科専門医およびその先にある放射線診断専門医、放射線治療専門医、さらには、核医学専門医に進むことが医師としてのキャリアパスにつながるということが重要である。しかしながら、現時点では核医学の分野は、放射線科の１分野としか位置づけられてないことから、医療機関、教育機関などにおいて専門領域を確立することが困難であるという実態がある。また、このことは、研究者、医師としてのキャリアパスに閉塞感を生み出している要因ともなっている。このことから、今後、大きな医学的発展が期待されている核医学分野を組織として独立することも発展に対する重要な要素となり得る。

●学生のキャリアパス

医学部を卒業した学生の勤務先として多くの場合は病院勤務を目指す、核医学、放射線治療を行っている病院は限定的であり、その分野に進む卒業生は１割程度以下と考えられる。大学院修士を出た学生が医学物理士を目指して受検するものの、多くの病院にはニーズがないため、医学物理士の資格を取得することをためらう学生も多い。また、医学物理士への間口は広いものの、認定試験を合格した後にさらに博士課程へ進学するか、医学物理業務に従事するか、もしくは、臨床研修生としてレジデントを経験するなど数年間の研修プロセスが求められ、多くの場合、病院での勤務が必要となるが、現実的に医学物理士の資格を病院が求めているケースも希であることから、まず

は診療放射線技師として勤務するルートを探ることとなる。このような長いキャリアパスを経て医学物理士の資格を取得するメリットが少ないという現実がある。

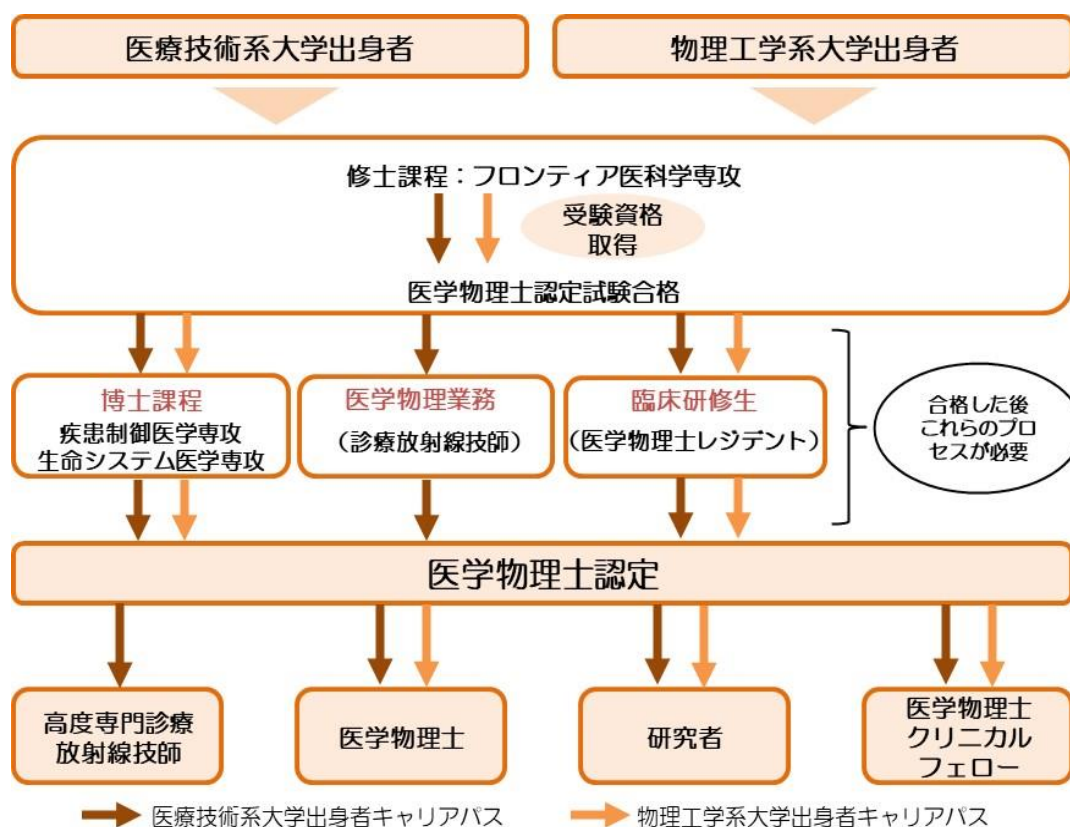


図. 医学物理士のキャリアパス
(出典：つくば大学 フロンティア医科学 学位プログラムをもとに作成)

●キャリアパスの多様化

核医学分野は多くの大学および病院では放射線科の中の1分野として捉えられているが、キャリアパスとして考えると非常に多くの学問領域と接点がある。このため、放射線、核医学以外の分野を眺めた際には、この分野を履修した学生には多くの方向性やニーズがあることを認識させることも重要である。例えば、放射線科という枠の中だけでキャリアパスを目指すのは困難であっても、多様な異業種との連携の中で医師が育っていくための取り組みが重要である。

●原子力関連研究機関での採用とキャリアパス

原子力関連の研究機関に研究者として就職する場合、最近では成果による採用が一般的に行われており、博士課程修了、もしくは、博士号取得後直ぐに採用されることは難しくなりつつある。研究機関でも成果のある人材を即戦力として経験者を採用する傾向がある。特にRIの加速器や原子炉での製造の分野は、事業として実施しているわけではないため（日本原子力研究開発機構では原子炉の運転などは事業として認められているが、RIは海外からの輸入が主であることから事業として認められてない）、研究者として育てるための仕組みそのものがない。このため、RI分野の研究者の場合、キャリアパスが閉塞的にならざるを得ない。

【リカレント教育の活用による人材育成】

●リカレント教育の活用（核医学分野の人材の拡充）

薬剤師などは、RIに関する教育を受けていないが、核医学分野で活躍できる人材が多くいるので、例えば、薬剤師に対して、リカレント教育としてRI・放射線の取り扱いの教育を新たに行うことが有効であると考えられる。

●多様な専門性をもつ人材の育成（リカレント教育による異分野の学習）

我が国では医学物理士は、主に保健学科を卒業した人材が目指している。基本的なキャリアパスとしては保健学科を卒業し、診療放射線技師免許を取得した後医学物理士を目指すのが基本的なコースとなっている。一方で、海外では、大学の工学系（修士・博士課程）を修了した人材が医工連携を目指すなかで医学物理士（Medical physicist）の資格を取得するケースが一般的である（前記、「医学物理士のキャリアパス」参照）。

海外では、大学の工学部と医学部の間での医工連携が積極的に行われており、例えば、RIを標識するため有機合成の研究室と共同で研究開発を実施するなどのケースもある。このようなプロセスの中で大学へのリカレントを行い、専門性の幅を広げることも本分野の拡充において有効な手段であると考えられる。

●社会人ドクターの拡充（大学との共同研究）

RIの分野、特に製薬の分野では、薬学のみならず、むしろ他の分野で実績を有する人材の貢献が大きい。このことから、企業で研究している人材がさらに異分野の大学院博士課程に戻り研究することが有効である。また、1企業ではRI関連施設を作るにも制約が大きいことから大学の施設を利用した共同研究も有効であると考えられる。このことは、単に民間企業のみならず、公的な研究機関と大学との共同研究に対しても有効であり、量子科学技術研究開発機構（QST）では、量子医学・医療部（旧放医研）、理研（神戸）のグループと2大拠点として東北大学・大学院とPETに関する技術開発を対象とした専門家育成を実施しており、核医学の人材育成に貢献している。

●資格取得に向けた社内制度の拡充

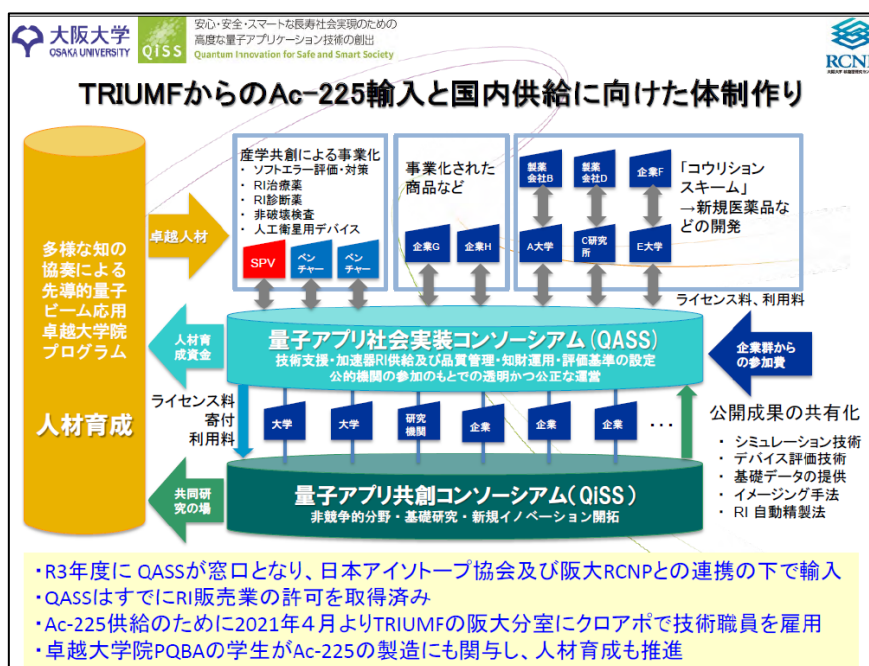
RI・放射線関連の研究開発を実施している企業の研究員に対して、資格取得を奨励することもスキルアップにつながると考えられる。一部の企業では報奨金制度などを元にリカレント教育による資格取得を奨励している。多くの企業が社内のOJTと大学との連携によるスキルアップに期待している実態がある。

（４）人材の育成交流に関する異分野連携・国際連携

●異分野を含む研究組織の拠点化

大阪大学では、2018年「放射線科学基盤機構」^注が組織化され、学内の多様な学問分野が連携し、放射線科学・核医学の進展に向けた研究基盤が構築されている。これにより医学、放射線・原子力などを含む教育資源を共有することで核物理分野などの人材育成・教育プログラムを提供している。放射線科学の分野においては、多くの他分野を包含した組織で学位を取ることは将来のキャリアパスも広がり、この分野に関心を持つ学生の幅を広げることにもつながるものと期待されている。拠点化した成功例として放射線の生命科学・人体影響の分野では、広島大学（原爆放射線医科学研究所）、長崎大学、京都大学などの取り組みが挙げられる。

注)「放射線科学基盤機構設置による放射線医療イノベーションの推進事業」(2018年度～2022年度)による。



参考図：大阪大学核物理センターでの人材育成プログラム

(出典：公益社団法人 日本アイソトープ協会 医薬品部医薬品・試薬課 北岡麻美
第18回原子力委員会)

●原子力他分野への貢献

大阪大学や東京大学において、他分野との連携を推進することで核医学研究を推進する取り組みが始まっているが、一方、国の原子力関連研究機関においても、他分野との連携および他分野への貢献が求められている。特に、原子力の技術(原子炉、RI分離、RI取り扱い、安全防護、加速器など)を原子力以外の分野のイノベーションに役立てることは重要なミッションだと考えられる。このことから、原子力関連の研究機関が大学内の研究拠点と積極的に連携することで原子力技術の社会貢献が見えてくるとともに、当該分野の人材育成・教育プログラムにも貢献しうるものと考えられる。

●国際連携の推進

核医学を中心とした分野は、海外での実践的研究・医療分野での実用化がめざましいが、多くの研究機関において海外との連携はまだ十分に実施されている状況にない。現在のところ、共同研究という特定の目的ではなく、研究員は海外留学という取り組みが主流になっている。しかし、海外の知見・経験・技術を日本に取り入れるためには、海外とのさらなる連携は非常に重要な要素と考えられる。

現時点で、国内の医療機関、研究機関および民間企業における海外先進機関との積極的な連携は極めて限定的である。国内での専門家の育成・人材補給が難しい実態に鑑みて、海外の研究者の受け入れ、海外の先進的な取り組みを行っている医療機関などとの国際的な連携を推進するための取り組みが求められている(文部科学省(MEXT)国費外国人留学生奨学金制度を活用なども視野に入れるべき)。

●原子力分野との連携の必要性

アメリカ、ヨーロッパ、オーストラリアでは、核医学分野は原子力分野としっかりとした連携が行われている。これは、医療現場からの RI 製造のニーズ（どのような RI を製造するか）を元に物理の専門家がどのようにして製造するか（原子炉、加速器および各種分離装置など）を検討し、原子力エンジニアは製造するにはどのような装置が必要であるかを具体化するという一連の流れができています。このような連携が行われて核医学が進められている中で、我が国の原子力分野との連携を具体化していくことが重要である。

●国際機関との連携

核医学の分野では、IOMP（International Organization of Medical Physics：国際核物理機関）という国際交流組織がある。ここには、各国の医学物理学会メンバーが参加し、核医学教育のガイドラインを作り人材教育に関する情報交換を行っている。また、アジアでは、この IOMP の下に AFOMP（Asia-Oceania Federation of Organizations for Medical Physics）という組織があり、積極的な情報開示を行っている。特に、診断分野は、我が国よりアジアが進歩的な取り組みを実施している。例えば、我が国が協力して設置した加速器を利用して製造した放射性医薬品（非密封線源）を活用している。非密封線源の利用について日本よりハードルが低いことが先進的な取り組みを実現できる一つの要因となっている。また、海外の積極的な取り組みを知ることにより、海外での核医学発展の理由が分かり、日本にとっても参考となる可能性もある。

●異分野との積極的な連携の必要性

RI の利用分野は多様な分野との連携が必須となる。特に、新しい医薬品を作るにあたり、有機化学、生命科学などの知見を元にスーパーコンピュータでの数理解析（分子構造解析）を実施することもある。国内の大学においても、近年、異分野との共同研究が積極的に実施される傾向になり、9 割の研究は専門外の人材との協力で実現しているのが現実となっている。このことから、国内の他分野との連携を積極的に推進するための取り組み・仕組みづくりが重要となる（科学研究費助成事業（科研費）による国際共同研究、国際ワークショップの開催などがきっかけとなり得る）。

●国際連携により学ぶこと

国際連携において重要なことは、単に一つの分野の技術・経験を学ぶということより、むしろ、他分野との融合による独創的な研究開発を実現している仕組みを学ぶことが重要である。例えば、我が国でも文部科学省では STEAM（Science, Technology, Engineering, (Liberal) Arts, Mathematics）教育を始めているが、このような環境・エネルギーなどを超えた、科学全般、数学、芸術、音楽、文学など幅広い分野を統合した取り組みにより新しいものの考え方が出てくる。

●マネジメントの重要性

我が国では、放射線に関わる医療機器などには優れたものがあるが、そのマネジメント、安全管理、利用する仕組み（組織的な取り組みも含めて）が遅れているという指摘がある。今後、核医学分野の発展・医療分野での活用には安全管理の考え方、研究開発の考え方、組織的な役割分担の考え方などマネジメント能力の整備が必要である。

(5) 社会の理解・情報発信の動向

●放射線に対する負のイメージ

RI・放射線の利用については、日本では常に負のイメージが付きまとう。これは、原子爆弾や原子力発電所の事故の影響もあるものと想像される。これにより、学校教育（特に、小学校から高校までの初等・中等教育）の現場で、なかなか放射線に関する教育が行われていない一つの要因にもなっている。また、初等・中等教育で放射線に関して知識がなければ、その先この分野に関心を持つ機会も限られてしまう。

一方、RI・放射線にはプラスの面もあり、医療を通じて社会に大きく貢献していることを直接・間接的に情報発信していくことも重要な取り組みである。特に、若い世代にまずは知ってもらうという取り組みが非常に重要であり、例えば、テレビドラマでの放射線技師の活躍を取り上げることなどは多くの人が知らなかった実態を知らせることにもなり、専門知識だけでなく、医療分野での専門家の活躍の場を公知させることも人材確保・育成にとって重要な取り組みと考えられる。

●医療機関での情報発信の課題

現状では、核医学診療は国内の医療機関ではほとんど実施されていないが、海外では一部大きな成果を上げている。例えば、この海外での大きな効果だけが報道されてしまえば、国内でも同様な治療をしてほしいという患者が殺到する可能性がある一方で、国内の医療機関ではまだ、対応できる医療体制が整っていないという状況もある。

RI・放射線をはじめ、核医学診療が大きな効果があるという事実は周知するべきものであり、今後、核医学の発展に資するものであるが、海外の成果など核医学の成果だけが一人歩きすることが医療の混乱を招く可能性がある。

●RIの国内調達の必要性についての広報・情報共有

国内では医療用 RI は、国産でも賄ってきたが、東日本大震災後の原子炉の停止により、医療用 RI のほとんどを海外（オーストラリア、オランダ、カザフスタンなど）からの輸入に依存する体制となった（次図参照）。2021 年 7 月以降、日本原子力研究開発機構の JRR-3 稼働後は一部国産化が進められているが、現在、これらの医療用 RI のほとんどを海外に依存していることにより、サプライチェーンの途絶による影響は非常に大きい（例えば、2016 年 10 月、カナダの原子炉故障によるモリブデンの供給途絶）^{注）}。

注）モリブデン、テクネチウムの同位体は、特に日本において核医学検査で多く使用されている（国内で流通する医療用 RI 各種の 75% がテクネチウム同位体とその原料となるモリブデンである）。

これら医療機関における放射線・RI の利用現状と線源の国内供給の必要性に関わる国民への情報共有も当該分野の進展において重要であると考えられる。

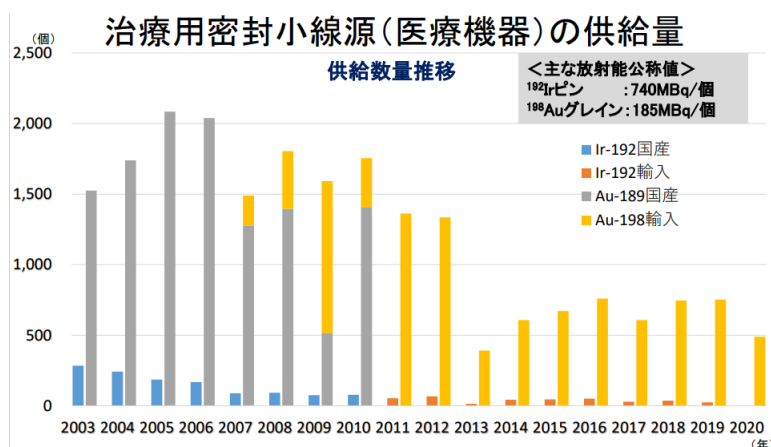


図. 治療用密封小線源の輸入実態
 (出典: 公益社団法人 日本アイソトープ協会、内閣府原子力委員会
 第1回医療用等ラジオアイソトープ製造・利用専門部会、2021年11月)

(6) その他(まとめ)

●工学・化学系人材との連携の重要性

核医学の分野では、非常に多くの他分野との協業が必要であり、専門教育においても、単に医学・薬学・放射線と限らず、原子力分野の技術との連携も深く、多面的な教育が必要な分野である。このため、現在不足している核医学分野の専門人材の育成においては、従来のキャリアパスである医療系大学出身者のみならず、物理工学系や有機化学系など多様な専門人材とともに、RIを製造する人材の確保として原子力工学系の人材の育成と参加が必須であり、これら多分野の連携が我が国の核医学の発展に必須な要件と考えられる。

●専門人材の積極的な活用とキャリアアップの仕組みの必要性

医療機関を中心とした核医学分野の専門家の不足が指摘されており、これは、我が国における医学物理士のキャリアパスの課題を指摘する声も多い。医学物理士の位置づけとして、医療現場(病院)において必ずしも必須な資格でないこと、核医学診療にコストが掛かるため医学物理士が活躍できる場が医療現場に少ないことなどが要因として考えられ、また、医学物理士を目指す人材にとっても、確実な就職先が確保できる保証がないことから(診療放射線技師など国家資格を有する人材は医療現場で多くのニーズがある)放射線科専門医への道を進むことが一般的である。さらに、研究現場、医療現場を問わず、核医学診療の分野が放射線科の一分野として位置づけられていることから組織の中でのキャリアアップに閉塞感があることも指摘されている。これらのことから、今後核医学を専門とする人材の育成・普及に向けた取組みも期待される。

●核医学の専門家を目指すことの困難さ

一方、核医学に関わる多くの技師においては、診療放射線技師へのキャリアパスが中心(全国で54,000名以上、2016年)であるが、核医学を専門とする技師(核医学専門技師)の数は700名弱(2020年)の資格者であり、専門教育を受けた技師の人数からも現時点で核医学診療が普及しているとはいいがたい状況である。

国内で医学物理士の認定を取得するためにはまず、医学物理認定機構の認定する医学物理教育コースもしくは理工系の修士もしくは博士の学位を有することが前提となり、さらに医学物理士試験に合格した後に医学物理業務に従事するか、もしくは、臨床研修生としてレジデントを経験するなどの数年間の実務経験が求められ、実務経験を行う場を確保することが必須条件ともなる。これらの受験資格要件および認定試験合格後の医学物理関連の実務経験などを経る必要性などから、これらのプロセスを実践できる人材は経済的にも限定的にならざるを得ないと考えられる。また、核医学に関する専門教育を実施する大学についても限定的で有ることも含め当該分野の専門人材を増やす工夫が求められる。また、医学物理士のキャリアパス上の困難さは医学物理士の業務を支援する当該分野全体の人材不足（核医学専門技師、核医学認定薬剤師）の要因にもなっているものと考えられる。

（参考：核医学の専門教育を実施している大学（認定医学物理教育コースを設定している大学）：大学院修士課程 22 大学（北海道大学、筑波大学、大阪大学、京都大学など）、大学院博士課程 10 大学（筑波大学、大阪大学、北海道大学、京都大学、東京大学など）（出典：一般財団法人医学物理士認定機構 HP）

3. 医療利用分野における人材確保・育成の効果的な取り組み

（1）キャリアパス、規制緩和などの検討

●核医学の分野に人材が集まらない理由（医療機関での課題）

核医学分野における資格は必ずしも医療現場に必要な人材として認識されていないことが大きな要因と考えられる。これは、医療現場における核医学診療に掛かるコストに対して診療報酬が少なく病院経営として厳しいこともあり、日本の医療現場が積極的な核医学診療を取り込めない要因にもなっている。また、核医学診療に掛かるコストは医療機器が高額であるとともに、メンテナンス費用、使用済みの RI の処理・処分の手続きの煩雑さなども要因として考えられる。医療現場におけるこのような現状を解決する方策として、RI（特に半減期を大幅に超えた RI）の処理・処分手続きの規制緩和（簡易な廃棄手続き）、適切な診療報酬の設定とともに、医療現場での医学物理士の明確な役割を定めることなどが有効な方策と考えられる。

また、放射性薬剤の製造に関しても、薬剤師の中で放射性薬剤を扱った経験のある人材がほとんどおらず、特に、当該分野を担う核医学認定薬剤師が極めて少ない。この背景としては、調製には薬学部を出た薬剤師が必須な要件である一方で、薬剤師はほとんど市中の薬局に勤務し、診療の現場での活躍を目指す人材が少ないためである。このため、医師は核医学での診療を選択せず、従来の化学的薬剤と放射線、手技による診断・治療を目指すことになりがちである。

医療の現場のこのような現状が結果として核医学を目指す人材（核医学専門医、医学物理士、核医学専門技師など）の人材確保と育成において大きな課題になっている。

●核医学の分野に人材が集まらない理由（キャリアパスの課題）

前記、医療現場の現状と合わせ
て、例えば、核医学専門医のキャリアパスは、医師国家試験に合格後5年以上経過し、臨床経験が研修医の2年間を含み5年以上あり、核医学診療並びに放射性物質安全取扱の基礎事項の研修を5年以上受講する必要があることなど、長い期間の経験・研修が必須要件となっている

（核医学専門医認定試験受験資格）。医療現場で実践を積みながらこれらの研修などを行うことなどが核医学専門医を目指す人材にとって社会的、経済的な大きな負担となっている。

また一方で、医学物理士の認定試験についても、大学院修士以上の学位を有し、2年間の研修を経て医学物理士認定試験を合格後、さらに研究・臨床経験を積むことが求められるなど、多分野の認定条件に比べ、比較的高い技能が要求される。医学物理士を目指す人材にとっても、医療現場での就業と合わせて研鑽を積むことのハードルが高いことも医学物理士を目指す人材が増えない要因として考えられる（2021年6月1日現在、1,337名）。

また、核医学検査における放射線安全管理とともに医療安全対策を企画・立案・実行する核医学専門技師の資格認定についても、診療放射線技師の資格取得後、通算3年以上の核医学検査の診療経験をもち、一般社団法人日本核医学専門技師認定機構が実施する認定単位を取得の後、核医学専門技師認定試験に合格する必要がある。資格取得までの時間と経験が非常に多く必要となることも核医学専門技師への希望者が増えない要因として考えられる。

これら、前記医療現場での課題とともに、当該分野を希望する人材のキャリアパス上の課題も人材不足の一因として考えられる。

●核医学の分野に人材が集まらない理由（教育現場の課題）

初等・中等教育の段階で、医療利用など放射線が社会的に重要な役割を果たしていることを教育することが、児童・生徒が「知る」ことにつながる。しかしながら、この機会が極めて少ない。また、実際にRIを教育現場で扱う機会が減少していることも核医学分野の発展に阻害要因になる可



図. 医学物理士教育 カリキュラム

（出典：大阪大学大学院医学系研究科
放射線統合医学講座放射線治療学教室 HP）



図. 核医学専門技師へのキャリアパス

（出典：一般社団法人日本核医学専門技師認定機構 HP をもとに作成）

能性があり、危惧されている。教育現場で RI を取り扱わない理由として、医療現場と同様にその法的な取り扱いの煩雑さ（書類作成の煩雑さ）、機器管理・メンテナンスの必要性、RI 廃棄の問題などがあるものと考えられる。特に、大学等における研究分野では RI 以外で代替できる実験手法も確立されつつあり、しだいに RI 利用のニーズが減少しているという実態もある。

また、教育現場の実態として、例えば、診療放射線技師を育成する教育プログラムの中でも実際に RI を扱わず卒業することが多くなりつつあり、管理区域に入らなければならないリスクがあることから RI の利用を避ける傾向になっている。しかしながら、教育現場では RI を実際に利用した経験はこの分野で活躍する人材には必須であるという意見も聞かれ、リスクの大きな分野では RI を取り扱う経験を実践させる必要性が指摘されているものの教育現場での RI 取り扱いの機会は減っている。

これら教育カリキュラムや研究・教育の現場で核医学の基礎となる RI の取り扱いが減少していることも核医学分野に人材が集まらない理由として考えられる。また、このような状況が継続することで RI の取り扱いを教えることのできる教員がいなくなることも危惧されている。

（２）分野間・国際連携を促す制度や支援策

●レジデント制度の拡充

レジデント制度^{注)}は、一般的には薬剤師の分野において大学卒業後に病院などで薬剤師として数年間の実践的な研修を受け、資質を向上させるための仕組みとして一部の病院で定着しつつある。薬剤師のレジデント制度は、2006 年国立がん研究センター東病院薬剤部で実施されたことを皮切りに多くの病院に普及しつつある。狙いは、チーム医療の経験を積み、多分野の専門人材との連携能力を養い、医薬品の管理・運用について研鑽を積むことであるが、一方で、このような教育プログラムは、多分野の広範な知識と経験、連携を必要とする核医学分野においてもレジデント制度による人材教育・実践の場の提供が有効な分野だと考えられる。

注) レジデント制度（薬剤師）：米国の制度を参考に、1 年目は一般的な領域を広く学び、希望者は2年目に進んで専門的な領域を学ぶという段階的な研修プログラムを構築している病院が多い。例えば、国立がん研究センター東病院では3年間のレジデント制度が進められている。

ちなみに、国立がん研究センター東病院のレジデント制度修了者の進路は幅広く、以下のように国立がん研究センター職員への就職とともに、他病院への勤務、シニアレジデント、調剤薬局への就職など多様なキャリアパスがあり、第1期から第9期のレジデントまでの合計56名は全員右図のような就職先に就職している。

米国で医学物理士が多い理由として、この分野のレジデント制度が充実しており、病院でのOJTを実践しつつ大学院で学べることが大きなインセンティブとして考えられる。このようなフレキシブルなキャリアパスが結果的に理工系人材の起用、理工系人材からの核医学分野への進路につながると考えられる。特に、米国では核医学診療に対して診療報酬も定められており、社会的地位が高く認められているということも日米の大きな違いである。我が国における当該分野の人材の育成に核医学分野のレジデント制度の拡充が有効であると考えられる。

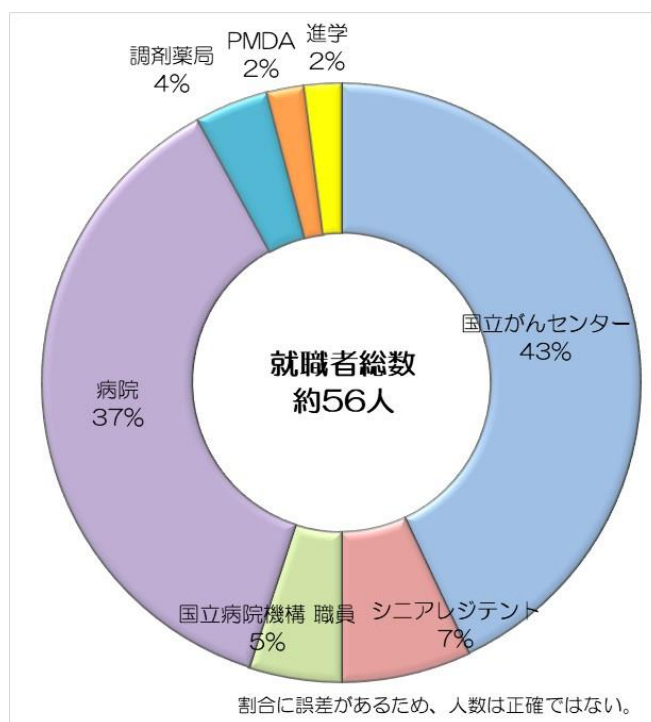


図. 国立がん研究センター東病院のレジデント就職先
(出典：国立がん研究センター東病院 HP)

●研究開発の拠点化

核医学分野の特徴として、医学はもちろんのこと、原子炉物理、原子核物理、原子力工学（原子炉工学、加速器物理）、核燃料工学などをはじめ、有機化学、薬学、生態学など多面的な分野の連携で成り立つ分野である。このため、当該分野の人材育成および普及・拡充には、多分野の学際的な取り組みが必要となる。また、多様な機器を用いることで成り立つ医療分野でもある。

これらのことから、単一の大学や医療機関で新たな技術開発を行い、専門人材を育成することには限界があるとの意見も見受けられる。このため、異分野間の積極的な連携を推進するために放射線・核医学分野の拠点化が有効である。そのような取り組みの一例として、大阪大学の「放射線科学基盤機構」が挙げられるが、これは、学内の多様な学問分野の連携が行われ、放射線科学・核医学全体の底上げを目指した研究基盤が構築され、政府の支援により実現できている。このような政策的な支援があることで、多様な分野の連携と必要な設備の導入・メンテナンスが実現できる。核医学の進展において異分野間の連携を推進するために研究開発の拠点化は、大阪大学のみならず、国内で複数箇所でも実現するべきとの声がある。

参考）現在国内で核医学が放射線科と独立した組織体制になっている大学として北海道大学、大阪大学、金沢大学などが挙げられる。

●異分野間をつなぐ人材の不足

複合領域においては、各専門家が専門分野に特化した専門教育を受けていることにより、異分野間の連携を促進できる人材も不足する実態がある。例えば、異分野の情報共有、異分野の活動をつなぐ、コーディネートする人材を育成し、活用する仕組みが必要である。これらの人材育成が我が

国では行われていない。特に、医療分野は近年、先進化・細分化されつつあり、医療全体を見渡すことのできる人材がいないことが核医学分野が進まない要因の一つとして考えられる。

さらに、核医学診断、治療は、海外で大きな成果を出し始め、海外の医療機関に人材・情報が集積している。これら海外の研究機関、医療機関との連携ができる人材、海外で活躍できる人材の育成と確保が重要である。

●省庁間の連携

医療全体は厚生労働省、核医学分野は研究開発は大学で実施していることから文部科学省、医療機関は厚生労働省、民間事業は経済産業省、原子力規制は原子力規制委員会など、多様な省庁との関わりを持つ。また、輸入に関しては、放射性医薬品の原料となる RI の多くが海外依存であることから外務省、国土交通省（航空機での輸送など）との調整が必要となる場面も想定される。核医学の分野は関連する学問・技術分野自体も多岐にわたり、さらに、所管する官庁也多岐にわたることから医療現場でのスピード感をもった医療の障害となることもあり得る。このようなことから、核医学分野全般にわたる省庁間の連携・情報共有などの体制づくりが求められている。

●医師に対するサポート体制

海外では核医学の分野でドシメトリスト（線量計算士）が活躍している。我が国では患者に対する線量評価を行う専門家がおらず、医師が実施しているケースもみられ、医師に対する業務負担が非常に大きなものとなっている。核医学、放射線治療を行っている医学物理士も非常に少なく、専門性が活かされているとはいいがたい。医療の現場において、医師と技師もしくは医学物理士との積極的な連携体制が必要である。

（３）人材確保のための情報発信の方策

●成果の情報発信することの重要性

核医学分野での治療成果は、海外において徐々に上がりつつある。これらの治療成果は、医学部の学生に対して教材として提供する価値があるものと考えられる。また、海外の事例に対する学生の関心の度合いも高い。このことから、医療現場におけるこれら核医学の成果を教育現場で教材として活用するなど、周知の方策を検討することが重要である。このことにより、当該分野に関心を持つ学生が核医学分野に進むことが期待される。また、核医学の分野は、診断および基礎研究の分野が進展しているが、基礎研究に限らず、医療現場で大きな治療成果が上げられていることが社会的な注目を得るために重要なポイントである。さらに、専門家の中でも海外の成果を情報共有できるようなインターネットを活用した仕組みが効果的だと考えられる。特に、核医学治療が他の治療法に比べて副作用が少ないという点はアピールポイントになる。

（参考：海外の状況）

核医学の専門家が不足している事態は世界的な状況である（英国でも王立化学会発行の Chemistry World でも５年程前から報告されている）。日本だけでなく、海外でも核医学分野の専門家が減少していることに対して問題視されている。これらの課題は、国際協力のテーマとして情報共有する価値がある。

●核医学で活躍している研究者の母校での講義

核医学で活躍している医師、医学物理士、技師などが自分の母校に戻り、「何をやっているか」を学生に分かりやすく講義する（母校訪問）ことも学生に対して効果がある。また、サマースクー

ルなどの形式で医学部の学生に限らず、理工系学生も含めた1週間程度の医療分野の最先端技術を実践的に学ぶ機会を提供することも、学生の関心を引く重要な材料となり得る。アメリカでは実施されており、日本でもかつて放射線医学総合研究所（現 QST 量子医科学研究所）が主体で1, 2週間のサマースクールを実施しており、分野を分けず、多分野からの学生参加者のみならず、教員、専門学校生が参加していた。このような取り組みは非常に効果が高いものと考えられる。

●情報発信する対象について

核医学の存在とその活動に関して、医学部の学生に対しても十分知られているとはいえない。まずは、知識として裾野を広げることが重要であり、そのためには、小学生のころから核医学や放射線に関する仕事について社会科見学などを通じて教育する取り組みが効果的だと考えられる。また、小学生に対しては「知る・関心を持つ」ということを重点に、その先の「中学・高校」では、その実態・原理などを理科などの授業で分かりやすく教えることができると非常にインパクトがあると考えられ、この道に進む学生の増加につながる。大学に入った学生に対する講義では、特に裾野を広げることにはならない。また、どのような対象（年齢・立場）に対しても、例えばTVドラマなどの影響は大きく、放射線医療に関する番組を制作していくことも効果的である。

（参考）：日本アイソトープ協会では、分野に限らずいろいろな学生に知ってもらうことに心がけている。また、原子力分野の学生に関心をもってもらうための出版物を配布している。RIの輸入およびRI医療機器の開発を実施している企業では医療分野に貢献していることを前面に出して人材募集を行っている。

（4）その他（まとめ）

本節では、核医学分野における人材確保・育成に向けた効果的な取り組みについて整理した。その主な論点を以下に取りまとめる。

●多面的かつ総合的な取り組みの必要性

医療機関では、必ずしも核医学の専門家が必須という状況ではなく、医療機関の経営的な課題などから核医学診療に積極的になれない事情（経済的な負担、手続きの煩雑さ、廃棄物処理の課題など）があることも明らかになった。また、人材の立場からも医師、医学物理士、技師、薬剤師を目指す人材の立場からは長い研修期間や出口（就職先の確保）が見えない事、医療機関に十分な需要がないことなどから積極的に当該分野を目指すインセンティブがないことも明らかになった。さらに、学生に対する教育の現場においても、RIを取り扱うカリキュラムが減少し、例えば、診療放射線技師の教育カリキュラムですらRIを扱うことなく卒業するケースがある。また、研究開発の面でもRIを利用せず代替の方法が開発されるなどRIを利用する機会が失われつつある。また、医師国家試験、薬剤師の国家試験において、核医学・RIの取り扱いに関する出題がほとんどないことも教育現場で核医学・RIを取り扱わない一つの理由として考えられる。

これらの現状から教育、医療、研究の現場を包含した総合的な取り組みの必要性が指摘されている。その一つの方向性として、当該分野の教育、医療、研究活動を同時に実践する拠点の形成が指摘される。また、医療現場における診療報酬の問題も大きな課題として考えられることから、核医学診療に対する適切な診療報酬の設定に向けた議論を行うことも、当該分野の活性化と人材確保・育成の取り組みとして挙げられる。特に、研究開発が必要な新しい分野における診療報酬化は困難との指摘があることから、今後発展が期待される新たな医療分野に対しても適正な報酬の考え方を

整理する必要があるものと考えられる。

●医学物理士の位置づけ

核医学分野において医師を支援し、医師と対等な立場で放射線の取り扱いの専門家として診断、治療に貢献しうる医学物理士の医療現場での活用の重要性も指摘されている。これは、医療現場で医学物理士の明確な位置づけがなされてないことにも通じ、役割と責任を明確にし、医療現場、研究開発の現場における必須な人材と位置づけることが有効な手段とも考えられる。例えば、現在、被ばくの計算などを必ずしも専門でない医師が実施していることから、放射線診療を行う際の医師の業務負担が大きいことも放射線診療、特に核医学に関わる医療行為を実施しにくい要因として指摘されている。医師が実施している業務の中で直接の医療行為に該当せず、他の専門家に依頼できる内容を整理し、一部を医学物理士が担うなどの制度改革も当該分野の人材の確保・流動化に対して有効な手段だと考えられる。

●学生への財政的支援

技師を目指す学生にとって、技師を目指すインセンティブとして大学における国からの経済的な支援（学費免除や助成等）の充実が挙げられる。学生の就職先の選定や資格取得時の選択要素としても経済的な支援が大きいことは重要な点であり、核医学を目指す学生のみならず、診療放射線技師などに対しても経済的支援は取り組むべき課題と考えられる。特に、医学物理士を目指す場合、医学物理士試験を合格した後に2年間の研究・臨床経験が必要となるが、多くの場合、医療機関で診療放射線技師として勤務していることから、医学物理士の資格に基づく就職先を探す場合、診療放射線技師として勤務する医療機関を退職することにつながる。また、医学物理士を募集する研究機関や病院は極めて限られていることから就職の不安要因もある。このようなリスクがあることも医学物理士として働くことを阻害する要因と考えられることから、人材の育成に対する経済的な支援が求められる。

●核医学分野のキャリアパスの拡充

核医学分野は、現在、放射線科の一分野として位置づけられていることから、一般的に核医学分野の専門家が放射線という広い領域で高いポストに付くことは困難と考えられている。このため、当該分野の人材確保に向けた予算の確保、ポスト、ポジションの確保などが当面の課題として挙げられる。また、研究者、教員のキャリアパスが開けていることは学生にとっても当該分野の魅力につながり、積極的に核医学の分野に入ってくることにつながるものと考えられる。特に、学生に対してどのような研究を実施しているか学内で分かるような取り組みも必要である。

参考資料

参考資料1：専門人材ごとの知識・技能・キャリアパス

放射線・RIを用いた医療に関わる専門人材は多岐に渡る。本節では、専門人材に求められる知識・専門教育およびキャリアパスの現状について整理する。専門人材を大別し「医師」、「医学物理士」、「技師」、「看護師」および「薬剤師」とし、放射線およびRI医療に関わる専門人材を抽出して調査対象とする。

①医師

医師の中でRI・放射線診療を専門に行う人材として、放射線科専門医と核医学専門医がある。また、放射線科専門医は、さらに診断および治療の面で高度な医療を実現するため放射線診断専門医と放射線治療専門医という2つの認定専門医が存在している。

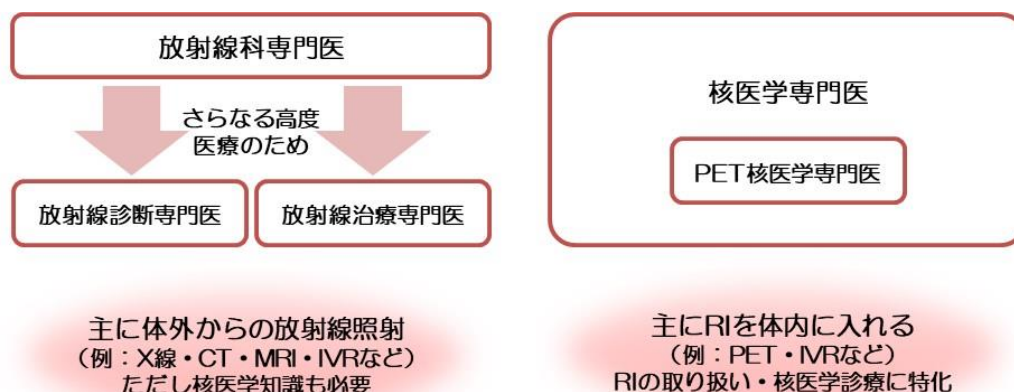


図. RI 放射線診療を専門とする医師

(出典：公益社団法人 日本医学放射線学会、一般社団法人 日本核医学会 HP をもとに作成)

●放射線科専門医

放射線科専門医は、日本医学放射線学会が認定し、放射線診療・放射線医学の向上発展に資し、医療および保健衛生の向上ならびに放射線障害を防止することを目的としているが、放射線科専門医の資格取得後2年以上の研修を受け、認定試験に合格した放射線治療専門医、もしくは、放射線診断専門医について、その医療分野の業務内容、求められる専門知識は以下の通り。なお、放射線治療専門医、もしくは、放射線診断専門医どちらかの資格を有する医師は、他方の資格試験を受けることはできない。

放射線専門医の業務と専門知識

放射線科専門医は、診療放射線技師、放射線科看護師とチームを組んで医療を行う。「放射線科専門医研修ガイドライン」に基づいた治療専門医研修カリキュラムによって、単純X線写真、CT、MRI、核医学、IVR、放射線治療、消化管造影、超音波について規定数の症例を経験することが必要とされる。また、医の倫理と医療の質、医学物理学、放射線生物学、放射線防護・安全管理、放射線治療学に関する2年以上の研修を受け、専門知識を身につける必要がある。

一般社団法人日本専門医機構が発行している『日本専門医制度概報【令和2年(2020年)度版】』によれば、令和元年9月時点での放射線科専門医は7,729名、令和2年9月時点で6,405

名である。

放射線科専門医の認定試験の受験資格を以下に示す。

放射線科専門医認定試験受験資格

- 卒業臨床研修2年後、総合修練機関または修練機関での3年以上の放射線科専門医の総合研修および放射線治療・画像診断・各医学の研修を受けること。
- 3年間のうち最低1年は総合修練機関（診断専門医3名以上、治療専門医1名以上が常勤）において放射線研究を行うこと。
- 大学院生・研究生については在学期間の一部または全部を研修期間として認める。
- 3年以上放射線学会正会員であること。

前記の通り、放射線科専門医は、さらに2年間の専門研修を受けて次図の通りさらなる高度医療を目指した専門医（放射線治療専門医および放射線診断専門医）と高度な資格へとつながる。

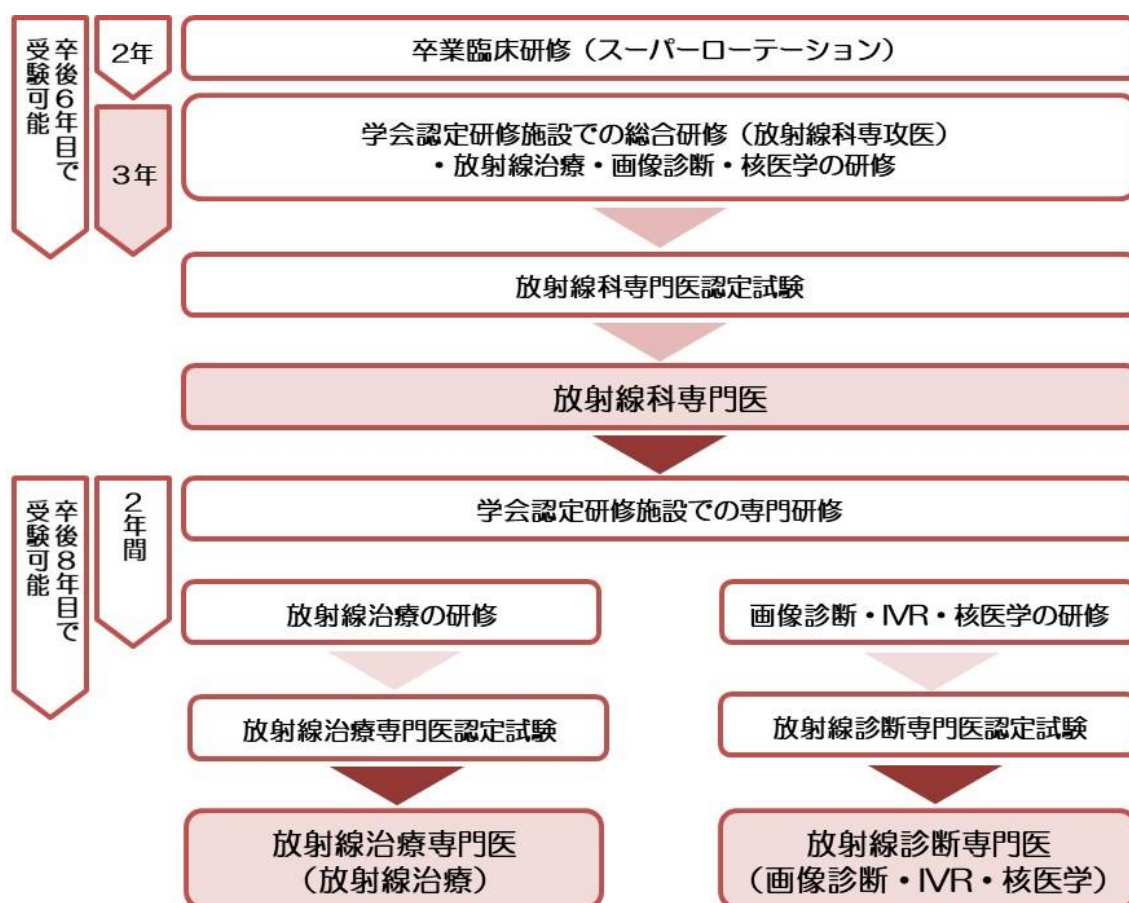


図. 放射線科専門医および放射線治療・診断専門医のキャリアパス

（出典：公益社団法人 日本放射線学会の HP をもとに作成）

以下、放射線科専門医に対してさらに高度な医療技術を有する放射線治療専門医および放射線診断専門医の専門性・知識などについて整理する。また、放射線科専門医の後、放射線治療専門医および放射線診断専門医の認定試験の受験資格を得るための研修内容は「参考資料 4：放射線科専門

医・放射線治療専門医・放射線診断専門医の認定試験受験資格」に示す。

●放射線診断専門医

放射線診断専門医は、放射線診断領域を専門とし、高い水準の放射線診断能力を備えた放射線診断専門医を認定することにより、放射線診療・放射線医学の向上発展に資し、医療および保健衛生の向上ならびに放射線障害の防止により、国民の福祉に寄与することを目的として制定された。

放射線診断専門医はX線写真やCT、MRI、超音波検査（エコー）、核医学検査（PETを含む）など、さまざまな画像診断法の中から適した方法を選択し、画像誘導（ガイド）による低侵襲局所治療（インターベンショナルラジオロジー：IVR）も行う。IVRは局所麻酔で施行でき、穿刺部位から挿入したカテーテルなどを画像で確認しながら目的部位に誘導し、局所の治療をする方法である。全身麻酔による外科手術が不可能な場合、侵襲の少ない治療を希望する患者に対して適応され、血管病変やがん治療などの分野で有効な治療法である。放射線科専門医は、これらの先端的治療法についても教育とトレーニングを積む必要がある。放射線診断専門医は2020年9月の時点で5,954名（日本専門医制度概報【令和2年（2020年）度版】による）。

放射線診断専門医は、放射線科医の中で、画像診断を主として行う医師であり、画像診断医とも言われる。放射線診断専門医の中にも、身体全体に対して画像診断を実施する医師（General Radiologist：大半の放射線科医が該当）、中枢神経の画像診断に特化した診断を実施する医師（Neuroradiologist）などの専門領域が存在する。放射線診断専門医は、一般的には病院内で画像診断報告書を担当している。

放射線診断専門医は、大学医学部における6年間の医学教育、医師国家試験、2年間の臨床研修、2年間の画像診断と放射線治療の研修、2年間の画像診断研修を終了した上で、日本医学放射線学会の放射線診断専門医試験に合格する必要がある。放射線診断専門医は、放射線被ばくの安全性と防護、MRIの安全性、各種画像の特性と適応、画像診断に必要な画像解剖や病理、画像診断報告書作成について専門の知識の習得とトレーニングを受ける必要がある。

放射線診断専門医試験受験資格

放射線科専門医試験に合格後、総合修練機関または修練機関（診断・IVR・核医学）もしくは、特殊修練機関（診断・IVR・核医学）で2年間以上の研修を経ること。

●放射線治療専門医

放射線治療専門医制度は、放射線治療を専門とする放射線治療専門医を認定することにより、放射線腫瘍学の発展を図り、国民の健康と福祉の増進に寄与することを目的として制定された。

放射線治療専門医は、日本医学放射線学会により一定水準以上の放射線腫瘍学に関する深い専門知識と高い水準の放射線治療技術を有すると更に認められた放射線科医である。悪性腫瘍および一部の良性疾患に関して、放射線治療の効果、照射術式とその計画、有害事象、治療前中後の管理などについての専門知識が求められる。また、診療技術を駆使して適正な放射線治療を実施し腫瘍学の知識を基盤とした手術や抗がん化学療法の併用などの集学的治療および放射線の安全管理（被ばく安全と防護）および生物学的効果と副作用、放射線治療計画の立て方、がん患者ケアなどに関する広い知識が求められる。

放射線治療は、臓器を温存しながら、がん細胞を縮小させるもので、早期の肺がんや肝がんに対

する根治的な定位照射（ピンポイント照射）や進行がんに対する抗がん剤との併用放射線療法、転移に対する緩和療法などを行うなど放射線治療専門医は幅広い役割を担う。2020年9月現在、放射線治療専門医は1,334名（日本専門医制度概報【令和2年（2020年）度版】による）。

放射線治療専門医試験受験資格

放射線科専門医試験に合格後、総合修練機関または修練機関（放射線治療）もしくは、特殊修練機関（放射線治療）で2年間以上の研修を経ること。

●核医学専門医

核医学専門医制度は、特にRIを用いた診断・治療など核医学に特化した技能を有する専門医として、核医学診療に優れ、放射性物質の安全な取り扱いに習熟した臨床医を養成し、診療水準の向上を図り、社会に貢献することを目的として制定された。RIを用いた核医学を専門とする医師であり、放射性物質、放射性医薬品を主に扱うなどの面で放射線科専門医と異なる。また、我が国では主にRIを用いた診断（核医学診断）が行われ、治療が行われることはごく僅かである。

核医学専門医による核医学診断

アイソトープ検査またはRI検査とも呼ばれ、特定の臓器や組織に集まりやすい性質を持った放射性医薬品を使って、そこから放出される放射線（ガンマ線）をガンマカメラで画像化することにより体内の様子を調べる検査。核医学は主に、PET検査やSPECT検査など、RIを主にトレーサーとして核医学診断（画像診断）に利用する分野である

核医学専門医は、PETや一般核医学などの核医学診療に特化した専門性を有し、放射性物質の安全な取り扱いに習熟した専門臨床医であり、日本核医学会が養成・認定を行う。核医学専門医は、放射線の取扱いはもとよりRIの取り扱い、知識など多くの関連知識が求められる。現在、核医学を放射線診断の一部に組み込む施設および教育機関も徐々に増えてきている。また、RIを投与してがん治療などに利用する内用療法も核医学分野の一部とされるが、我が国では一般的ではない。先端医療の多くは核医学に関わる分野でもあることから、これからの医療分野として注目されている。特に、海外で多くの成果が認められている内服療法などでは放射線の安全取り扱いについての十分な知識が求められる。

核医学分野は、放射線医学の中に含まれるが、大学・病院によっては核医学部門が独立しているケースもある。前記の通り、放射線治療は身体の外から放射線を当てることに対して、核医学治療は放射線源を体の中に入れて治療を行うものであり、放射線を使うという面では同様であるが、RIを体内に入れるという点で放射線療法とは異なる。核医学の分野ではRIの取り扱いを含むため、法的な規制も多く、放射線科の中でも特殊な知識・資格が要求される分野でもあり、専門性の高い領域で重要な分野とされるが人材は常に不足している。2020年12月現在核医学専門医は1,362名（日本専門医制度概報【令和2年（2020年）度版】による）。

なお、核医学専門医認定試験の受験資格は以下の通り。

核医学専門医認定試験受験資格

- ・医師としての臨床経験が5年以上あること
(初期研修2年間は臨床経験1年として算定されるので、初期研修2年を含む場合は合計6年以上の臨床経験が必要)
- ・日本核医学会が認定する専門医教育病院での所定のカリキュラム(日本核医学会専門医制度研修カリキュラム)に基づく核医学研修・診療歴が5年以上あること

(参考：PET 核医学認定医について)

PET 核医学診療の高い専門性を有する医師に対して認定される制度である。PET 核医学認定医は必ずしも核医学認定医である必要はない。放射性物質の安全取り扱いを含めた PET 検査に関する安全管理に習熟した臨床医を養成し、生涯教育などを通じて診療水準の向上を図り、社会に貢献することを目的として制定された。PET 核医学診療に習熟し放射性物質の安全な取り扱い、PET 検査に関する安全管理に習熟した臨床医を養成し、診療水準の向上をはかることを目的とした一般社団法人日本核医学会の認定する専門医制度である。

PET 核医学認定医を取得するには、一般社団法人日本核医学会が開催する春季大会での PET 研修セミナーを受講し、試験に合格することが必要となる。この講習は、医療法施行規則に定める「陽電子断層撮影診療に関する所定の研修」に該当している。なお、PET 核医学認定医は 1,948 名(2021 年 2 月現在)。

PET 核医学認定医の受験資格

- ・日本核医学会会員であること(会員歴は問わず)
- ・核医学診断の経験を3年以上有すること。
- ・日本核医学会春季大会で開催される PET 研修セミナー
あるいは日本核医学会認定の PET 研修セミナーに1回以上参加すること

資格取得に日本核医学会が実施する PET 核医学認定医試験に合格する必要がある。

(参考：核医学専門医と PET 核医学認定医との関係)

PET 核医学認定医の認定期間終了時に核医学専門医である者は PET 核医学認定医の資格は自動更新される。また、核医学専門医を更新する場合には PET 核医学認定医も同時に5年間更新される。

【医師のキャリアパス】

●放射線診断専門医

放射線診断専門医になるには、公益社団法人日本医学放射線学会の「放射線診断専門医制度規定」に従う必要がある。放射線科専門医試験に合格後、総合修練機関または修練機関(診断・IVR・核医学)もしくは特殊修練機関(診断・IVR・核医学)で2年間以上の研修を経て放射線診断専門医の受験資格を得ることができる。診断専門医試験は毎年1回実施され、合格者に対して診断専門医の認定証が交付される。診断専門医は「診断専門医更新規定」に従い5年ごとに資格を更新しなければならない。

●放射線治療専門医

放射線治療専門医になるには、公益社団法人日本医学放射線学会の「放射線治療専門医制度規程」に従う必要がある。放射線科専門医試験に合格後、総合修練機関または修練機関(放射線治療)、もしくは、特殊修練機関(放射線治療)で2年間以上の研修を経て放射線治療専門医の受験資格を得ることができる。治療専門医試験は毎年1回実施され、合格者に対して治療専門医の認定

証が交付される。治療専門医は「治療専門医更新規定」に従い5年ごとに資格を更新しなければならない。

●核医学専門医

核医学専門医になるには、一般社団法人日本核医学会の「専門医制度に関する規定」に従う必要がある。医師国家試験に合格後5年以上経過し、医師としての臨床経験が研修医の2年間を含んで5年以上あり、日本核医学会指定教育病院において、指導担当医の指導のもと所定のカリキュラムに基づく核医学診療並びに放射性物質安全取扱の基礎事項の研修歴が5年以上あることで、核医学専門医の受験資格を得ることができる。核医学専門医試験は毎年1回実施され、合格者に対して核医学専門医の認定証が交付される。核医学専門医は5年ごとに資格を更新しなければならない。

●PET 核医学認定医

PET 核医学認定医になるには、一般社団法人日本核医学会の「PET 核医学認定医制度に関する規程」に従う必要がある。3年以上の核医学経験歴を有し、5年以内に開催された日本核医学会の指定した研修セミナーに1回以上参加するとともにPET 核医学認定医試験を受験し合格することで認定医として認証される。PET 核医学認定医は日本核医学会が認定した研修を受講し所定の単位を修めた上で5年ごとに資格を更新しなければならない。

②医学物理士

医学物理士制度は、医学物理士の資格を定めるとともに、その質の向上と維持を図り、医学物理士の専門的地位を確立し、医学および医療の発展に貢献することを目的として制定された。なお、医学物理士は既に医師、技師などの資格を有する人材も含まれている。

医学物理士は、放射線を用いた医療が適切に実施されるよう、医学物理士認定機構が認定する医学物理学の専門家である。診断分野においては医師と連携を取り、診断的有用性と安全性のバランスに配慮し、診療放射線技師と協力し、診断装置および診断画像の品質管理・保証を行う。また、放射線診断に関する医学物理学的研究開発を行う。

治療分野においては、医師と連携を取り、治療計画の最適化を行い、診療放射線技師および放射線治療品質管理士と協力し、治療装置の品質管理・保証を行うとともに放射線治療に関する医学物理学的研究開発を行う。なお、医学物理士は、資格試験の中で放射線治療、線量測定などの専門知識が問われている。また、医学物理士は、患者体内での吸収線量に関する位置的精度と量的精度が臨床上必要な範囲に収まっていることを確認し、医師の処方通り治療が行われていることを担保する。2021年12月2日現在、医学物理士は1,371名。

医学物理士の資格を得るためには、医学物理士認定機構から認定を受ける必要があり、医学物理士認定機構が実施する医学物理士認定試験に合格した上で認定申請を行い、審査を受ける必要がある。また、一部医師の中で医学物理士の資格をとる人材はある一方、むしろ、理工学系のバックグラウンドを持つ人が多い。医学物理士は治療計画のために必要な人材で有り、放射線の選定、照射の方法などを具体化する。また、近年、放射線治療専門の治療専門医学物理士という新たな資格制度が制定された（次項参照）。

医学物理士認定医の受験資格

- 医学物理士認定機構認定の医学物理教育コースに1年以上在籍または修了した者
- 理工学系修士以上の学位を有し（取得見込みを含む）、医学物理士認定制度施行細則に定める業績評価点5単位以上を有する者
- 放射線技術系修士以上の学位を有し（取得見込みを含む）、細則に定める業績評価点5単位以上を有する者
- 医学系研究科に設置された医学物理に関する課程の修士以上の学位を有し（取得見込みを含む）、細則に定める業績評価点5単位以上を有する者
- 学歴によらず医学物理の発展に寄与したと特に認められる者
（特例措置）特例として次の各号のいずれかを満たす者に受験資格を与える。
 - 平成24年度までに理工学系学士の学位を取得し、医学における経験年数3年以上の者
 - 平成24年度までに放射線技術系学士の学位を取得し、医学における経験年数2年以上の者
 - 平成22年度までに診療放射線技師免許を取得し、医学における経験年数5年以上の者
 - 平成22年度までに、医師または歯科医師以外で医学または歯学博士の学位を取得し、医学における経験年数1年以上の者

また、医学物理士の教育カリキュラムは以下の通り。



図. 医学物理士教育 カリキュラム

（出典：大阪大学大学院医学系研究科放射線統合医学講座放射線治療学教室 HP）

医学物理士の役割

- 核医学診断や治療法の開発
- 核医学に関わる臨床研究および治験
- 上記に関する基礎基盤研究

我が国の現状では、医学物理士を目指す人材は保健学科で履修した人材が主となる。保健学科を卒業後、診療放射線技師として働いた後に医学物理士を目指す人材が多いが、診療放射線技師の免許を持っていることで病院として雇いやすくなることも要因の一つとして考えられる。本来、医学物理士の役割から考えれば、多様な分野、学科卒業生が目指すことが望ましいものと考えられる。

(参考：放射線診断医・治療医と医学物理士の現場における役割について)

主にがんを診断・治療する病院においては、医師が診察・治療適用の判断を行い、治療計画をする段階において医師は医学物理士と相談しつつ計画を進める（実態として医学物理士の活躍の場となっている）。さらに、その先の治療データのクオリティアシュアランス、制度管理などは主に医学物理士が実施しているケースが多い。また、放射線診断については画像診断、IVR、医学物理士が個々に実施。

医学物理士の業務の対象となる放射線治療は、多様な放射線を利用し、主にがんを治療する手法で、手術療法、薬物（化学）療法と同様がん治療法の一つであるが、近年、海外で顕著な成果を示しているRIの内服療法などに大きく関わりうる資格であるとともに、高度な専門性を有する資格であるため、医師の右腕として、または医師自身が医学物理士の資格を有し、線量評価をはじめ、RIの取り扱い、放射線利用に関する法的な知識を有することから、今後、我が国の医療において重要な資格になるものと期待されている。

(参考：医学物理士への期待)

2001年4月に地域基幹病院において放射線治療による誤照射事故が発生し、放射線治療の信頼性が大きく損なわれる事態が発生した。その後も外部放射線治療、小線源治療で複数の事故が報告されており、関連学術団体で構成された事故調査団の報告によれば、放射線治療の精度管理を担当する医学物理士の不在が指摘されている。また、医学物理士としての専従従事者は25%と少なく、高精度放射線治療の適切な品質管理を実施するうえで医学物理士の役割が期待される。

●治療専門医学物理士

治療専門医学物理士認定制度は、放射線治療の臨床医学物理業務を高い水準で独立に遂行する能力を有する医学物理士を治療専門医学物理士として認定することにより、放射線治療の普及・推進を図り、国民の健康と福祉の増進に寄与することを目的として制定された。

治療専門医学物理士は、医学物理士に対して与えられる資格であり、医学物理士同様に医学物理士認定機構が認定する資格である。前述の通り、日本ではこれまで核医学が治療に実践されることがほとんどないことから認定者数は極めて少なく、2021年4月現在、60名が治療専門医学物理士として認定されている。

治療専門医学物理士が持つべき能力・技能として、臨床医学物理業務を高い水準で遂行するための専門的知識と応用能力が重視される。特に、放射線治療システムの品質管理・治療計画等の基本的な医学物理業務に精通し、チーム医療の一員として放射線治療を安全・効果的に遂行し、高品質・高精度ながん治療を実施することが求められている。なお、治療専門医学物理士の資格を取得するためには、医学物理士資格取得後、医学物理士として治療分野において3年以上の臨床経験を有し、その間、放射線治療システムの品質管理・治療計画等の経験について規程の要件を満たした後、医学物理士認定機構専門試験委員会が実施する治療専門医学物理士認定試験に合格することが条件となる。

治療専門医学物理士の受験資格

- 医学物理士として認定されていること
- 申請時において、医学物理士として治療分野における臨床経験を3年以上有すること
- 申請時において専門試験委員会の委員の職にないこと

【医学物理士のキャリアパス】

医学物理士になるには、以下の4つのキャリアパスが存在している。

医学物理士へのキャリアパス

1. 医学物理士認定機構が認定する医学物理教育コースを修了
2. 理工学系の修士もしくは博士の学位を取得
3. 放射線技術系の修士もしくは博士の学位を取得
4. 1以外の医学物理教育コースで修士もしくは博士の学位を取得

医学物理士認定機構が認定する医学物理教育コースの修了者は新規認定において優遇措置が受けられる。さらに、医学物理士になるには、定められた臨床研修など所定のプロセスを経る必要が有る（次図参照）。

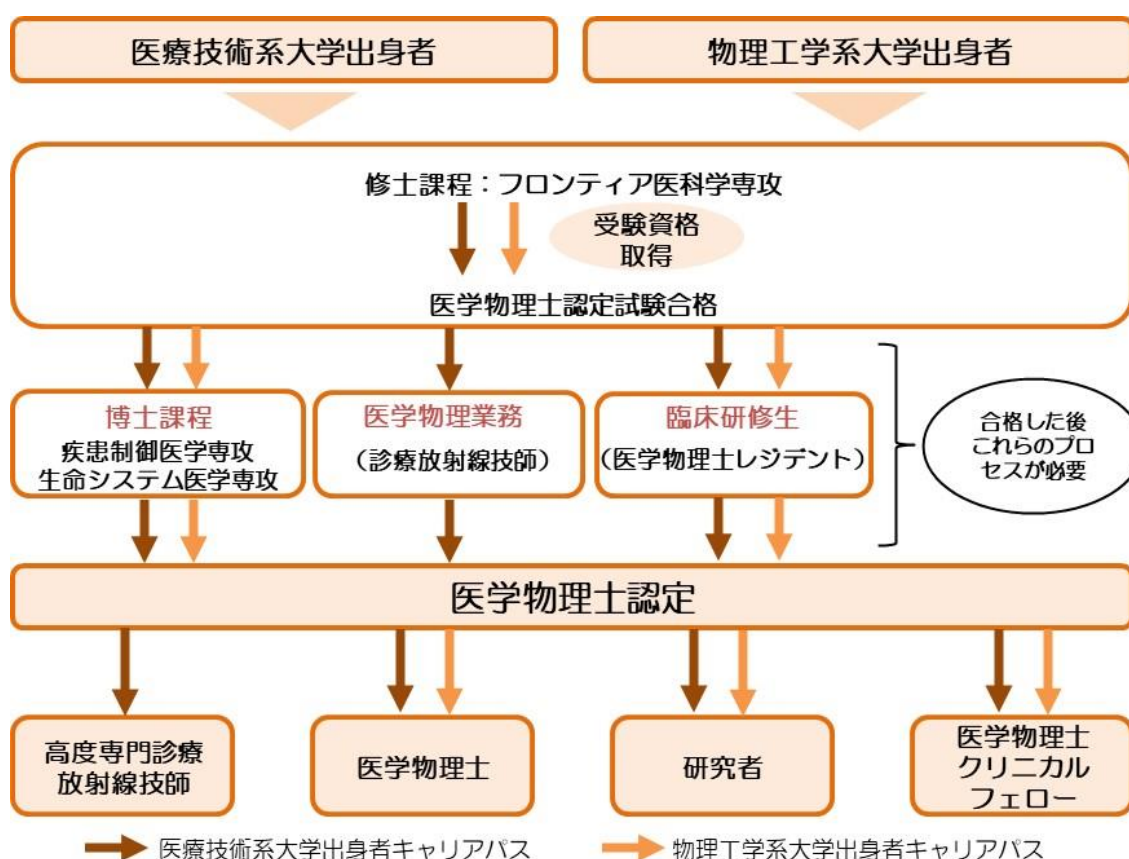


図. 医学物理士のキャリアパス

（出典：つくば大学 フロンティア医科学 学位プログラムをもとに作成）

（参考：医学物理士を巡る最近の状況）

医学物理士は、放射線医学における物理的および技術的課題の解決に先導的役割を担い、医療の向上と国民健康の増進に大きく貢献している。医学物理士は医学物理士認定機構が実施する医学物理士認定試験および認定審査に合格した者（2021年12月2日現在、1,371名）であり、多くの医学物理士は臨床・研究・教育に従事している。また、大部分は放射線治療分野に従事しており、2021年4月13日現在、特に治療に関する専門知識を有する60名が治療専門医学物理士として認定されている。

放射線治療は、手術療法、薬物（化学）療法とともにがんに対する治療法として確立している。また、超高齢化が進んだ我が国においては、QOL の高い放射線治療として重要性が増している。しかし、放射線治療への期待が高まる一方、放射線治療による誤照射事故など複数の事故が報告されている。これらの事故発生の要因として放射線治療の精度管理を担当する医学物理士の不在もしくは不足が医療関係者より指摘されている。

現在、医学物理士としての専従従事者は 25 %と少なく、多くの場合、医療現場においては診療放射線技師などの資格を得たうえで医学物理士の資格を有しており、主たる業務は診療放射線技師など国家資格に基づく業務となりがちとなることが指摘されており医学物理士としての十分でかつ適切な品質管理ができていたとは言い難い状況が指摘されている。また、医療現場における診療報酬のあり方にも関わる問題でもある。例えば、医学物理士の実施する業務が手術などの外科的な医療と比べ診療報酬の少なさなどから病院経営として選択しにくい（核医学治療など医学物理士が主として関わる医療における診療報酬では採算が取れない）という現実も指摘されている。

これらのことから医学物理士が医療現場の第一線で活躍することで、放射線治療の安全性向上、高精度な放射線治療の拡大と放射線治療の成績が向上が期待され、ひいては国民の健康が増進されることが期待される。このため医学物理士の国家資格化を求める声が多い（2022 年 2 月 1 日現在医学物理士認定者が在籍する医療機関は 207 施設 461 名）。

③技師等

RI・放射線医療に関わる専門知識を有する人材について、その役割・技能に応じて技師認定制度が設けられている。当該分野に関わる技師として主に以下の認定資格が設定されており、役割について以下に示す。

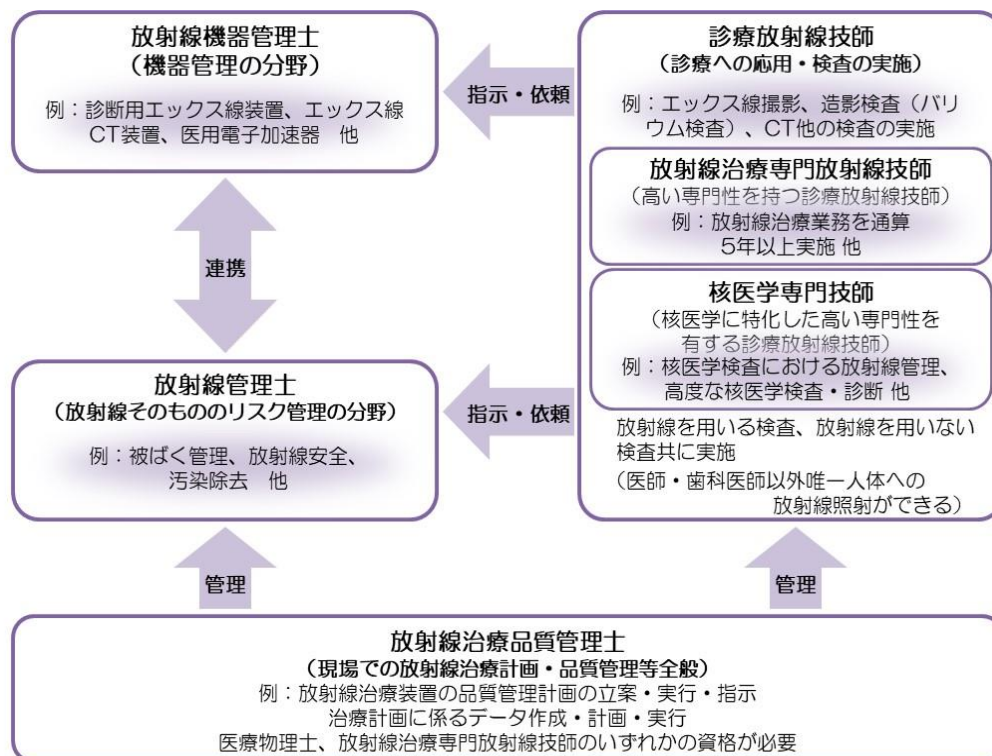


図. 放射線医療分野における技師の役割分担

（出典：各種認定機関 HP をもとに作成）

以下、専門知識、業務内容、資格取得に関わる要件・キャリアパスなどを資格ごとに示す。

●放射線機器管理士

放射線機器管理士制度は、医療施設における放射線関連機器の特性を理解し、その安全かつ適切

な利用のために性能維持と安全確保を通じて良質かつ安全な医療を提供することを目的として制定された。公益財団法人日本診療放射線技師会が認定する。また、放射線機器管理士は、医療施設における放射線関連機器の特性を理解し、機器仕様に伴う安全性確保と機器の性能維持を保証するための人材として日本診療放射線技師会が認定する資格である。

放射線機器管理士に求められる知識は、放射線に関わる関係法令、医療施設管理、医療機器管理、診断用エックス線装置、エックス線 CT 装置、医用電子加速装置、MRI 装置、核医学装置、超音波画像診断装置などに関する知識である。なお、放射線機器管理士を取得するための受験資格は特になく、e-learning による在宅講習を受講し、認定試験に合格する必要がある。

放射線機器管理士の受験資格 在宅講習の修了

なお、放射線機器管理士は、以下の業務を行う。

- ・医療施設における放射線関連機器の性能維持と安全確保により、良質な医療サービスの提供に努め、放射線関連機器ごとに必要な管理計画を策定
- ・放射線関連機器利用業務に従事するものに対し、安全確保に必要な教育訓練を実施
- ・業務の結果を報告されたときには、その内容により必要な指示を与える。

●放射線管理士

放射線管理士制度は、医療施設にて放射線の安全管理や医療被ばくの低減に努めるとともに、緊急被ばく医療へ対応できる知識や技術を身に付け、国民の安全確保に努めることを目的として制定された。また、放射線管理士は医療施設にて放射線の安全管理や医療被ばくの低減に努め、緊急被ばく医療への対応にを行うための日本診療放射線技師会の認定する資格である。

放射線管理士に求められる知識は放射線に関わる関係法令、医療施設等における放射線安全管理、医療被ばくの低減、緊急被ばく医療（基礎・実践・及び心理）、平常時の放射線に関する知識および原子力関連施設、気象学に関する知識である。なお、放射線管理士を取得するための受験資格は特になく、e-learning による在宅講習を受講し、認定試験に合格する必要がある。

なお、放射線機器管理士は、以下の業務を行う。

- ・医療施設における放射線管理・被ばく管理
- ・放射線災害や放射線関連緊急事態に対しての安全確保や汚染除去、被ばく防護。
- ・関係機関との連携および日常的な教育訓練の実施。
- ・一般市民や放射線災害発生地域住民への助言や相談対応。

放射線管理士の受験資格 在宅講習の修了

●診療放射線技師

診療放射線技師制度は、診療放射線分野において、熟練した診療放射線技術及び知識を用いて、医療安全の推進及び診療放射線技師の資質向上を図り、国民の生命及び健康の保持増進に寄与することを目的として制定された。また、診療放射線技師（通称エックス線技師、レントゲン技師、放射線技師など）は放射線診断および治療に関わる放射線被ばくの管理とともに診断に必要な画像の

撮影、放射線治療装置の操作を行う厚生労働省が認定する国家資格である。また、診療放射線技師は放射線治療に関わる機器・装置の整備・管理についても実施する。なお、日本では医師と歯科医師以外で人体に放射線を照射することが認められているのは、診療放射線技師のみである。

診療放射線技師の役割は、主に病院内においてX線撮影、造影検査（バリウム検査）、CT、MRI、超音波やラジオアイソトープ検査などの診断及び治療部門での業務を担当する。また、健診センターや検診車で企業や学校に赴き、胸部X線や胃検診、マンモグラフィ検査、骨密度検査などを行うもの診療放射線技師である。また、患者と直接接する機会が多く患者とのコミュニケーションや検査に対する丁寧な説明を行うための能力が必要となる。

診療放射線技師は、大学附属病院をはじめとする病院・診療所・保健所などの医療機関、医療機器メーカーの研究開発部門、原子力工業分野、さらには財団法人などが運営する検査施設が活躍の場となっている。診療放射線技師は特に医療現場で業務を行い、核医学の試薬の準備、ガンマカメラによる測定を実施することができる。また、ニーズは高く、特に、研究開発を行う人材としては理工系の素養を持った人材の不足が指摘されている。

なお、診療放射線技師は、以下の業務を行う。

- ・放射線を使用した業務：一般X線撮影（胸部・腹部・骨撮影等）、乳房X線撮影（マンモグラフィ検査）、X線CT検査、造影X線検査、血管造影検査、骨塩定量検査（骨密度検査）、回診X線撮影（ポータブル撮影）、核医学検査（RI検査）、放射線治療（癌治療）
- ・放射線を使用しない業務：MRI検査（磁気共鳴画像）、超音波検査（エコー）、眼底検査
- ・上記以外の業務：放射線安全管理、医療安全管理、品質管理、放射線機器の管理 など

表. 診療放射線技師の実施可能な検査

検査の種類	検査例	担当する技師
放射線を用いる検査	レントゲン、マンモグラフィ、CT、消化管造影、血管造影など	診療放射線技師
放射線を用いない検査	MRI、超音波、眼底写真*	診療放射線技師、臨床検査技師
その他の検査 (生理機能検査、検体検査)	心電図、脳波、病理、血液、遺伝子など	臨床検査技師

(出典：公益社団法人 日本診療放射線技師会 HP)

ただし、診療放射線技師が行うことができない作業として、核医学検査においてRIを人体に挿入すること（穿刺）が挙げられる（もともと放射線技師は注射できない）が、最近抜くことは認められることとなった。特に、核医学検査においては非密封線源を扱える第1種放射線取扱主任者の資格を併せ持つ人材も必要となる。なお、診療放射線技師は2016年現在54,213名である（令和2年度版厚生労働白書内「厚生労働省政策統括官付保健統計室「平成29年医療施設調査」」

(参考：ガンマカメラについて)

ラジオアイソトープ検査（RI検査）に使用する設備であり、微量の放射線を放出する薬剤を注射し、体内から出てくる放射線をガンマカメラで撮像し、画像化する。注射する薬剤の種類によって、脳血管障害や認知症に対する脳血流検査、虚血性心疾患や心筋症に対する心筋血流検査や肺血流検査、肝胆道系の肝機能検査、腸管内出血、腎性高血圧症や慢性腎疾患に対する腎機能検査、全身の骨・腫瘍・炎症等の検査、乳腺に対するセンチネルリンパ節検査、内分泌系疾患に対する甲状腺や副腎検査など、様々な部位の検査を実施することができる。

診療放射線技師試験受験者・合格者推移は、以下の通り。



図. 診療放射線技師国家試験 受験者・合格者推移

(出典：放射線技師 JOB HP をもとに作成)

診療放射線技師の受験資格

以下のいずれかの条件を満たすこと

- ・医療技術系学部などの大学を卒業
- ・放射線技術科の3年生短大を卒業
- ・3年制以上の診療放射線技師養成所を卒業

●放射線治療専門放射線技師

放射線治療専門放射線技師制度は、放射線治療に従事する診療放射線技師の専門性を日本診療放射線技師会・日本放射線技術学会・日本放射線腫瘍学会が協調して統一的に評価・認定することを目的としている。放射線治療専門放射線技師は、診療放射線技師国家資格保有者のうち、放射線治療に高い専門性を持つ診療放射線技師について診療・研修実績と試験による評価により、日本放射線治療専門放射線技師認定機構が認定する。また、この資格は、専門領域における十分な知識・経験を持ち、標準的な放射線治療技術を提供できる診療放射線技師であることを示すものである。

2018年7月31日発出の健発0731第1号「がん診療連携拠点病院等の整備について」における拠点病院指定要件においては放射線治療に関する専門資格を有した診療放射線技師の配置が望ましいとされており、放射線治療専門放射線技師は、この専門資格に該当する。また、先進医療である陽子線治療・重粒子線治療の実施体制についても、放射線治療専門放射線技師の配置が必要とされている。なお、放射線治療専門放射線技師は、2021年10月1日現在2,133名である。

放射線治療専門放射線技師の受験資格は、以下の通り（2020年11月2日時点）。

放射線治療専門放射線技師の受験資格要件

- ・診療放射線技師の免許を有する者
- ・放射線治療に関する診療業務を通算5年以上おこなっている者
- ・公益社団法人日本放射線腫瘍学会、公益社団法人日本放射線技術学会、公益社団法人日本診療放射線技師会のいずれかに入会して5年を経過した者
- ・申請時より過去5年以内に、認定単位（一般社団法人日本放射線治療専門放射線技師認定機構 認定単位表 参照）を20単位以上取得していること。（ただし、10単位以上は、一般社団法人日本放射線治療専門放射線技師認定機構が定める必須単位であること）
- ・放射線治療に関する業績を有することが望ましい

放射線治療専門放射線技師は、高度な放射線治療の実践に必要とされる領域について、専門家として一定水準以上の能力を有し、放射線治療の質の向上並びに医療安全の確保を図り、国民の福祉と社会の発展に寄与する者をいう。

なお、診療放射線技師は、以下の業務を行う。

- ・専門的な知識と技術を高め、高度な放射線治療を円滑に行う
- ・患者の全般的な安全性と快適性に配慮して、確実な位置決め照準と適切な投与線量の照射を行う
- ・放射線治療における高度な治療計画を修得し、実行する
- ・放射線治療における高度な放射線計測を修得し、実行する
- ・放射線治療における放射線治療機器、治療計画装置、および関連機器・器具等の品質保証・品質管理を修得し、実行する
- ・放射線治療分野の放射線安全管理を適切に実行する
- ・放射線治療における医療安全対策を企画・立案し、実行する

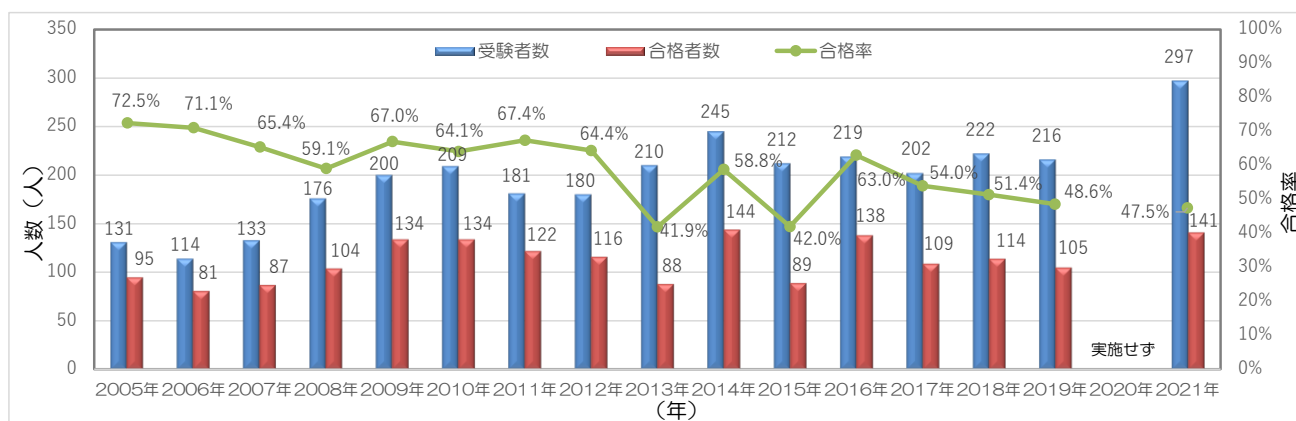


図. 放射線治療専門放射線技師 認定試験受験者・合格者推移

注) 認定者数には上記試験合格者の他に、認定制度創設時の学会等認定制度からの移行認定者が含まれます。

(出典：一般社団法人 日本放射線治療専門放射線技師認定機構 HP をもとに作成)

●放射線治療品質管理士

放射線治療品質管理士は、放射線治療品質管理機構が認定する資格である。放射線治療品質管理機構は放射線治療に関連する日本放射線腫瘍学会、日本医学放射線学会、日本医学物理学会、日本

放射線技術学会、日本診療放射線技師会が放射線治療の安全管理体制を確立することを目指して、2004 年 11 月に設立した組織で放射線治療品質管理士の認定を行っている。

放射線治療品質管理士は、放射線治療の品質管理を行う能力と経験を有する者であり、治療現場で品質管理を行う。また、放射線治療品質管理士の受験資格は以下の条件を満たし、所定の講習会を受講、認定試験に合格することで与えられる。2004 年から 2021 までの延べ認定数は 1921 名である。

放射線治療品質管理士の受験資格要件

- 放射線治療の実務経験 2 年以上 且つ 治療品質管理に 1 年以上従事した者
- 下記のいずれかの資格を持つ者
 1. 日本医学物理士認定機構の「医学物理士」
 2. 日本放射線治療専門放射線技師認定機構の「放射線治療専門放射線技師」

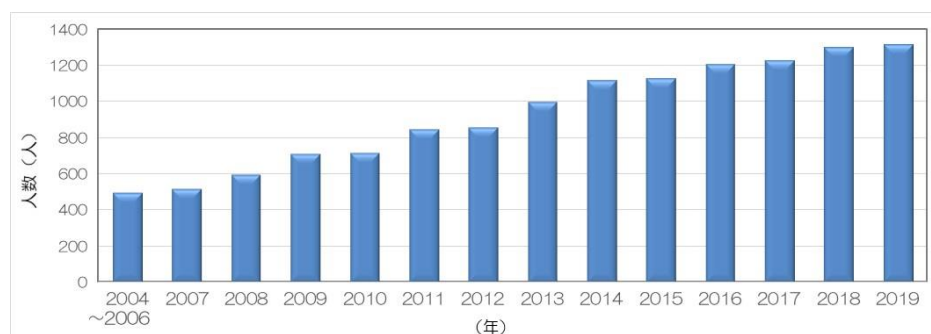


図. 放射線治療品質管理士の人数推移

(出典：公益社団法人 放射線治療品質管理機構 HP)

なお、放射線治療品質管理士は以下の業務を行う。

- 放射線治療装置の QA プログラムの立案と実行
- 放射線治療計画の QA プログラムの立案と実行
- 治療計画システムに入力するデータ作成と指示と、すべてのコンピュータ線量測定計画のチェック
- 実行すべきテスト、許容度とテスト頻度を含む治療計画の施設 QA プログラムの決定
- QA プログラムにより判明する矛盾や問題を理解して適切に対応する。
- 治療装置・治療計画装置の QA プログラムの様々な側面で他の放射線治療品質管理に携わる者と協力
- 機器導入に当たって放射線治療装置、計画装置の品質管理面からのプログラムの策定
- 機器故障後の修理終了後の品質管理の立案と実行

放射線治療品質管理士は放射線医療の現場を支える重要な資格で有り、下図の通り、大都市圏に多数の放射線治療品質管理士がおり、地域間格差が非常に大きな資格でもある。

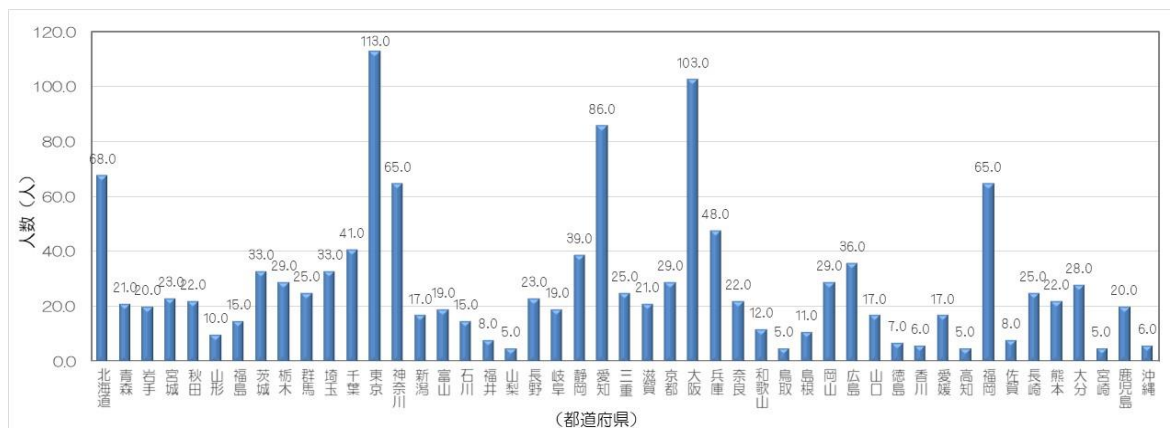


図. 放射線治療品質管理士の県別人数

(出典：公益社団法人 放射線治療品質管理機構 HP)

●核医学専門技師

核医学専門技師に認定されるためには、一般社団法人日本核医学専門技師認定機構が実施する認定試験に合格する必要がある。核医学専門技師の主な役割及び求められる技能として核医学検査における放射線安全管理とともに医療安全対策を企画・立案し、実行する能力である。また、核医学に関わる専門知識と技術を持ち、高度な核医学検査を円滑に実施することができ、核医学検査における診断、予後、治療、予防に関わる知識を有し、医師に対して科学的根拠に基づく医療情報を提供することが求められる。また、検査データの管理および検査の妥当性に関わる判断力を有すると共に、核医学検査機器、関連機器・器具などの品質管理・品質保証などを担当する。核医学専門技師は5年ごとに更新手続きを行う必要がある。核医学専門技師は 676 名（2020 年 3 月 30 日現在）。

なお、核医学専門技師は、以下の業務を行う。

- ・核医学検査の放射線安全管理や医療安全対策を企画・立案し、適切に実行
- ・専門的な知識と技術を高め、高度な核医学検査を円滑に行う
- ・核医学検査における診断、予後、治療、予防の必要性の把握
- ・核医学診断に役立つ科学的根拠に基づく医療情報を提供する
- ・医療情報として提供する検査データの管理方法および妥当性に対する判断力を保有する
- ・核医学検査における核医学検査機器および関連機器・器具等の品質保証・品質管理を修得し実行

核医学専門技師の受験資格要件

- ・構成団体への在籍
構成 4 団体（日本核医学会、日本核医学技術学会、日本放射線技術学会、日本放射線技師会）のいずれかに継続して 3 年以上の会員
- ・診療放射線技師免許保持
- ・核医学検査経験
通算 3 年以上の核医学検査の診療業務（含む教育・管理）に携わっている者
- ・学術成果
申請時からさかのぼって 6 年以内に日本核医学専門技師認定機構が別に定める認定単位を 300 単位以上取得している者。ただし、6 年間に一度は、いずれかの学会あるいは団体の全国規模の学術大会に出席していること。養成講座と PET に関する所定の研修会については、後日、修了書提出にて追加算定できる。
- ・研修成果
医政発第 0601006 号（厚生労働省医政局長通知 2005 年 6 月 1 日）に掲げられた PET に関する所定の研修を修めた者。

【技師等のキャリアパス】

●放射線機器管理士および放射線管理士

放射線機器管理士および放射線管理士の資格を取得するための受験資格は特になく、必要なキャリアパスはない。資格取得には e-learning による在宅講習を受講し、認定試験に合格する必要がある。

●診療放射線技師および放射線治療専門放射線技師

診療放射線技師は、厚生労働省が認定する国家資格である。4年生大学（診療放射線学科）を卒業するか、もしくは厚生労働大臣の指定を受ける診療放射線学科では、教育課程を修了することにより大学より1年早い3年で国家試験の受験資格を得ることができる。



図. 診療放射線技師・放射線治療専門放射線技師へのキャリアパス

（出典：公益社団法人 日本診療放射線技師会 HP をもとに作成）

診療放射線技師の認定を受けるためには、診療放射線技師国家試験に合格する必要がある。また、受験資格は、養成課程のある大学や専門学校などで3年以上知識、技能を修得した者などに与えられる（養成課程は2019年現在、14の国公立および21の私立大学に設置されている）。国家試験は毎年2月に実施されるが、近年、合格率は70%～80%で推移している。また、診療放射線技師の資格を得た後、最近では、診療放射線技師として働きながら医学物理士の教育を受けた後、病院に戻るケースもありこのようなケースは増えている。それは、医学物理士としてのキャリアパスとして採用がほとんどないことから、当面、診療放射線技師として働きつつ、医学物理士の資格を取得することでキャリアパスとしてのリスクをヘッジする傾向が見られる。

また、上図の通り、放射線治療専門放射線技師の資格は、診療放射線技師の免許を有する者であり、かつ放射線治療に関する診療業務を通算5年以上行っている者が資格試験に合格する者に対して与えられる認定資格である。

●放射線治療品質管理士

放射線治療品質管理士の資格は、実務経験と他の資格保有により認定される。実務経験として放射線治療の実務経験2年以上、かつ、治療品質管理に1年以上従事することと共に、以下のいずれかの資格を保有することが前提条件となる。

1. 日本医学物理士認定機構の「医学物理士」
2. 日本放射線治療専門放射線技師認定機構の「放射線治療専門放射線技師」

これらの条件をクリアした専門人材が講習会を受講、認定試験に合格することで放射線治療品質管理士の資格が認定される。

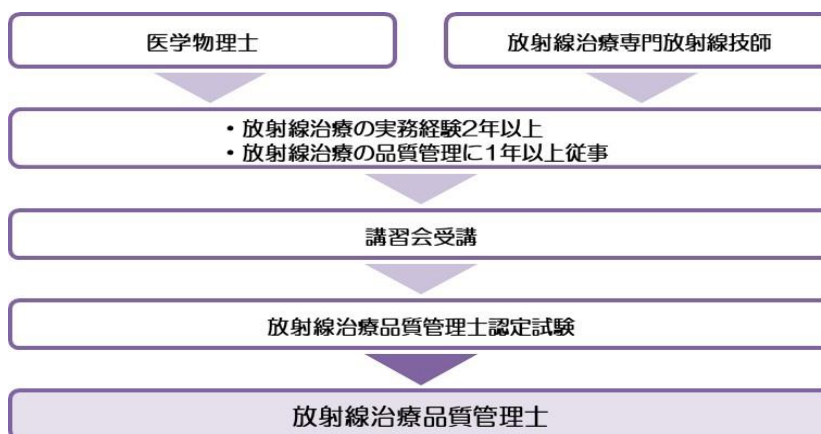


図. 放射線治療品質管理士へのキャリアパス

(出典：公益社団法人 放射線治療品質管理機構 HP をもとに作成)

●核医学専門技師

核医学専門技師は、核医学検査における放射線安全管理とともに医療安全対策を企画・立案し、実行する能力を有する専門技師であり、診療放射線技師の有資格者のうち通算3年以上の核医学検査の診療経験をもち、一般社団法人日本核医学専門技師認定機構が実施する認定単位を取得の後、核医学専門技師認定試験に合格する必要がある。



図. 核医学専門技師へのキャリアパス

(出典：一般社団法人 核医学専門技師認定機構 HP をもとに作成)

④薬剤師

RI・放射線診療に関わる薬剤師は少なく、核医学診療において人材不足が指摘されている。当該分野の専門知識を有する薬剤師として核医学薬剤師の資格が認定されている。以下に核医学認定薬剤師の役割、専門知識などを整理する。

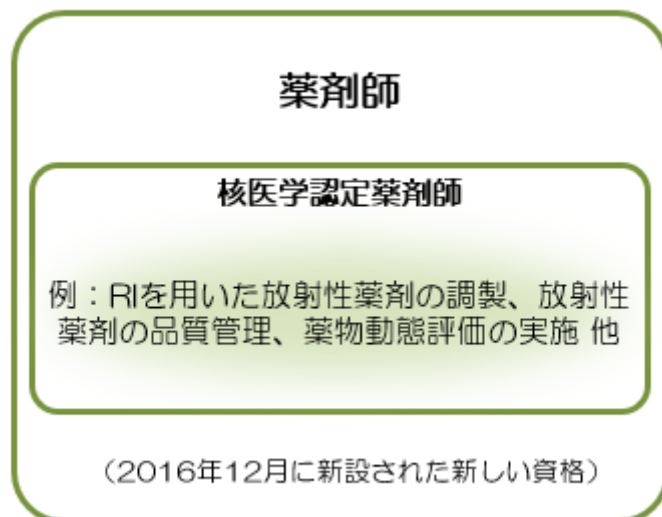


図. 薬剤師と核医学認定薬剤師

(出典：一般社団法人 日本核医学会 HP をもとに作成)

●核医学認定薬剤師

核医学の分野における薬剤製造に関わる知識・ノウハウを有する薬剤を調製・品質管理できる人材の資格として一般社団法人日本核医学会が認定する資格である。平成 28 年 12 月に発足した新しい資格制度であり、核医学の分野での薬剤調製などを専門的に実施することのできる資格である。

核医学認定薬剤師は、放射性医薬品の調製とともに品質管理、薬物動態評価などをはじめ、放射性医薬品・放射性物質の取扱いに習熟した薬剤師である。核医学認定薬剤師は 2020 年 9 月現在、69 名が認定を受けている。

なお、核医学認定薬剤師は、以下の業務を行う。

- ・放射性医薬品の調製とともに品質管理、薬物動態評価を行う。
- ・放射性医薬品・放射性物質を取り扱う

(例：PET 検査に用いる院内製剤の放射性医薬品の品質検査と共に、悪性リンパ腫治療薬「ゼパリン」、前立腺癌治療薬「ゾーフィゴ」等の核医学治療薬の登場を受け、放射性医薬品の取り扱いを行う)

核医学認定薬剤師の受験資格要件

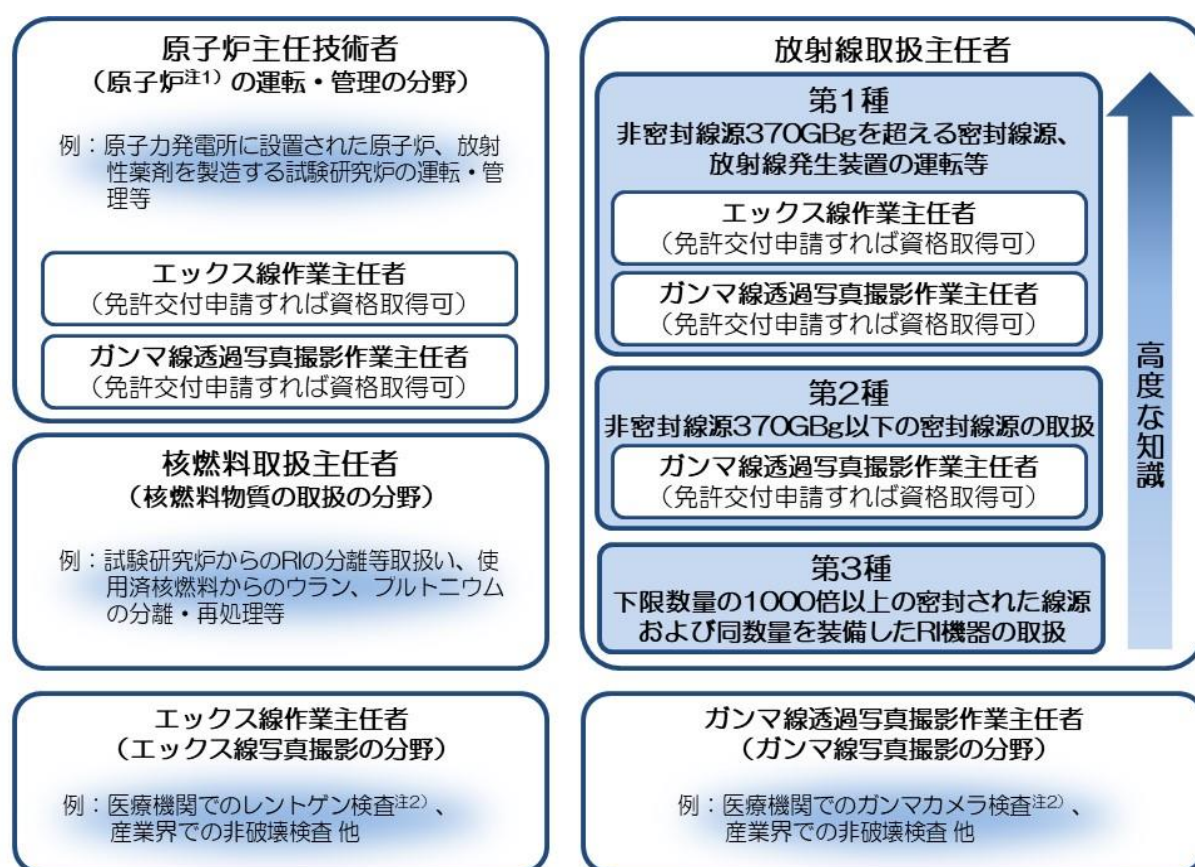
- ・薬剤師である
- ・過去 3 年間に学会が定める講習会に参加、試験に合格し、修了証を受けている
- ・放射性医薬品の調製や品質検査にかかる一定の経験を有する

海外では、放射性薬剤師 (radio pharmacist) と言われる放射性薬剤を合成する専門家が核医

学部門のある病院では必ず配属されているが、日本では当該ポストはほとんどなく、診療報酬加算や病院機能の認定要件などにも入っていないことから、病院として必要なポストとして認識されていない傾向にあるため、実際に調製する役割を担うのは大学に所属する有機化学の専門家（実際には薬剤師免許を持っていない）であることもある。また、薬剤師自体が不足している。放射性薬剤の調製に関しては診療報酬も少ないことから報酬を伴った核医学認定薬剤師を雇用する仕組みが求められている。

⑤主任者等

RI・放射線関連医療機関、研究機関、企業などにおける放射線を取り扱う業務を実施するための資格として原子炉主任技術者、核燃料取扱主任者、放射線取扱主任者、エックス線作業主任者、ガンマ線透過写真撮影主任者などの専門資格が設定されている。当該分野に関わる主任者として主に以下の認定資格が設定されており、役割について以下に示す。



注 1) 放射性物質を製造するために広く原子炉、加速器等が利用されている

注 2) 人体に照射することはできない

図. 放射線の取り扱いに関する様々な技術者

(出典：各種認定機関 HP をもとに作成)

●原子炉主任技術者

原子炉の運転に関する保安・監督を行う技術者で原子炉の設置者は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき、原子炉設置者の行う原子炉の運転に関して保安の監督を行うため、炉ごとに炉主任の選任が義務付けられている。原子炉は、発電用原子炉のみならず、試験研究炉など RI の製造に利用される原子炉についても対象となる。原子炉主任技術者は、原子

力規制委員会が定める国家資格であり、合格率は 10%から 15%程度の高度な国家試験をパスする必要がある。

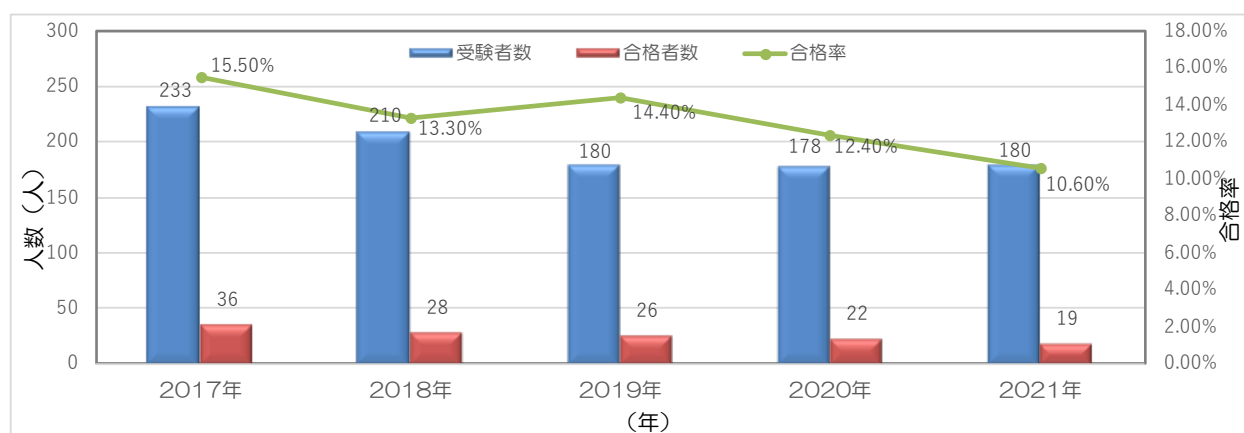


図. 原子炉主任技術者試験 受験者・合格者推移

(出典：日本資格取得支援 HP をもとに作成)

原子炉主任技術者試験は、筆記試験（一次）と口答試験（二次）で行われ、4年制大学の工学系学部および大学院で原子力工学や、原子炉工学などを専攻した受験生が一般的ではあるが電気工学や機械工学を専攻してきた人材もいる。特に、設計、解析などの分野は、大学院卒者が大半を占める。なお、筆記試験に受験資格はない。2021年の原子炉主任技術者試験合格者は19名であった。

求められる技能・知識として原子炉の管理・運転に関わる法律、原子炉の構造・原理などに関する知識、原子炉の線形、運転制御に関する知識・技能、原子炉燃料・原子炉材料に関する知識および放射線計測、放射線障害防止に関する知識が求められる。

原子炉主任技術者の受験資格要件

- 筆記試験には年齢、学歴等に制限なし
- 口答試験（二次）は筆記試験の合格者で次のいずれかに該当する者
 - ①原子炉の運転に関する業務に6か月以上従事した者
 - ②経済産業大臣および文部科学大臣が指定した講習機関等で原子炉の運転に関する課程を修了した者

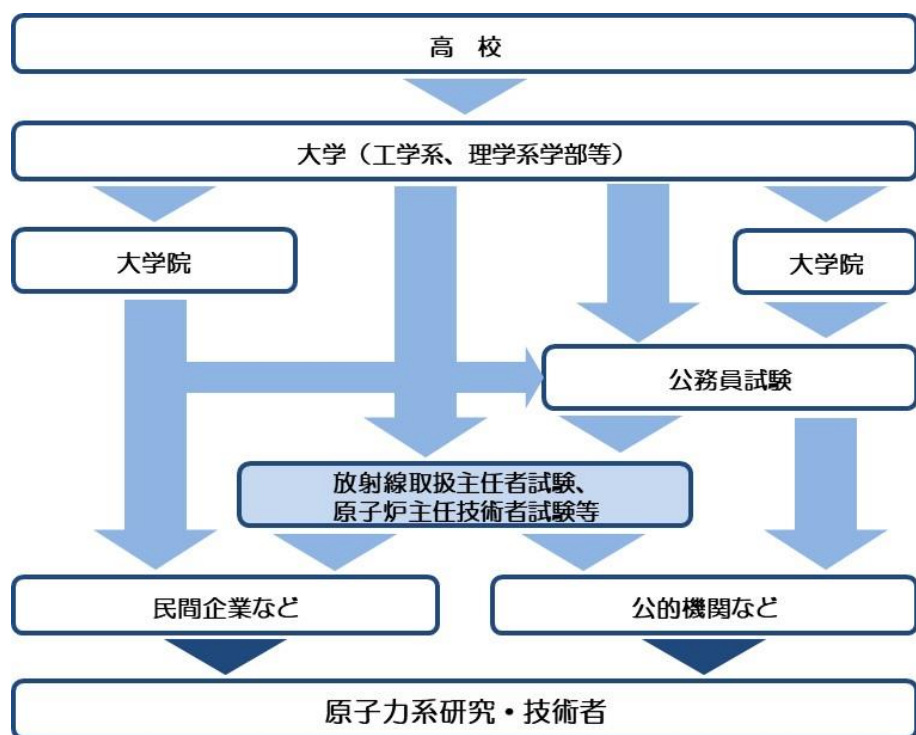


図. 放射線取扱主任者および原子炉主任技術者のキャリアパス

（出典：公益財団法人 原子力安全技術センターおよび原子炉規制委員会 HP をもとに作成）

●核燃料取扱主任者

使用済み核燃料からウランやプルトニウムを再処理加工する加工事業者や再処理事業者は、核燃料の使用に関して核燃料取扱主任者を選任しなければならないことが、原子炉等規制法で義務づけられている。核燃料取扱主任者は、原子力規制委員会が定める国家資格である。

原子炉等規制法での核燃料物質とはウラン、トリウムなど原子核分裂の過程において高エネルギーを出す物質が該当し、核燃料取扱主任者は、核燃料物質の加工および使用済み核燃料の再処理における核燃料の取扱・管理等に関して高度の専門知識と技術をもって監督・保安を行うための国家資格である。核燃料取扱主任者になるには、国家試験に合格する必要があるが、受験資格は定められてない（試験は誰でも受験できる）。受験者は毎年 100 名程度、合格率 15～20%程度の高度な試験である。なお、使用済み核燃料貯蔵事業者は、使用済み燃料取扱主任者を、廃棄事業者は廃棄物取扱主任者を、それぞれ核燃料取扱主任者の中から選任する必要がある。2021 年の核燃料取扱主任者試験合格者は 15 名であった。

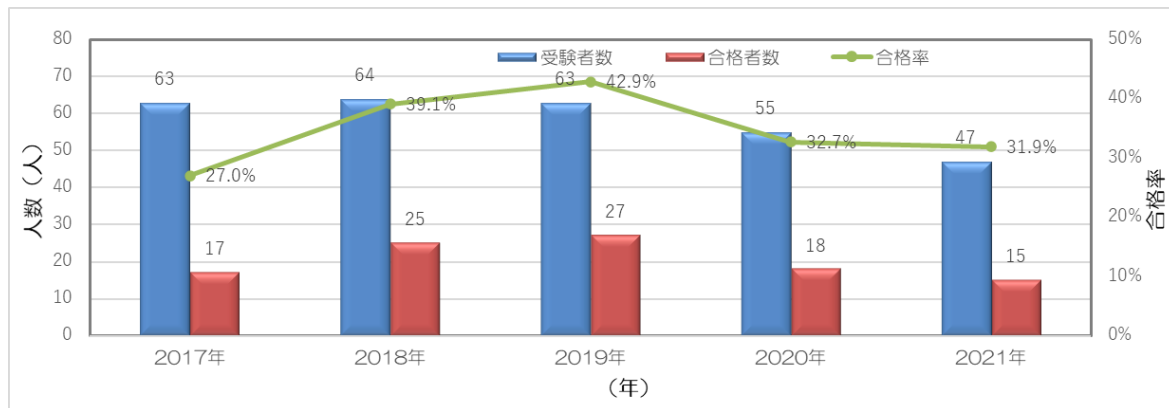


図. 核燃料取扱主任者試験 受験者・合格者推移

(出典：日本資格取得支援 HP をもとに作成)

核燃料取扱主任者に求められる専門知識

- ・核燃料物質の化学的性質及び物理的性質
- ・核燃料物質の取扱いに関する技術
- ・放射線の測定及び放射線障害の防止に関する技術
- ・核燃料物質に関する法令

教科としては、原子炉工学と放射線工学は予備知識として必須であり、物理、化学、生物学に関しては大学卒業レベルの知識が求められる。

(参考)

- ・核燃料取扱主任者は、社会保険労務士試験の受験資格を満たす。
- ・核燃料取扱主任者は作業環境測定士試験の共通科目全科目と選択科目「放射性物質」が免除となる。
- ・核燃料取扱主任者で放射性物質濃度の測定に関わる実務経験が3年以上ある場合も、前記同様作業環境測定士試験の共通科目全科目と選択科目「放射性物質」が免除となる。

なお、核燃料取扱主任者は、以下の業務を行う。

- ・核燃料物質の取扱いに関する保安・監督を行う。
- ・加工事業者および再処理事業者等、核燃料物質の取扱いに関しての保安監督を行う。

核燃料取扱主任者の受験資格要件

- ・年齢、学歴等に制限なし

●放射線取扱主任者（1，2，3種）

放射線取扱主任者は、「放射性同位元素等の規制に関する法律」に基づく放射線を発生する装置の安全運用に関する管理および現場を監督する専門職としての原子力規制委員会認定の国家資格である。放射線を発生する装置を使用する病院・工場・研究所では、放射線の漏れ等による人体への影響・事故を防ぐために、放射線取扱主任者を事業所ごとに1名以上選任する必要がある。

放射線取扱主任者の資格には、第1種・第2種・第3種の3種類があり、それぞれ扱える放射線のレベルおよび業務内容は以下のように異なる。

表. 放射線取扱主任者の取り扱い業務内容

放射線取扱主任者	取扱内容
第 1 種	業務範囲が最も幅広く、非密封放射性同位元素（液体や粉末など、飛散して放射能汚染するリスクのある放射性物質）や総量 370GBq を超える密封線源、放射線発生装置を使用する事業所や廃棄事業所、非密封線源の販売・賃貸にあたる事業所など、いかなる施設でも勤務できる。
第 2 種	総量 370GBq 以下の密封線源を扱う事業所のほか、密封線源を販売・賃貸する事業所で勤務できる。第 1 種とは異なり、非密封放射性同位元素を取り扱うことはできない。
第 3 種	放射性同位元素の数量が下限数量の 1,000 倍以下の密封された放射性同位元素、または同数量を装備した放射性同位元素装備機器を使用する事業所、販売および賃貸を業とする事業所で勤務できる。

（出典：公益財団法人原子力安全技術センターHP）

表. 放射線取扱主任者の選任区分

主任者の種別		事業者
必要	第 1 種	以下の許可使用者 ■ 非密封放射性同位元素 ■ 放射線発生装置 ■ 10 テラベクレル以上の密封放射性同位元素 許可廃棄業者
	第 2 種	下限数量の 1,000 倍を超え 10 テラベクレル未満の密封放射性同位元素の許可使用者
	第 3 種	下限数量の 1,000 倍以下の密封放射性同位元素の届出使用者 届出販売業者（取扱が非実物、取扱実物は許可届出使用者） 届出賃貸業者（取扱が非実物、取扱実物は許可届出使用者）
不要		表示付認証機器の届出使用者 表示付特定認証機器の使用者

（出典：公益財団法人原子力安全技術センターHP）

医療、工業、農業等などの様々な分野での放射線機器の利用に際して適切な種類の放射線取扱主任者の資格を有する管理者を選任する必要がある。身近な例としては、病院でのエックス線検査、ガンマカメラ（核医学検査）、CT などであり、工場においても製品の検査、厚みの検査などで放射線が利用されている。

放射線取扱主任者の資格取得要件

- **第 1 種・第 2 種**：放射線取扱主任者試験に合格する必要がある（受験資格に制限はない）。また、試験に合格した後、第 1 種・第 2 種放射線取扱主任者講習をそれぞれ受講する必要がある。受講資格は 18 歳以上。
- **第 3 種**：講習を受講することで資格取得可能

求められる専門知識・技能は以下の通り。

• 第 1 種放射線取扱主任者（5 日間の講習の内容）

- (1) 放射線の基本的な安全管理に関する知識
- (2) 放射性同位元素、放射線発生装置、放射性汚染物の取扱い、使用施設等及び廃棄物詰替施設等の安全管理に関する知識
- (3) 放射性同位元素又は放射線発生装置から発生した放射線により生じた放射線を放出する同位元素による汚染の状況の測定、放射線量の測定に関する知識

(4) 放射性同位元素等又は放射線発生装置の取扱いに係る事故対応に関する知識

・第2種放射線取扱主任者（3日間の講習内容）

- (1) 放射線の基本的な安全管理に関する知識
- (2) 放射性同位元素（密封されたものに限る）の取扱い及び使用施設等（密封された放射性同位元素を取り扱うものに限る）の安全管理に関する知識
- (3) 放射線の量の測定に関する知識
- (4) 放射性同位元素（密封されたものに限る）又は放射性汚染物の取扱いに係る事故対応に関する知識

・第3種放射線取扱主任者（2日間の講習内容）

- (1) 関連する法令に関する知識
- (2) 放射線及び放射性同位元素の概論的知識
- (3) 放射線の人体に与える影響に関する知識
- (4) 放射線の基本的な安全管理に関する知識
- (5) 放射線の量の測定及びその実務に関する知識

放射線取扱主任者の資格は包括的に放射線について知識・技能を習得するシステムであり、核医学・放射線診療の現場で求められる知識として最低限の知識と考えられる。

主任者試験受験者の傾向として、1種と2種はこの2年間、コロナ禍の影響で受講者が受験を差し控える傾向がある。

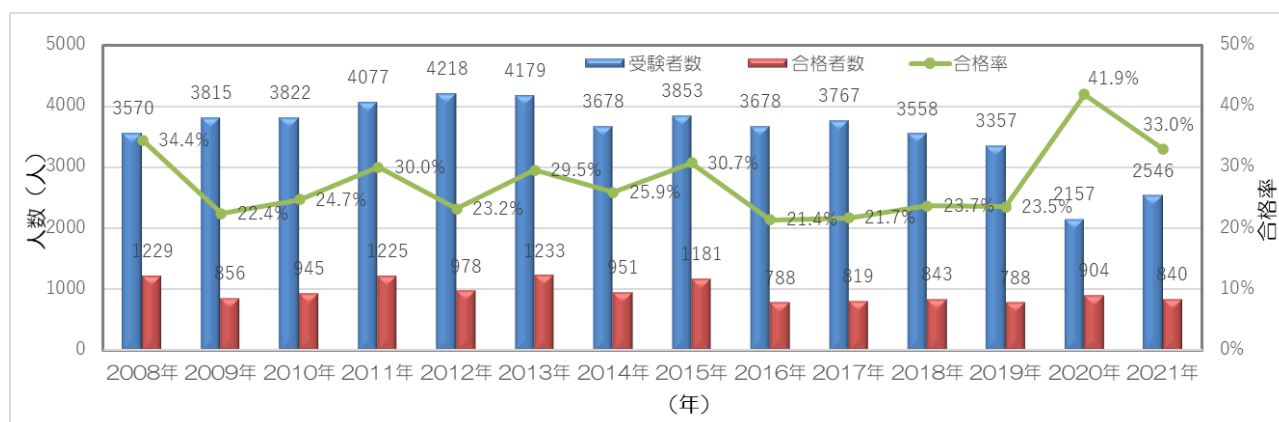


図. 第1種放射線取扱主任者試験 受験者・合格者推移

(出典：日本資格取得支援 HP をもとに作成)

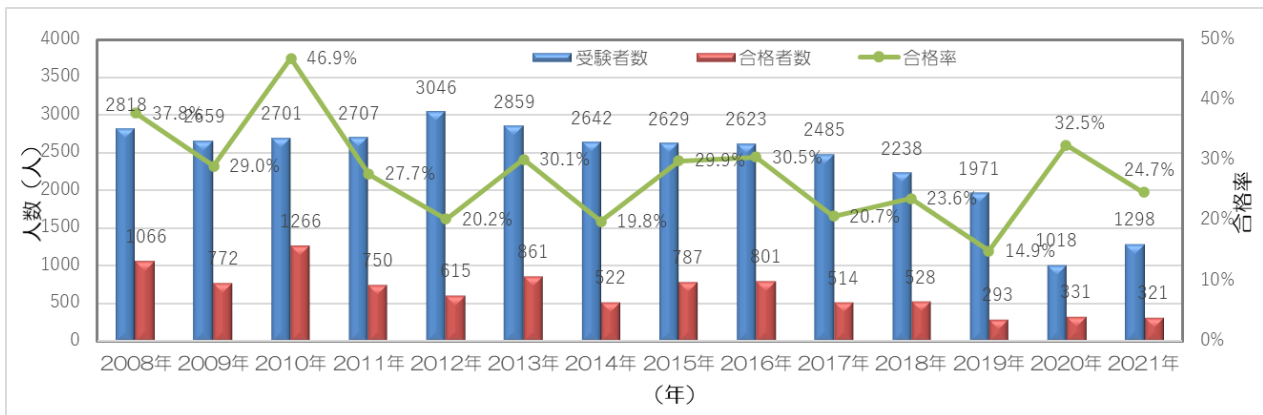


図. 第2種放射線取扱主任者試験 受験者・合格者推移

(出典：日本資格取得支援 HP をもとに作成)

放射線取扱主任者試験の受験者は、大半が業務上の必要により受験するケースと考えられる。1種の場合、概ね半数、2000名弱は放射線関連施設にて選任されることを前提とした受験であり、残りの半数が医療系の技師による受験となっており、医療系受験者数が大きなウエイトを占めている。また、受験者の最終学歴は、第1種は大学、大学院（修士）卒業が多く、第2種では大学、高校・専修学校卒業が多い。なお、2021年の第1種合格者は2,546名、第2種合格者は1,298名であった。

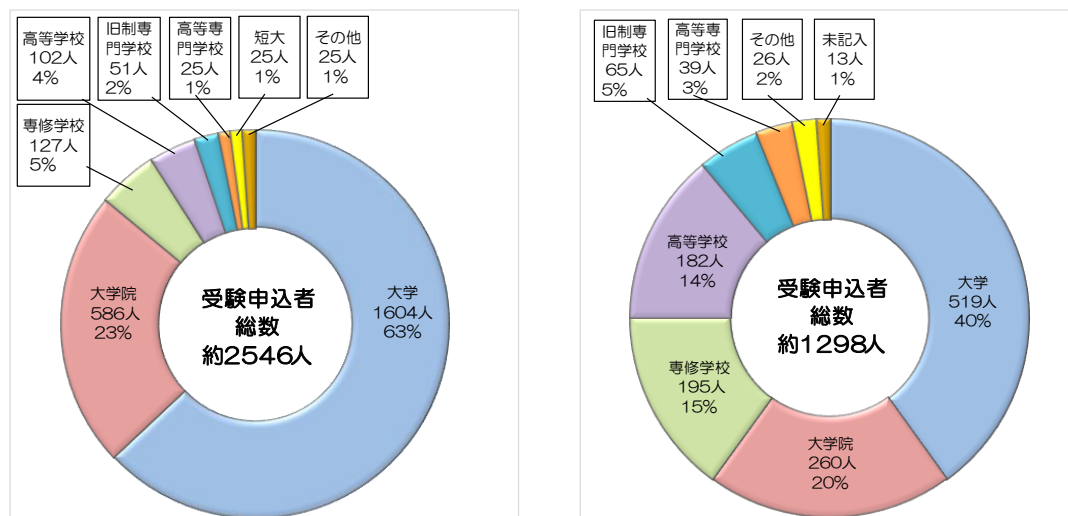


図. 放射線取扱主任者試験の最終学歴別受験状況（令和3年度） 左：第1種、右：第2種

(出典：公益財団法人 原子力安全技術センターHPの公開資料より編集)

●エックス線作業主任者

エックス線作業主任者は、エックス線が発生する装置を扱う医療機関、研究機関、企業では必須の厚生労働省所管の国家資格である。特に、医療機関においてレントゲン撮影の安全管理を担当する専門家（エックス線を人体に照射することはできない）である。また、産業界でも非破壊検査^{注)}を行う業界では、エックス線は日常的に利用されており、広く人材ニーズがある。

注) 非破壊検査：物を壊さずにその内部や表面にあるキズの状況、機器破損状況を調べる検査の手法。例えば、橋、鉄道、トンネル、ビル、鉄鋼製品、さらには鋳物、鍛造品、鉄パイプの溶接部分などにエックス線をあてることにより空洞やひび割れの有無などを確認でき、劣化の状況や完成度などを調べることができる。

エックス線装置（医療用、または、波高値による定格管電圧が1000kV以上の装置を除く）を

用いる作業を行う場合、エックス線による障害防止のため管理区域ごとにエックス線作業主任者を選任する必要がある。工場などではエックス線作業主任者は、エックス線装置を使って、製品の品質検査や溶接部位の金属疲労などを点検に携わる。

また、下記の資格を持つものは、エックス線作業主任者免許の試験を受けることなく、免許交付申請をすることで資格を得ることができる。なお、エックス線作業主任者の試験受験に関して必要となる要件はない。なお、公益財団法人安全衛生技術試験協会によれば 2020 年の試験合格者は 2,210 名であった。

試験を受ける必要のない有資格者

- ・診療放射線技師
- ・原子炉主任技術者
- ・第一種放射線取扱主任者

なお、医療分野での人体へのエックス線照射は、医師・歯科医師か診療放射線技師でなければならぬため、エックス線作業主任者は人体へのレントゲン撮影は実施できない。また、求められる知識は、エックス線の管理に関する知識、関連法令に関する知識、エックス線の測定に関する知識、エックス線の生体に与える影響に関する知識などである。エックス線作業主任者は、労働者の立入の確認や被ばく線量測定用具の点検等作業の直接指揮等を行う。

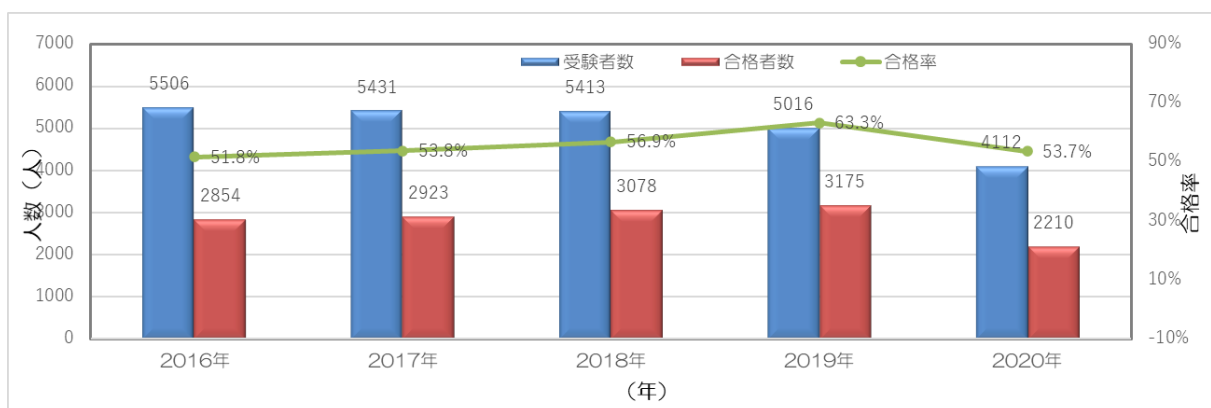


図. エックス線作業主任者試験 受験者・合格者推移

(出典：日本資格取得支援 HP をもとに作成)

エックス線作業主任者の受験資格要件

- ・年齢、学歴等に制限なし

●ガンマ線透過写真撮影作業主任者

ガンマ線透過写真撮影作業主任者は、労働安全衛生法に基づく作業主任者の一つの国家資格であり、公益財団法人安全衛生技術試験協会の実施する試験に合格する必要がある。ガンマ線はエックス線と同様に放射線の一種で選任された作業主任者は、管理区域ごとにガンマ線による障害防止に関わる職務に携わる。工場においては主に、鋳物や溶接部分の内部欠陥の検査においてエックス線ではなく、ガンマ線装置が利用される。

また、以下に該当する資格を持つものは、ガンマ線透過写真撮影作業主任者の試験を受けることなく、免許交付申請をすることで資格を得ることができる。なお、公益財団法人安全衛生技術試験

協会によれば、2020年の試験合格者は202名であった。

試験を受ける必要のない有資格者

- ・診療放射線技師
- ・原子炉主任技術者
- ・第一種放射線取扱主任者、第二種放射線取扱主任者

ガンマ線透過写真撮影作業主任者には、ガンマ線による透過写真の撮影に関する知識や関係法令、ガンマ線照射装置に関する知識、ガンマ線の生体に与える影響に関する知識などが求められる。

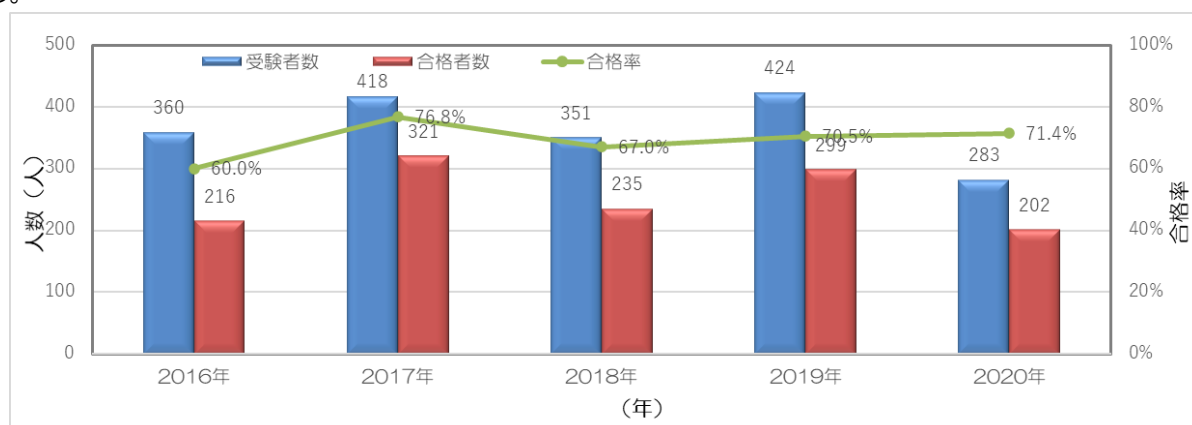


図. ガンマ線透過写真撮影作業主任者試験 受験者・合格者推移

(出典：日本資格取得支援 HP をもとに作成)

(参考：医療機関におけるガンマ線利用)

がん治療の手法として医療機関ではガンマ線ビームを集中照射させることでがん治療を行うことがある。この治療法は周囲正常組織を傷つけることなく、約 200 個の線源（コバルト 60）から出るガンマ線（ γ 線）を用いて、虫眼鏡の焦点のように病巣部に対して集中的に照射する治療法である。正常な細胞にはほとんど影響を与えず、ビームが集中する箇所のみが、まるでナイフで切り取られたかのように治療できるので、“ガンマナイフ”と言われる。

ガンマ線透過写真撮影作業主任者はガンマ線照射装置を用いて行う透過写真の撮影作業において、ガンマ線による障害防止の直接責任者として職務を担う。ガンマ線透過写真撮影作業主任者は人への撮影は実施できない。

ガンマ線透過写真撮影作業主任者の受験資格要件

- ・年齢、学歴等に制限なし

⑥看護師

本報告書では、放射線、RI の診療に直接関与する専門人材を対象としているが、患者支援という観点からがん放射線治療看護師および核医学診療看護師が認定されている。参考として、これらの専門知識と役割を整理する。がん放射線治療看護師は、主としてガン治療に関わる各種検査の内容を熟知すると共に、その副作用を理解することで予防、緩和およびセルフケア支援などを行う看護師である。また、核医学診療看護師は核医学診療が行われた患者に発生しうる副作用を理解することで予防、緩和およびセルフケア支援などを行う。

●がん放射線治療看護師

がん放射線治療看護師は、特定の看護分野における習熟した看護技術および知識を有する水準の高い専門知識を有する「認定看護師」の一分野として定められ、日本看護協会が認定する資格である。がん放射線治療看護師が業務を行う現場としては、血管造影室、透視室、MRI、CT、PET、放射線治療に関わる部署であり、がん放射線治療に伴う副作用症状の予防、緩和およびセルフケア支援・安全・安楽な治療環境の提供を主な業務である。また、2019年2月より新たに以下の次項が必要とされる知識と技術として追加された。日本看護協会の資料によると2019年現在でがん放射線治療看護認定看護師数は323名である。

(参考：2022年3月現在、認定看護師は救急看護、皮膚・排泄ケア、集中ケア、緩和ケアなど21分野が2026年度をもって教育終了の予定であり、また、新たに感染管理、がん薬物療法看護、緩和ケアなど従来分野も含めた新たな認定看護師制度が2020年度から開始されている。がん放射線治療看護師も2020年度から新設された認定看護師のひとつ)

なお、がん放射線治療看護師は、以下の業務を行う。

- ・放射線治療を受ける患者の身体的・心理的・社会的アセスメント
- ・再現性確保のための支援
- ・急性期及び晩期有害事象に対する症状マネジメントとセルフケア支援
- ・医療被ばくを最小限にするための放射線防護策、安全管理技術

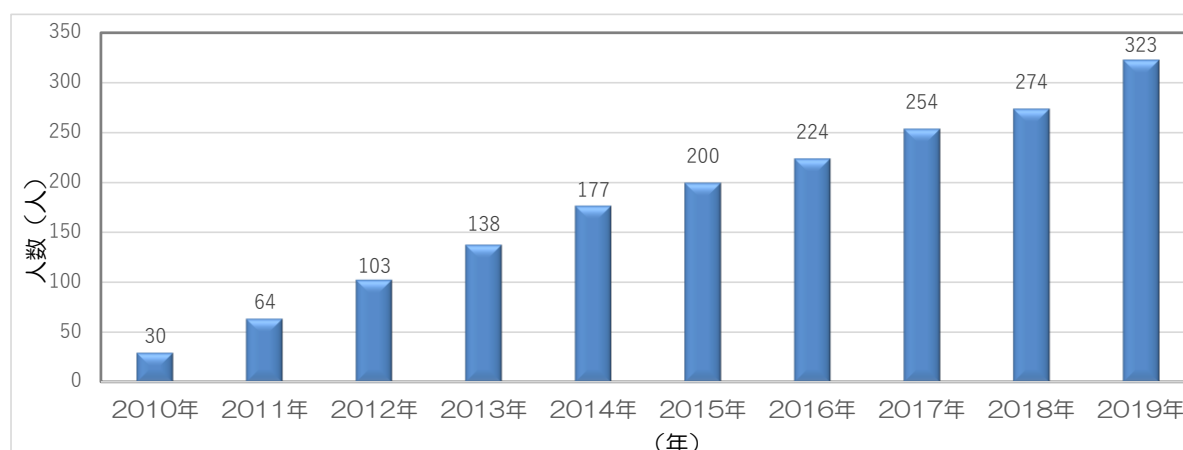


図. がん放射線治療看護認定看護師数推移

(出典：公益社団法人 日本看護協会 HP)

がん放射線治療看護認定看護師の受験資格要件

- ・日本国の看護師免許を有すること
- ・看護師免許取得後、実務研修が通算5年以上あること
(うち3年以上は認定看護分野の実務研修)
- ・認定看護師教育機関入学・修了
- ・認定看護師認定審査

がん放射線治療看護師は、特定の看護分野における習熟した看護技術および知識を有する水準の高い専門知識を有する「認定看護師」の一分野として定められ、一般に認定看護師のキャリアパスは、以下の通り。

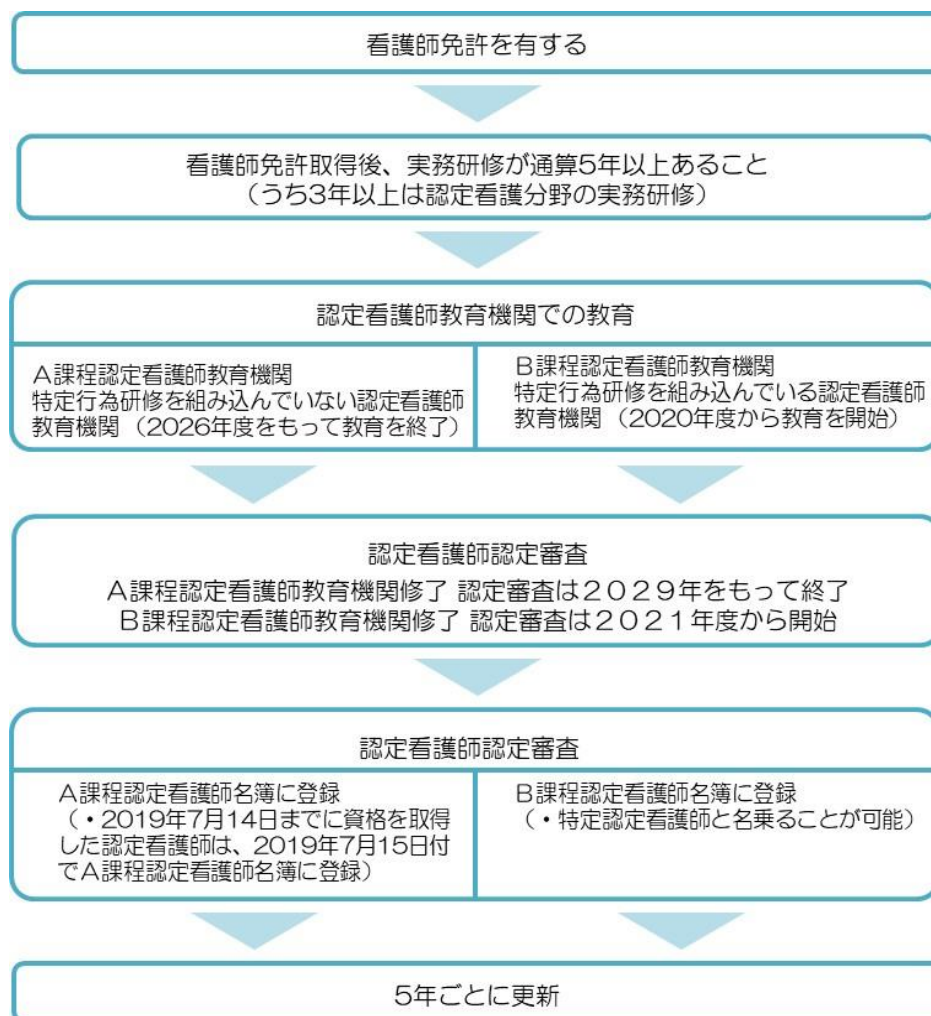


図. 認定看護師へのキャリアパス

(出典：公益社団法人 日本看護協会 HP)

●核医学診療看護師

核医学の分野における看護師の知識・ノウハウを有する専門看護が実施できる人材の資格として一般社団法人日本核医学会が認定する資格である。2015年12月に発足した比較的新しい資格制度であり、核医学分野の裾野が少しずつ広がりつつある。本資格は、核医学における看護に優れ、放射性物質の安全取扱いに習熟した看護師を養成し、核医学診療における看護水準の向上を目指すものである。なお、核医学診療看護師の資格を有するものは、日本核医学会によれば2020年9月現在312名。

なお、核医学診療看護師は、以下の業務を行う。

- ・放射性薬剤 (FDG) の投与
- ・検査の流れの説明・ご案内
- ・介助が必要な方へのサポート
- ・検査室の環境整備

核医学診療看護師の認定を受けるための資格要件を以下に示す。

核医学診療看護師の受験資格要件

- 学会の会員（会費完納）である
- 看護師、准看護師、あるいは保健師の資格を有する
- 核医学診療に携わった経験を有する
- 学会が定めるセミナーに参加、試験に合格し修了証を受けている
（学会春季大会核医学基礎セミナー看護師コースがこれに相当）
- 認定申請時に過去3年間に5単位を取得している

なお、認定看護師の資格を得るためのキャリアパスとして以下が規定されている。

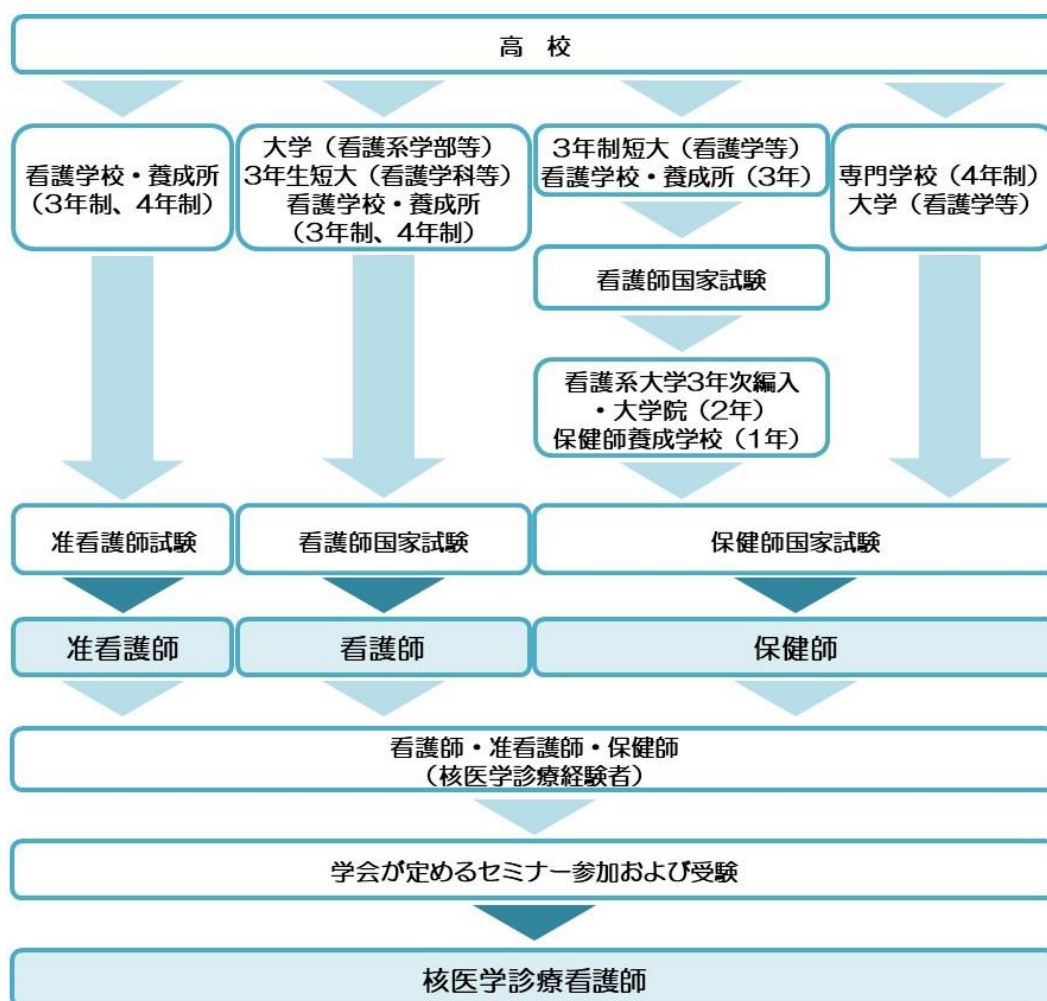


図. 核医学診療看護師キャリアパス

（出典：一般社団法人 日本核医学会 HP）

参考資料2：ヒアリング関連資料

(1) ヒアリング実施結果

表. ヒアリング実施結果（実施順・敬称略）

番号	区分	ヒアリング先	実施日
①	機関	日本核医学会	1月28日（金）
②	機関	国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（QST）高崎量子応用研究所	1月28日（金）
③	有識者	高野 祥子	2月2日（水）
④	機関	日本医学物理学会	2月2日（水）
⑤	有識者	飯本 武志	2月2日（水）
⑥	機関	日本メジフィジックス・日本放射性医薬品協会	2月3日（木）
⑦	機関	公益社団法人日本アイソトープ協会	2月7日（月）
⑧	有識者	鷲山 幸信	2月7日（月）
⑨	有識者	横山 須美	2月9日（水）
⑩	機関	国立研究開発法人 国立がん研究センター中央病院 放射線治療科	2月9日（水）
⑪	機関	原子力安全技術センター	2月9日（水）
⑫	有識者	細谷 紀子	2月9日（水）
⑬	機関	国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（QST）量子医科学研究所	2月14日（月）
⑭	有識者	篠原 厚	2月14日（月）
⑮	有識者	秋光 信佳	2月15日（火）
⑯	機関	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構（JAEA）	2月15日（火）
⑰	機関	富士フイルム富山化学株式会社	2月21日（月）
⑱	機関	株式会社アトックス	2月21日（月）
⑲	機関	株式会社千代田テクノル	2月28日（月）
⑳	機関	株式会社日立製作所	3月8日（火）
㉑	機関	日本医学放射線学会	書面回答

(2) 議事録

① 【機関】日本核医学会

議事録

- 日 時：2022 年 1 月 28 日（金）13：00 ～ 14：00
- 場 所：Web（Webex）
- ヒアリング機関、担当者名：一般社団法人 日本核医学会 理事 絹谷清剛氏
（金沢大学医薬保健研究域医学系核医学教授）
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
實國 慎一（参事官）
菊池 久美子（参事官補佐）
下村 智子（参事官補佐）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
坂井 識顕（企画部長）
(株)ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●核医学分野の人材不足について

核医学を専門とする医師は、専門医が現在 1,350 名ほどである。大多数は核医学診断のみを行う人たちであり、核医学治療を行っているのはおそらく一割もないと思われる。そのため、核医学治療の半分ほどは、外照射を行っている放射線治療医達が実施しているのが現状である。治療の分野では人材不足に陥っている。

医師のみならず、看護師も高線量で働くことになるが、専門知識が必要であるとともに、なり手が少ない。治療施設でのトラブルもあり、技師の方々の知識も十分でないと感じている。また、技師の人材も不足している。

●海外の人材状況

海外では核医学の治療を行う人材は国にも依るが人口あたりで日本の 10 倍程度存在すると考えられる。このような現状で日本の核医学治療の分野は海外に比べても遅れを取っていると言わざるを得ない。これまで日本では核医学治療の分野はなかったに等しい。

●RI の輸入について

日本国内の治療に関する RI は 100%輸入に依存している。この点について国が関与して下さることは有難い。

●人材不足の原因

日本の法体系が複雑であることが一つの要因である。通常の医療行為だけであれば医療法で対応可能であるが、現場では、放射性医薬品が関わることで原子力規制庁管轄の障害防止法（RI 法）が関わってくる。また、従事者の被ばくの問題、輸送を考えても複雑な法体系があり、ややこしい。

核医学治療に対する診療報酬が少ない。全国で核医学治療のための放射線治療病室を持っている病院は全国でたかだか 60 施設程度、ベッド数は 150 床程度しかないことに加え、稼働するための費用が掛かることから閉鎖するところが出てきている。診療報酬では施設が維持できない。このようなことからなかなかこの分野で働く人が育たない。

●企業につながっていない

核医学治療が開発されても、企業がついて来ない。ちなみに、当該分野で事業を進めている企業としては放射性医薬品を製造する企業として富士フイルム富山化学、日本メジフィジクスが挙げられる。また、住友重機や日立は加速器を利用した放射性核種製造に深く関わっている。昨今は、一般製薬メーカー（いわゆるメガファーマ）が核医学治療の有用性を認識して参入するようになってきているが、日本の法体系の複雑さ故に、世界的な大規模 3 相臨床試験に我が国が加わることができない。そのために、海外に自費で治療を受けに渡航する事例が非常に増えている。

●学生への教育の課題

学生が意識を持ってもらうための活動も必要。大学内で、核医学を教える機会が少ない。金沢大学では核医学を教える機会が他の大学より多いが、一般には通常の授業の範囲では学生に伝え切れていないと感じている。

実習・現場での学習が重要であるが、限られた大学（北海道大学、大阪大学、金沢大学）で行われている程度。

●最近の動向

昨年承認された核医学による医薬品が厚生労働省によって認可された。これはスティーブジョブズが使用した薬であるが、非常に効果的な薬品である。国内では前立腺癌がんの治療で西郷輝彦氏がオーストラリアでの治療について報告している（You Tube にて）。学生などにこのような効果のある核医学の医薬品の話をする事で学生は興味を持ってくる。このように学生が食いついてくれる素材・教材がこれまでなかったが、このような新薬が承認されたことで学生が感心を持ってくれることも人材育成にとっては重要な要素である。ここ 2、3 年の傾向である。

このような事実を知ること、放射線診断の医師で核医学治療をやりたいという方も出てきている。

●RI の国産化について

アルファ線を出すアクチニウム 225 は 3、4 年前に治療のデータが公開されたが、非常に効果的な医薬品である事が証明された。このことから、今現在世界的にこの RI の供給が追いつかない実態がある。

米国ではこのような需要に対して DOE が中心となって大型加速器を利用してアクチニウム 225 の生産を始めた。さらに高速炉を活用した RI の大量生産を開始する方向に動いている。日本には常陽など高速炉が存在するので、このような試験炉を利用した RI 製造に向けた動きが出てきている。日本には高速炉の技術があるので、RI 製造の分野で先進的な取り組みを行う素地がある。しかしながら、このような施設稼働を担う専門家養成が、進んでいないのが現状であろう。特に、原子炉の専門家になろうとする若者は、福島原発の事故以降、あまりいないのではないかと推察する。

●核医学治療を実施するための人材確保

看護師への教育は我々ができるが、最も重要な点は核医学治療の世界で医学物理士が日本にはいないということである。国家資格になっていないことが原因の一つと考えられる。大学でも教育が不十分な領域であるが養成が必要である。

●線量計算の重要性と人材不足

世界的に病巣にあたる線量と正常組織にあたる線量の評価が重要になってきている。線量計算は専門分野で有り、海外では専門家がケースごとに正確に評価を行っているが日本ではほとんど行われていない。研究的に医師が行っているのであるが、医師は線量計算の専門家ではないので既存のソフトウェアを用いた一般的な評価しかできない。専門知識を持った人材（医学物理士）は金沢大学の病院でも居ないが今後核医学治療を広げていく上で重要な人材の一つである。

一方ヨーロッパ、アメリカは病院の中でこのような評価を行う物理士が何人も居る。

●診療報酬の課題

この領域に日本では診療報酬がなかなか付けられないのでこれをやる人が居ない。今現在この重要性が少しずつ理解され、診療報酬も少しずつ付けられるようになってきているがまだ大きな課題である。医学物理士介入による線量評価を行って、治療の精度、安全性を高めたとしても、それが診療報酬に繋がらない現実がある。

例えば外科の先生が手術を行った場合それに対する手技料が付くが、線量評価は医療行為の一部として重要であるにもかかわらず手技料のような診療報酬が付けられない。放射線管理料という別の名目での診療報酬となっているが、これだけでは施設からの排水や RI 廃棄の費用を捻出することができないことに加え、人的コストのカバーも十分とは言えない。現在は以前に比べ少しずつ理解してもらいつつあるので、不足部分をさらに考慮していただきたい。

●キャリアパスの課題

まだ、核医学治療の世界でのキャリアパスも確立していない。専門人材を育てるための仕組み・制度は必要だが、職種によってやり方は異なる。

まず、学生に情報伝達すること、また学生が興味を持ってくれても専門医制度は複雑な制度であり、専門医機構がその専門医制度を司っているが核医学専門医の立場が宙ぶらりんになっている。

現在その制度は階層の構造になっており、この分野での 1 階部分は放射線専門医である。その 2 階には放射線診断専門医、放射線治療専門医というサブスペシャリティ専門医がある。現在、カテーテルを使うような治療のサブスペシャリティ領域が認められる方向で議論されているが、核医学専門医というのは 1 階部分の放射線専門医に乘せにくい。それは、2 階の放射線診断専門医の中にも、放射線治療専門医の中にも核医学専門医が含まれることから、これらの専門医と横並びに核医学専門医という資格が設定しにくい。また、内科医、脳神経外科医のような他分野の人材で核医学専門医を有する方もいる。このような背景から、核医学専門医は専門医認定機構専門医をはずせず、学会認定専門医のままとする議論の方向にならざるを得ない。このことが、これから専門医をとろうとする若い人たちにマイナスの影響を与えないかと危惧している。

●地域ごとに決められた専門医の数

さらに、核医学専門医が増えない理由として地域ごとに専門医の数が決められてしまったという

事実が挙げられる。核医学の分野は放射線の中に含まれるので放射線科専門医の数で上限が決められてしまう。そのなかで宙ぶらりんとなっている核医学専門医を選ぶ医師はなかなかいない。このようなシーリング政策が核医学診療にとっては逆風となってしまった。

●新たな資格の存在

核医学認定看護師、核医学認定薬剤師という資格が近年でき、核医学の分野も少しずつ裾野が広がりつつある。また、医学物理士という国家資格は現在日本にはないが、厚生労働省、文部科学省にその重要性を理解して頂き、大学の講義の中でしっかり教育を行う必要が有る。また、このような資格を有するコメディカルが医療に関わることに對するインセンティブを考えてほしい。

●放射線治療と核医学治療の違い

放射線治療は身体の外から放射線を当てることに對して、核医学治療では放射線源を身体の中に入れて治療を行うもの。放射線を使うと言う面では同じだが、RI を体内に入れる点で放射線治療とは異なる。よって、人体、臓器への放射線の影響などの線量測定および評価が核医学の治療では一層重要となり医学物理士の役割が大きくなる。現状では、放射線治療ではすでに医学物理士の関与による線量評価の重要性が認識されており、診療報酬の面でも考慮されているが、核医学治療ではこのようなことになっていない。

●当該分野の委員会の継続

このような現場の声を吸い上げる国の委員会の存在は非常に重要であり、今後もしっかりその委員会活動を続けて頂きたい。その議論がない限り国内の状況は改善されていかない。出口を想定しつつ議論を続けて頂きたい。

●海外・異分野との連携の必要性

アメリカ、ヨーロッパ、オーストラリアでは国の原子力分野との連携がしっかり行われている。具体的には、医療の現場から、「このような RI を作ってください」というニーズが挙げられて、それに対して物理の専門家が「こうすれば作れるはず」という作り方を考えてくださる。そして、エンジニアはそれを作るには「どのような装置が必要だ」と言うことを具体化する。このような仕組みのなかでアメリカ、ヨーロッパ、オーストラリアでは核医学治療が進められている一方、日本ではまだそのような連携が皆無でとは言えないまでも、著しく希薄である。

残念ながら日本には米国の DOE に相当するようなとりまとめをする機関がないことも要因のひとつ。

原子炉で医薬品を作るにしても、原子力行政・立法に関わる人、原子炉を動かす人、化学をやる人（医薬品を作る人）が頭を付き合わせて方法を考える必要がある。特に日本では行政・立法の面で欠けていると感じている。

●RI の国際間取引

国際的な連携が重要なテーマとして RI の輸出入がある。今日本は 100% 輸入しているが、このような仕組みは OECD で議論されている。診断で使うテクネチウムを生産する材料としてモリブデンが必要であるが、これは国が関わっている原子炉で生産したものを生産コスト以下の価格で医療現場に提供して頂いている。

OECD や IAEA の中ではこのようなやり方では事業として成り立たないという議論が行われてい

る。しかし、経済性を加味すると医療コストが跳ね上がるという現実もある。

●海外との連携の必要性

このような RI の製造、供給について事業性を勘案した供給体制の構築については日本だけでなく、世界と連携して推進していく必要が有る。日本ではアイソトープ協会が中心となって進めている。

【内閣府からの質問に対する回答】

質問： 認定制度について、核医学専門医などは少ないが今後増えていくのか。

回答： 各種認定制度が有るが、核医学専門医、技師などはゆっくりであるが増えていく傾向である。

質問： 資格はあるけれども有資格者が現場で登用されないなどのことがあるのか。

回答：

- ・文部科学省の関わる資格制度と現場のニーズのズレが生じることがあるが、医学物理士が今のところ国家資格になっていないことから、資格制度と現場のニーズをどう一致させるかが今後の課題。特に大学の出口として国家資格を与えることが学生の活躍の場を提供することになる。
- ・医学物理士の国家資格が確立すれば、その方々の役割・機能を厚生労働省に説明の上、診療報酬を付けて頂ける様をお願いします。診療報酬がつくようになれば、医療現場で医学物理士が活躍できるようになる。最初の出口がまだ上手くできていないと認識している。

質問： 人材育成の面でできる手立てはあるか。

回答： 人材育成の面から企業につながらないと言う課題は、むしろ放射性医薬品メーカーの体力の問題ではないか。2 社提示したが決して大きな企業ではなく、新たに開発し、実用化しようとするに相当な体力が必要。また、日本のアカデミアが開発したものを企業に移転して市場で商売として成立させるためには企業規模等の課題があり、必ずしも企業にとって魅力あると捉えられないケースもあるだろう。国内のメガファーマーが徐々にこの分野に目を向け始めているが、メガファーマの日本部門は、海外で開発されたものを国内開発につなげる方向のものがすべてである。

質問： アイソトープニュースの記事で理工学出身者が核医学に進んだという記事を見た。理学部門へのアプローチは実施しているか。

回答： 核医学の分野から理工学の分野へのアプローチは以前から行っている。また、核医学の分野が日本で遅れていることは理工学の分野の方との共通認識でもあった。理工学の分野の人は加速器の技術の生き残りのための有用な分野の一つとして医療分野に目を向けてきている。

以上

② 【機関】 国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（QST）

議事録

- 日 時：2022 年 1 月 28 日（金）14：00 ～ 15：00
- 場 所：Web（Webex）
- ヒアリング機関、担当者：国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（QST）
高崎量子応用研究所 石岡典子氏
（放射線生物応用研究部部長）
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務協 原子力政策担当室
實國 慎一（参事官）
菊池 久美子（参事官補佐）
下村 智子（参事官補佐）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
坂井 識顕（企画部長）
（株）ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●人材確保の現状

組織全体として予算が減少しており、RI 製造関連では、定期的な人材補充がなくなってしまう、定年制職員を増やすことがたいへん困難な状況である。突発的な人材募集に対応するため、日頃から学会などに参加し、採用の目星を付けている。

RI 医療応用プロジェクトには、RI を製造する専門家、RI 標識化合物を合成する（薬剤候補）専門家、RI 薬剤化に向けた生物評価の専門家、臨床に向けた線量評価を実施する専門家がおり、RI 薬剤開発というプロジェクトを 4 つの専門分野から推進している。プロジェクトが小さいので、各々の専門家はほぼ 1 名ずつということである。

数年前に上記の専門家が揃い、専任で研究ができるようになった。これまでは、研究者が複数の専門分野を跨いで研究を進めていた。

●アルファ線源 RI の活用分野の人材不足

体内にアルファ線源を入れた癌の治療を行うための薬剤の開発を行っている。この分野での人材は常に不足している。以前から増やさなければいけないと考えてきたが、良い方策がなかった。アジア諸国と比べても、日本はこの分野は遅れていると認識している。

RI 製造研究が盛んであった世代が次々と引退し、現在、石岡先生の年代の方が本分野を支えているが、引退してしまうと後継者がいないことが危惧される。技術の継承をするためには、今が間に合うギリギリのタイミングと考えていることから、当該分野で人材確保を積極的に進める必要がある。この技術の伝承は非常に重要。

●人材不足の原因

RI を核反応で製造するのは放射化学という分野である（大阪大学篠原先生（現 大阪青山大学）

が当該学会会長。2021 年 3 月退官）が教授退官後の研究室の継続が途絶えつつあり、どんどん減少する傾向にある。放射化学を学んだ学生がこの分野で活躍してくれる人材であるが、研究室も減り、現存する研究室でも学生が減ってきている。ドクターコースに至っては、外国人が増えており、国内での就職希望者も減少している（売り手市場の現状）。

●キャリアパスについて

当プロジェクトに配属すると、まずは第一種放射線取扱主任者という国家資格に挑戦してもらう。物理、化学、生物、法令の全ての知識が必要であり、今後の人材育成の面でもこの資格を取ってもらうことがキャリアパスを考えるうえでも必ずプラスになる。ロールモデルが身近にいると考えやすいが、専門分野が異なるため、各自にあったキャリアパスが必要。

●関連分野の人材不足の現状

RI 医療応用研究プロジェクトにおける人員は、研究者 5 名に対して技術職 1 名である。その他、専門業務員（アルバイト）、民間企業への役務契約（定常的な RI 製造業務）により、何とかこなしている状況である。長年の人材不足により国外の研究機関に比して研究の進展に遅れが生じている。現在、この分野に風が吹いていると感じている。RI 製造に関して国がアクションをし始めた。ようやく海外の様に、国が後押ししてくれているという感覚が芽生えてきたところである。

●海外との連携・他分野との連携

海外とコラボしている研究は今のところはない。しかし、研究員は海外の大学に留学させてノウハウを学んで来るような取組みをしている。海外とのつながりは重要である。海外の研究者も受け入れられるような国際的な研究室になりたい（国内からの人材補給が難しいことは分かっている）。

文部科学省（MEXT）国費外国人留学生奨学金制度があるので、この制度を活用して受け入れを進めており、マンパワーとして活用してきた。

一方、ここ数年、採用人員が激減しており、要望してもほとんど採用されなくなってしまう困っている。

工学部との医工連携が多い、特に RI を標識するために工学部の有機合成の研究室と共同で研究開発を行っている。

薬学部との共同研究では、RI 製造、薬剤設計と双方の得意分野を活かしつつ、RI 薬剤開発を進めている。

●留学の成果

留学の成果としては国際的なネットワークができることが重要。相談する相手、視野が広がり、様々な価値観や世界観を身に着けることができる。留学先で知り合ったポスドクが米国 DOE の職員になったり、と国際的ネットワークの広がりが期待できる。

●人材確保の工夫

この分野には異なった分野からも参入してもらいたいと思っている。他分野の人であっても職を探しているときに面白そうだなと思ってくれるような分野になりたい。国が動いてくれていると専門外の人にも目に付く機会が増えるので期待したい。見せ方はこれまで十分ではなかったと思う。

●アピールの方法

シンポジウムなどはこれまでもやってきたが、医療用の RI を研究する研究者が入っている学会は日本核医学会、日本放射化学会、日本原子力学会など複数にわたるが、1 つの学会に集中していない。もし、1 つの学会に関係者が集約していれば、その学会としてアピールできたのかも知れない。このように分散していることもアピールできていない要因。唯一紐付けているのが公益社団法人日本アイソトープ協会の医エライフサイエンス部会である。ここでは、いろいろな学会に所属している人も委員になっているが、活動として大きなうねりを起こせるかという点では疑問が残る。

●人材確保に関するアピール

ハイデルベルク病院でアクチニウム治療薬を使った α 線治療で劇的に回復した。他の治療法がなかった患者さんがこの方法で癌が治ったと言う事実があり、多くの人がこの事例を参照している。世の中の人にとっては治ったという成果とその情報が重要である。治療の分野で非常に大きな効果が見えてきたことがこの分野のアピールポイントではないか。

●学生に感心をもって貰うための活動

小学生、中学生の頃から、このような情報に触れやすくすることが関心を高める方策。一般公開での情報提供も重要。一般公開での高校生の関心度は非常に高いと感じている。実際に大学の実習で関心を持ち、実習生として QST で実習し、後に就職した人もいる。地元出身の大学生であれば、学生実習生として受け入れやすいので、地元（高崎）へ戻ってきて研究活動を希望する学生という観点から、地元の高校生へのアピールを強化したい。群馬大学の重粒子線治療装置の一般公開も非常に参考になり、効果的だと思う。

●大学教育のあり方

診療放射線技師の大学は分かるが、一般の大学ではどのような教育を行っているのかが分からない。一般の学生がこの核医学の分野に関心を持ち、就職してくれるに足るだけの情報量を与えることができていない。

また、学生が、自ら合成した RI 化合物により、マウスに移植した癌がだんだん小さくなっていくという経過を自らの研修・実習（RI 製造—薬剤合成—薬剤投与—がん縮減という一連の流れの経験）の中で体験できれば、必ずこの分野に関心を持ってくれる。（石岡先生ご自身もこのような経験によりこの分野に進んだ）。

小学生、中学生でも、バーチャルでも構わないので、このような経験をさせることで非常に関心を持って貰えると実感している。

●RI の輸入について

2022 年 1 月の海外の原子炉のトラブルでテクネシウムが輸入できなくなっている。これに備えて国内でも対策を検討するべきである。

●不足している機能

流通は不安定だと感じている。加速器で RI を製造するためのターゲットの供給が特に不安定。天然にあるモノでなく、濃縮したターゲットが必要な場合、海外から輸入するが、確実に入手できるかどうかは蓋を開けてみないとわからない。価格に関してもほぼ言いなり。供給側の都合で輸入の可否が決まる。

●国に対する要望

当該分野を活性化するためには、対象となる人材（該当する学生）が少な過ぎる。大学教育のあり方や異分野から参入しやすい仕組みなどの構築が必要。例えば原子力の分野は教育カリキュラムがしっかりできているが、加速器の分野は規模が小さいし、教育カリキュラムが不十分だと感じる。原子力はメーカーが沢山ついているが、放射性薬剤は現状で国内 2 つのメーカーしかない。この分野では就職先が限定されているので、需要と供給が小さく収まり過ぎており、活性化につながっていない。これまでまったく耳にしてこなかった他分野の学生、研究者、国民に向け、当該分野を積極的に宣伝してもらいたい。

【内閣府からの質問に対する回答】

質問：アウトリーチ活動が重要とのことだが、研究者コミュニティはこの分野は大きくない。研究者が総力を結集して活動できないか。

回答：研究者みんながこのようなアウトリーチ活動活動を行うとしたら、誰が旗を振るかが重要。IAEA にはそのような活動をしている組織がある。

質問：コミュニティは大きくないがいろいろな分野の人が集まっていると言うことが逆に入り口が多いということでもあるので、強みとして考えて良いのではないか。

回答：各施設（例えば加速器）で中心になってらっしゃる先生は個別で活動してきた人ばかりで有り、コミュニティが大きくなりにくいということもある。

以上

③ 【有識者】高野 祥子

議事録

- 日 時：2022 年 2 月 2 日（水）10：00 ～
- 場 所：Web（Webex）
- 有識者名：高野祥子氏（横浜市立大学大学院医学研究科 放射線治療学教室・横浜市立大学附属病院
放射線科 助教）
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
實國 慎一（参事官）
菊池 久美子（参事官補佐）
下村 智子（参事官補佐）
水野 泉（参事官補佐）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
宇井 直人（事務局次長）
(株)ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●RI を利用した新薬の利用

PRRT（ペプチド受容体核医学内用療法）などの新薬の活用について、知識を知ることではできても実際に利用しようとするすると様々な規制・供給体制などの障害などがあり実現には 10 年の歳月を要した。

●規制改革の問題

規制の問題について規制当局に訴えても、どこが問題で、どこをどのように変えて欲しいのは分かりやすくポンチ絵にして持ってくるように言われたりする。臨床医にとって、規制の課題を分かりやすく整理すること自体専門外のため難易度が高く、さらに法律の変更案を用意するのは至難の業である。院内でも、規制の変更を検討できるような相談する相手は見つからない状況。

●海外との差異

海外と日本の放射性薬剤の在り方については大きく違う。海外では放射性薬剤師が、病院ごとに合成している核医学治療薬の薬剤も多いが、日本では事実上購入するしかない。ジェネレーター合成が前提の薬剤などで、半減期が短い薬剤では入手は困難になる。

海外ではラジオケファーマシストと言われる薬剤を合成する専門家が核医学部門がある病院では必ずいる。日本では非常に少ない上にポストもない。また診療報酬加算や病院機能評価の認定要件などにも入っておらず、病院が必要なポストとして認識していない。日本では核医学専門医の人材が不足している一方、当該分野は専門性が高く、今核医学治療のためにニーズが高まっているが、この分野の専門知識がないので困っている医療機関が多いように感じる。

●学生の関心と進路

医学部の学生に知識を提供しているが、核医学への学生の関心は高い。ただし、医師国家試験の範囲としてこの分野はほとんど取り上げられてないので、実習や授業で取り上げにくい。結果として

関心を持ってもらうための機会が少ない。

●放射線科医になる人材

放射線科医という広い範囲で見てもこの分野では人材が慢性的に不足している。米国に比べて日本では 1/8 程度しかいない。専門医の不足は昔から叫ばれている。まずは、医師の養成のなかで放射線科自体のプレゼンスを上げてもらいたい。

●ラジオケミストの重要性

通常の病院薬剤師に放射線薬剤の利用について相談しても嫌がられることが多い。

これは単純に被ばくが嫌という理由もあるかもしれないが、もともと忙しい部署で、さらに診療報酬上の加算もないという背景がある。病院で実際に合成を手伝ってくれる専門家は、当院の場合大学に所属している有機化学者である。

有機化学者は薬剤師免許は持っていないが、薬物合成をお願いしている。しかし、ポストの保証もなく、合成に関する報酬も特にないというのが実態。また、薬剤師は基本的に給料が高いため報酬の少ない合成を頼みづらいという事もある。後述の医学物理士と同様に、病院としてきちんとした報酬を伴った形で、放射性薬剤師を雇用する仕組みが必要。

また、現状では、国内ですぐに放射性薬剤師として業務に当たれる人材を充足するのは困難と思われるので、当院のような有機化学者等の職種も専従として雇用できるような仕組みがあると、より良いと思われる。

●医師に法律知識を求めること

特に核医学の分野では診断、治療を実施するにあたり、多くの法律の知識が求められるが、その知識を得ることだけでも大変な労力となる。その上で、臨床の運用上問題となる規制があることを規制当局に訴えてきたが、当初法律のどこが問題でどう変えてほしいのか、整理して教えて欲しいと言われたときは面食らった。誰に聞いて良いかもわからないし、かなり独学で勉強してきた。たとえば核医学に興味がある後輩がいたとしても、治療の勉強より法律の勉強が重荷になることは申し訳なく思うので、誘いにくい。新しい薬剤の開発を行う上でも足かせになっている。

●海外の現状

海外でも法律的な知識は必要だが、海外では医学物理士（Medical physicist）が様々な知識をもって医療にあたることになっている。いま、国内ではこの医学物理士の不足が深刻である。また、海外ではその下に線量計算士（Dosimetrist）が線量評価などを行い、安全確保を行っている。

●線量評価ソフトウェアの開発

ヨーロッパでは核医学治療において、個別化された線量評価を義務付けており、実臨床上で使用できるソフトウェアの開発が進められている。一方、日本では個別化された線量評価はわずかな研究用途での利用に留まっており、海外のような臨床用ソフトウェアを利用する医師はまだほとんどいない。線量評価技術はまだ発展途上の段階ではあるが、個別化された線量評価は、個別化医療のために必須である。実臨床でも線量評価を行い、それを治療に生かしていくことが、今後より一層求められていくだろう。

●資格・職位の活用

海外では、核医学部門はひとつの独立した診療科として、それぞれ核医学を専門とする医師・看護師・放射線技師、医学物理士、線量計算士、薬剤師、化学者など、様々な専門職が集まった組織ができ上がっている。日本では、核医学部門はほとんどの病院では、放射線診断学の一部門である。そして、医師の中に核医学専門医という資格はあるが、放射線診断専門医または放射線治療専門医が兼務する場合がほとんどである。

こうした日本独自の部門編成も影響し、核医学専門技師、核医学看護師の絶対数や希望者数も少ないままである。放射線技師が取得する資格の中には、第一種放射線安全管理責任者という資格もあり、これを持っている技師は比較的多い。しかし、免許のうちの一つとして持っているだけの場合も多く、実際に業務ができる・資格を利用していることとは別のようなものである。

また医学物理士や Dosimetrist として、日本の核医学部門で働く人材は、見たことがない。核医学分野の線量評価はまだ発展途上のため診療報酬がついていないということも大きな要因だが、そもそも線量評価の技術や必要性が確立されている放射線治療の分野においてですら、医学物理士の技能を持った人は明らかに不足している。これも『医学物理士の資格を所持した放射線診療技師』という括りであれば、多少いるようだが、まだ診療報酬などの付き方が少ないので病院側も医学物理士を専従で雇用しようとするインセンティブがないという現実がある。医学物理士の国家資格化などの問題をはらんでいて難しいとは聞いているが、やはり診療報酬上のインセンティブをつけた上で、常勤医学物理士の採用などを病院機能評価の施設要件などに盛り込むのがよいのではないか。

●日本が欧米のような体制にならなかった理由

放射線科医全体がまず日本では少ない。日本では軽んじられていたように感じている。日本では外科医、内科医などが重要なポストで有り、放射線科のプレゼンスが足りなかったのかも知れない。

●放射線に対する恐れ

日本固有の現状として放射線に対する恐れが大きく影響しているかも知れない。

特に、放射線については法令などは厳しめに体系が作られている。個別の線量限度を超えないようにするのは当然だが、日本の場合にはそれを守るための前提条件が、保守的な見積もりの上に積み重なっており、結果的に非現実的な見積もりと使用方法が求められることも多い。それに対して誰も疑問に思わなくなってしまうている。RI の特殊性や規制の必要性を笠に、特殊な扱いを受けているように感じる。

●日本の RI がほぼ海外で製造されている課題

日本に輸入している代理店が2社くらいしかないので、そこが受け付けてくれなければ医療が行えないという現実がある。例えばメタストロンという薬の原料であるストロンチウム 89 の製造が海外で止まっているが、海外では代替の薬としてサマリウムを使うという選択肢もある。しかし、日本では製造されていないことから、そのような選択肢がない。日本で代替する医薬品を開発する企業はない。いろいろな分野においてこのようなことが起きている。同じ疾患であれば1種類が輸入されていればもう一種類は開発されない。

●コロナ禍の影響

RI を空輸しようとしても飛行機が1本運行停止になっただけで、入荷が遅れ、薬剤が準備できな

いことも生じている。これによって治療が延期されることも起きている。日本に届く薬の不安定さが問題。放射線医薬品だけ届かないということで信用を失う。

●他分野との交流の課題

他分野との連携は特に重要であり、病院の中だけでも多職種である。また、海外との連携も重要である。有機化学や医工連携など特に医療物理の分野では重要だと考える。ただし、有機化学の分野の先生は資格がないので、資格を問われることはある。

●人材確保に向けた PR の方法

この治療についてはアピールしなくても患者が集まってくる。副作用が少ないため口コミで広がる。ただ、実際にエビデンスをもっと蓄積して実際の医療に役立てたい。前立腺癌の治療について他の治療では手の施しようがないケースでも効果があったという報告もある。ただ、実際に効果が大きいと言うことを PR したところで日本では治療ができないと言う現実があり、患者に迷惑を掛けてしまう事もある。なので、アピールするだけでは良心の呵責もある。

●海外の知見の伝授・国際交流

海外にある豊富な経験や規制のあり方については学ぶべき事が多い。特に医学物理士と規制当局の対話や IAEA の規制の仕方がどのように現場に落とし込まれているか、など仕組みの面で学ぶべき事が多い。

【内閣府からの質問に対する回答】

質問：規制について、第 1 回目の RI 専門部会からドジメドリストについて発言されていたが、どのように調べたのか。

回答：規制の問題については規制当局との対話の重要性がある。医学物理士の役割については海外に行った経験から知った。日本での規制を海外の医学物理士に話しても、それはナンセンスだと言う意見を聞く。海外の医学物理士の役割について書いたものを後ほど送る。

質問：高野先生が放射線科に進んできっかけを知りたい。

回答：学生の時には外科に入って、手術と抗がん剤でがん患者を治そうと思っていた。その後放射線治療を知り、その道に進んだ。さらに放射線治療医として働き始めてから、核医学治療に関心を持ち今ではそれを一番の専門と考えている。しかし、病院内の立場上は放射線治療医なので、核医学をやることで仕事はさらに多忙になる。

放医研や阪大、金沢大学などでは、核医学分野がある程度独立した専門領域になっているので、その人材が育成されやすい環境があるのではと思うが、横浜市立大学はそこまで恵まれた環境にはない。しかしその分、自分からしか見られない景色もあると感じる。

また、核医学治療は、やはり放射線治療としての側面がある。日本でも放射線治療の一端を核医学治療が担ってきている。今後に期待している。

質問：人材の不足について。放射線科医の人材不足があるが、医師の資格がないとだめなのか。医師は核医学の勉強をしていないと聞いているが、核医学を選ぶことがないと思う。放射線の画僧

診断ができる人はトータルでできるのではないか。

回答：放射線科医の人材不足について、これは医師の資格を持っている人でないとダメなのかという問題意識がある。眼科や皮膚科等に比べ、一般の方に対する露出の機会が少なく、また医学部の教育でも内科や外科に比べて、放射線や核医学の勉強はほとんどやっていないので、医学生にとって、とっつきにくいのかもしれないとは感じる。しかし、医師以外の方が放射線治療や核医学の分野で医療行為に携わることは難しい。イメージとしては、外科医の手術と同程度には、専門性のない方が代替できる分野ではない。ただ、コメディカルの方に助けてもらうことは重要。

以上

④ 【機関】日本医学物理学会

議事録

●日 時：2022 年 2 月 2 日（水）11：00 ～ 12：00

●場 所：Web（Webex）

●ヒアリング機関、担当者名：日本医学物理学会

学会長	福田茂一氏
医学物理士委員会委員長	西尾禎治氏
教育委員会委員長	小澤修一氏
理事	長谷川智之氏（専門：核医学）
計測委員会委員	川村愼二氏（専門：小線源治療）
理事（総務担当）	水野秀之氏

●出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室

實國 愼一（参事官）
菊池 久美子（参事官補佐）
下村 智子（参事官補佐）
水野 泉（主査）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
宇井 直人（事務局次長）
(株)ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●日本医学物理学会・核医学分野の医学物理士の業務

- ③核医学診断や治療法の開発
- ④臨床研究および治験
- ⑤上記に関する基礎基盤研究

●必要となる知識・専門性・資格

大きく分けて放射線診断物理学、核医学物理学、放射線治療物理学、医療放射線防護学の分野がある。多くの先生が放射線治療物理学に従事しているが、今後核医学物理学の専門人材が必要になると考えられ、医療現場で求められている。線量評価など核医学物理学の知識を持つ人材は重要。

●資格の必要性

医学物理士の資格は医学物理士認定機構が認定、日本医学物理学会はそれをサポートしている。医学物理士の資格を持っている人に医療現場に入っていって欲しいが、今のところ残念ながら国家資格ではない。医学物理士は少しずつ増えており、現在 1000 人以上が取得している。また、就業実態のアンケートは行われており、2014 年は公開しているが、最新版はまだ公開されていない。

●核医学の必要性

医療現場では診療放射線技師が活躍している。しかし、研究開発を行う人材としては理工系の素養

を持った人材が必要。非密封線源を扱う人材、放射線取扱主任者も重要。必要な知識については非密封線源を扱う場合放射線管理の知識が重要。

●医師との役割分担

医療の分野では医師しかできないことが多いが、タスクシフトもあり得る。放射性同位元素を患者に投与するのは医師でないとできないという現実がある。特に核医学ができる医師も人数的に限られている。このような状況の中で線量評価、関連法令の理解など医師に求められている負担が大きいため、専門知識を有する医学物理士の存在は重要。

●病院経営としての課題

医療現場では医師がいる場合には他の資格は不要である。すなわち医師はあらゆる医療行為が許されている。経営者から見れば医師がいるのだから主任者は不要だろうという意識もある。

ちなみに、医薬品の開発においてドイツは日本より臨床試験がかなり厳しい。そのため一般的な薬剤としての申請は諦めて、特定の患者に絞って医師の責任で核医学治療を実施している。

●小線源 RI の利用について

密封小線源の利用は非常に有効な治療方法である。日本でも古くから子宮頸がんなどの治療に利用されている。特にこの分野では線量の計測（患者、医療スタッフへの被曝管理）が重要であり、医学物理士の数を増やして対応できる人材を確保する必要がある。

●医学物理の分野に人材が集まらない理由

日本では教育システムの中にも問題がある。今は国家資格ではないことが人材確保できない要因として大きい。医療現場では核医学診断、治療を実施したとしても、診療報酬が少ないので密封小線源、リニアックの放射化物の処理・処分などは大きな費用が掛かるため、核医学治療を行いたい。核医学治療を行うための適正な診療報酬の仕組みづくりも必要。

●十分な診療報酬が得られない理由

新しい研究開発が必要な分野は診療報酬化は一般的には難しい。従来から有る分野、十分な実績の有る分野で診療報酬が確保できるという傾向はあるのではないかな。

診療報酬の観点からは手術は一般的に診療報酬が高額になるため、経営には寄与できる。一方で、放射線治療はかなり低く抑えられていたことは確か。日本の保険制度の課題でもある。診療報酬が少ないため雇用や廃棄物処理を考えると赤字となる。

●海外との違い

例えば米国フロリダでは放射線の出力の管理などで必ず医学物理士が必要となる。

日本ではまだ国家資格でなく、医学物理士が法令上必須なわけでもない。また病院側も、医学物理士がいないと診療報酬が取れないというわけでもない。このため、日本の病院での採用は難しい状況。

●医学物理士の教育

医学物理士の教育については充実しつつある。2006 年にがん対策基本法を受けて放射線治療専門医や医学物理士など放射線治療関連の人材育成に取り組むこととなった。医学物理学会の HP に掲載しているが、生涯教育の一環として修士取得以上の教育プログラムができていく（全国 29 大学、世界第三位）。

医学物理士認定機構も 2012 年から教育コース認定を始めており、教育の内容について海外のガイドラインに基づいてカリキュラムが作成された。

しかし、少しずつ増加しているものの十分な数には至らないのは教育を受けた後病院への就職などで課題があるためである。今後、医学物理士の仕事が現場で増えることが重要。

●診療放射線技師のキャリアパス

最近、診療放射線技師として働きながら医学物理士の教育を受けた後、病院に戻るケースもある。このようなケースは増えている。病院が、医学物理士を公募しても新卒ではなかなか応募はないが、技師として働きながら資格を取得するのであればリスクな少ない。

また、他の理工系の修士課程を修了した後、博士課程のコースを受講して医学物理士の資格を取る人もいる。また、他分野の修士を出た後この分野で博士号を取得する人もいる。博士号取得率も他の分野より高い（医療系の博士課程は一般的に 4 年）。

さらに臨床研修課程という制度もある。こちらは基礎物理で博士号を取得して臨床研究課程で病院に入るケースもあるが、これはごく僅か。

●医学物理士の課題と現状について

- もともと診療放射線技師の資格を持っている方で医学物理士の資格を取った方は、医学物理士としての就職先がないので病院には技師として就職するのが現実。その人たちのキャリアパスとしては折角医学物理士の資格を取ったのにその知識・技能が生かされてない。
- 最近アルファ線の内用療法が行われているが線量評価は非常に難しい。
これは非常に高いレベルの知識が必要であり、計測、シミュレーションが必要であり、総合的な医療としての判断は医学物理士の知識が必要。
- 現在、医学物理士の教育は充実しつつある。多くの方が医学物理士の資格を保有していることから、出口すなわち就職先が整備されればアサインされる候補者は沢山いる。医療現場でどのような知識をもった医学物理士が必要という看板が上がれば供給は十分に可能となる。また、医療現場でどのような業務をするか定義が明確になれば教育現場でも必要な教育プログラムが明確になってくる。
(毎年 50-60 人くらいの修士卒業見込みの人が資格を取得している)

●他分野との連携の必要性

大阪大学ではアスタチン製剤の開発をしている。これはアルファ線源を製造することになるが、原子核物理で利用する大型の加速器を使って薬を作っている。このため、関与する専門家も多岐にわたり、物理学、核医学、薬学の先生などが協力して開発を行っている。この分野では医工連携は必須である。

●国際交流について

医学物理学の国際交流では IOMP (International Organization of Medical Physics) という組織があり、各国の医学物理学会がメンバーであり、教育のガイドラインを作っている。多様な情報交換を行っている。また、アジアでは、この IOMP の下に AFOMP (Asia-Oceania Federation of Organizations for Medical Physics) という組織があり、毎年アジアで国際会議を開き、情報交換を行っている。アジアではむしろ診断分野は日本より進んでいる。日本では様々な法律が障害となって実施しにくいことも多い。アジアでは日本が補助して加速器を提供し薬剤を作っており非密封線源を使うことのハードルが日本より低いと感じている。

●原子炉の必要性

加速器で RI 製造するには量的に限界がある。ただし、日本では製造用の原子炉を作るのは難しい。また商用炉でつくるような法律改正ができれば商用炉で製造する可能性もあると考える。ただし、コバルト 60 はカナダとロシアの商用炉で製造しているが、ロシアでの生産がなくなり、価格が高騰している。日本では生産できず輸入している。このように輸入に依存していることで割高な薬剤になってしまう。非常に強い線源は原子炉でしか作れないという現実もあるので、この分野では遅れを取っている。

●国への要望

国プロジェクトとして癌プロジェクトをリスタートしてもらいたい。また出口戦略として各病院に医学物理士を配置する事を指導するなどしてもらいたい。

【内閣府からの質問に対する回答】

質問：癌プロで 29 のコースができたが就職先がなく、病院の募集にも応募がないとのことであるが、卒業生はその後どのような進路となっているのか。

回答：癌プロで 29 の大学で医学物理士教育が充実し、教育の観点からは日本は高い位置にあるが、出口がないので修士課程が修了したあとは基本的に診療放射線技師であれば技師として病院に戻らざるを得ない。医学物理士として就職活動するのは困難。技師以外ではそのあとは大学院に残り、教員になるとか、研究者になるなどのパスが一般的。

一方、広島放射線治療センターでも医学物理士を募集したがなかなか応募がないという現実もある。国家資格にするなどの制度改革が必要。また、医学物理士がきちんと線量管理をしないといけないという制度があれば課題解決になる。

修士を修了すると医学物理士の試験を受けることができるが合格しても医学物理士の資格が取れないという問題もある。合格した後医学物理の経験がないと資格を取得できない。つまり、修士を修了して医学物理士のポストがあったとしてもそのまま就職できないという課題がある。実態としては医学物理士取得コースに入ってくる方々は 8 割から 9 割が既に診療放射線技師の資格を既に持っている人で、実務経験する場所がある方となっている。

新卒の場合一度病院に就職して医学物理士の募集があるまで待つ。しかし、医学物理士として再就職する場合には病院を辞めなければならないが大抵の場合 1 人枠しかないので非常にチャレンジングである。また、将来的にもポストのステップアップが見えない等の問題もある。このような課題があるので募集しても応募がないということにつながる。国としてキャリアパスの支援が必要。

以上

⑤ 【有識者】飯本 武志

議事録

- 日 時：2022年2月2日（水）15：00～16：00
- 場 所：Web（Webex）
- 有識者名：飯本武志氏
（東京大学 環境安全本部 新領域創成科学研究科環境システム学専攻 教授）
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務協 原子力政策担当室
下村 智子（参事官補佐）
水野 泉（主査）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
宇井 直人（事務局次長）
（株）ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●求められる知識・技能

放射線関連施設を安全に運用する（安全管理）ための人材教育が重要であると考えている。医療現場に関する専門性ととともに安全管理に関する知識と技術をもつ人材が圧倒的に不足している。

特に医療利用については研究開発を推進している組織は多く積極的だが、一方で病院などを中心に安全管理の人材が不足している。法的位置づけとしては医師が安全の責任者になるケースが多いが、実際には技師が管理の実務を担当していると聞いている。また、技師には別の役割も多く、求められている安全管理にまで手が回っていないケースが非常に多いとも聞いている。

厚生労働省の調査でも個人被ばくの線量評価・管理が十分ではないなどの課題が挙がっている。

●放射線・RI 利用の推進に向けて

従来、放射線管理については「ブレーキ（規制）」だけの役割が与えられての議論が大半であったが、これからは「アクセル」の視点での役割も重要であり、放射線を積極的に上手に使うための「バランスのよいリスクマネジメント」という発想が重要。

●提案できる管理者

規制・規則に縛られるだけでなく、これからは放射線利用や管理の方法について改善提案できるような管理者が求められている。いま、このような幅広い視野を持った管理者の人材が日本において非常に不足していると思う。

●医療分野への進学・就職

広い意味での医療系を志望する学生は多く、この分野は一般の学生にとって人気の分野だと考えている。医療分野でも医師、技師、看護師など多様な人材がいる中で安全管理の重要性は増している。実際に医学物理士を目指す人もいる。学生に対してはこの分野を学ぶことで様々な仕事に就くことができる点をもっとアピールするべき。

また、学生の人気はTV番組（ドラマ：ラジエーションハウス等）に影響を受けることも念頭に置

くべき。

●医療分野での技師の位置づけ

ある大学の医療技術学部を卒業し、東大大学院の博士課程に在籍している学生の例。実際に技師資格を取得した彼女は、学部時代に実習で現場に出て、自分の思うような仕事でなかったと感じたと言う。医者とそれ以外のメンバーには大きな差があり、技師としての発言力が非常に小さいと感じたことから技師になるのを諦めたとのこと。このような例はおそらく特殊ではなく、日本の医療の現場では一般的な現状ではないか。

ある国では医師と技師が対等で、専門家として医師に対する発言力も持っているし、リスペクトもされる。日本でもこのようなカルチャーが必要だろう。

●技師を目指す学生のキャリアパス

大学における国の経済的な支援（学費免除や助成が手厚い等）が充実している分野であり、卒業後の就職もほぼ確実であることから、経済的な理由により技師を目指す学生が多いとも聞いている。就職先としてモチベーションをもって仕事ができる環境を作ることが重要。

●放射線安全管理者の立場

米国では医学物理士も医師と対等な立場で専門家として活躍している。日本もこれを目指すべき。また、英国では放射線安全管理責任者はバッヂを胸に付け、社会的地位を獲得し、リスペクトされている。日本ではこれらの本来安全管理のマネージャーであるべき人材が実質的には「兵隊」になってしまっている。本来のマネージャーとしての業務ができていない。カルチャーを変えなければいけない。

●学生に対するアピール

大学に入る前の学生には、TV 番組やドラマからの情報は様々な世界を「知る」という点で重要。ある大学の医療技術学部の受験者は、ドラマの影響で受験者が3倍増となったとのこと。知らなければその分野に興味をもってくれる学生はいない。まず、このような仕事、分野がある事実を知ってもらうことが重要。さらに、大学に入ってから具体的な仕事の中身について学ぶことになるので、その段階で魅力を伝え、本当にその分野に進んでいく動機づけをすることが重要。

●社会の窓口

医療分野の学生にとって社会に出るときの窓口は医者か、技師か、看護師という区分けになる。技師の中の何人かが医学物理士であり、はじめから医学物理士を採用する病院はほとんどない。病院としては医学物理士としてのニーズがあるわけではない（経営の面から医学物理士を採用したところで診療報酬が稼げるわけではない）。

●他分野との連携の重要性

例えば環境という切り口で放射線を学ぶとしても、環境・放射線という分野に閉じた教育をしていただけではダメである。どの分野でも同様。例えば、環境の中で教育をするのではなく、科学、技術、数学、芸術などいろいろな分野とのつながりから教育する必要がある。そのためには教員側の意識が変わらないといけない。文部科学省は STEAM 教育の強化を訴えている。「ものづくり日本」「技術大国ニッポン」などのスローガンがあったが、この発想は STEAM とよく似ている。放射

線教育が文学部や芸術学部で展開されるような土壌が重要。

●放射線に対する恐れ

国民皆保険制度をもつ日本では、放射線の検査や治療のハードルは諸外国に比べて低い。このような社会背景が医療分野での放射線利用を推進している。医療現場での患者さんを含む一般公衆の多くは、原爆や福島のようなネガティブな議論とはこの放射線利用を分けて考えているようにも感じる。

その一方で、病院で職業として RI・放射線を扱う場合には看護師、技師が受ける放射線量は大きいときがあり、その管理が不十分なケースがあって課題が多い。現場にいる職業人はこの実態を知っているので場合によっては RI や放射線の扱いを嫌がる人も居るのではないかな。

●国際交流

放射性物質や装置のハンドリングについては、装置そのものの優秀さは日本製は優れているが、そのマネジメント、利用する仕組み（組織的な仕組みも含めて）などは日本は他国から学ぶべきことは多い。

また、病院の職場には今後外国人が増えることが想定されるので、海外のカルチャーが自然に持ちこまれることも想定した準備が必要とも考えている。

●人材確保に向けた効果的な取り組み

一般の学生に対して、キャリアパスがこれだけ広がっているんだという道筋を具体的に示すことが重要。潰しが効かず、未来が固定されていると感じると、将来をイメージしきれない学生の多くはその道を避けてしまう。リスペクトされ、待遇が良いこと、さらには確実に就職できることも、学生には重要。

●施設の運営管理・サポート

放射線・RI 利用と管理に関わるサポート会社が少ない。原子力発電所をサポートする会社は存在しているが、新たな施設（特に医療施設）をつくるとしても設計から運営（被曝管理・計画）まで外注できる会社が極めて少ない。外注できる施設運営の支援企業を育てることも重要。

●国の政策へのコメント

内閣府は各省庁またがる分野を所掌している。人材育成は厚生労働省、経済産業省、文部科学省、国土交通省などいろいろな省庁にまたがるので、役割分担のマップをつくり内閣府が中軸となって推進してもらいたい。

●RI の国産化

良いモノを定常的に供給するには国産化が重要。この分野では日本国内で完結できるような体制を作ってもらいたい。

【内閣府からの質問に対する回答】

質問：医療分野において、提案できる管理者が不足している原因は何か。養成するには何が必要か。

回答：これは用意されたマニュアルを中軸にしすぎた規制と現場管理の両方が影響している。やっ
てはいけないこととやらねばならないことを羅列したマニュアルに基づく管理になっている。お
そらくこれが原因で、新たな管理方法を考え、提案できる人材が育たなかった。規制側も現場側
も考えて工夫していく安全文化が重要である。諸外国の管理方法の例も学ぶべき。組織運営に関
わるコミュニケーションも重要。また、医師にも、専門知識をもとにした提案ができる安全管理
者が求められている。

以上

⑥ 【機関】日本メジフィジックス・日本放射性医薬品協会

議事録

- 日 時：2022 年 2 月 3 日（木）10：00 ～ 11：30
- 場 所：Web（Webex）
- ヒアリング機関、担当者名：日本メジフィジックス(株)・日本放射性医薬品協会 中村壮一氏
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
實國 慎一（参事官）
下村 智子（参事官補佐）
水野 泉（参事官補佐）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
宇井 直人（事務局次長）
(株)ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●業務内容

メジフィジックスとしては RI 医薬品の開発（方法論の開発は行っていない）・製造、および臨床研究および治験を実施している。また、医療機器の開発も実施している。RI 原料の輸送は（自らは）行っていない。

●求められる技能・知識

- ・放射線医薬品メーカーとしてまずは、薬学的な専門知識が基礎的な素養として重要。それ以外には国際的な規制に関する理解、その科学的理解。投与前例のない核種の開発には核種に関する知識・専門性が必要。医薬品に求められる品質・管理の管理に関する知識・人材。
- ・放射線取り扱いに関わる法的知識については、一般的な知識（RI 法・薬機法）は当然必要であるが、高度な知識が求められる場合はごく一部。

注）薬機法：医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律

●医療現場へのサービスサポート

法律的な知識の医療現場への提供は適宜行っている。主として日本アイソトープ協会に依頼が行くのではないかと。線量評価になると「業」的な意味合いとなるのでコンプライアンス的に医療現場に業務を提供することは行っていない。

●資格の必要性

放射線取扱主任者、薬剤師の資格は会社として必須。あとは、核医学の知識は基本的には必要となる。医学物理士の資格を取得しているかいないかはチェックしていない。医療現場で活動することはないので医学物理士を持っていることが特別重要ということはない。

●開発の傾向

- ・昔は診断薬が重要であったが、最近は診断薬より治療薬の重要性が増している。医薬品に対する規制が厳しくなると医薬品の開発ハードルが高くなり、開発期間が長くなるなどして一連の経験がで

きない結果、人材も育たないという現実がある。開発の費用が高額になり、医療費が高額となってしまう。

- これまでは診断薬であれば診断できれば良かったが、診断によって実施される治療の効果まで求める傾向があり、開発のハードルが上がっていると感じる。
- 例として最近アルツハイマー病の診断薬が開発・実用化・承認されたが、その薬が保険として認められないなどの課題がある。治療薬がないので診断だけでは保険の対象にならない。これでは研究開発費の投資が回収できない。結果的には人材育成のハードルになり得る。

●採用状況

- 専門性の高い人材の採用は有機化学、生物科学、放射化学、分析化学、放射物理、機械工学、電気工学、薬学、生化学、薬物合成など薬学一般の人材を対象として新卒採用している。
- 割合を決めているわけではないが、大学院卒業が多い。他企業・医療機関から中途採用するケースもあるが多くない。採用先に関する条件はない。技師の採用は（恐らく）ない。

●採用上の課題

薬剤師の資格を持っている技術者・研究者を求めている。不足している。年々需要は上がっている。協会としては分からない。会社の業態によっても異なる。例えば製造せずに輸入して販売しているような会社であればその必要はないかも知れない。

●社員教育

第一種放射線取扱主任者取得のサポートは会社として実施している。

●人的交流

メジフィジックスから共同研究において大学に行くと言うケースはあるが、大学や他の組織から入ってくるケースは少ないと思う。住友系列の会社が株主なので、人事交流はある。

●国際交流

会社として留学制度はない。海外からの人材も何人か採用して勤務している。研究テーマによってはコラボすることもある。

●RI 海外依存

輸入・調達リスクがあるので、困っている。輸入するモノの品質・頻度、価格が同一であれば国産が良いと思うが、海外のモノが安価であれば一概に国産を選ぶことはできない。国産 RI は試算レベルでは恐らく高額になるのではないかな。

●規制の問題

薬機法と RI 法の二重規制の問題・課題認識はある。医薬品になったら薬機法で製造管理するが、医薬品に効能追加するケースは一旦治験薬となってしまうので管理が異なる。治験薬は医薬品ではなく同じ製造工程の流れの中でも廃棄物の扱いなどが異なってくる。化合物としては一つなのに余分な手間が掛かる。

安全規制に対して、同じモノであっても医薬品であればベネフィットがあるので安全であるとし、治験薬であったらベネフィットがないから危険とみるなどの科学ベースでみると不合理性がある。物質としてみれば同じものであってもその機能が異なることから安全管理が異なる。

●国に対する要望

省庁間の連携を密にやってもらいたい。例えば業界としていろいろな分野にまたがる課題を抱えている際に役所が縦割りなので障害になるケースがある。RI 国産化もそのひとつ。

もう一つは RI 分野の魅力を国民に理解してもらうことに力を入れてもらいたい。

どうしても医療分野でも放射線に対する国民のアレルギーを感じる。

【内閣府の質問に対する回答】

質問：

- ・メジフィジックス社としてお聞きする。薬剤師の資格を持っている人が不足しているとのことだが、採用時に薬剤師の資格が必須となると、間口が狭いように思う。医薬品製造現場、品質管理部門で薬剤師を各最低一人の設置義務を必要とすると省令で決められていることが理由かと思う。また、薬学の専門的知識が必要であるということと、薬剤師の資格があれば当然薬学の知識があるというところで薬剤師の資格を必須としているのかと思うが、薬剤師としての資格が必要であるという理由についてご教示願いたい。

回答：薬剤師の資格を有するものを製造所に一人配置しなければならないという要件がありそれが大きい。薬局で必要とする知識が特別必要というわけではなく、有機化学、化学系の知識がある薬剤師免許を持つ人が望ましいが門戸は狭くなっている。放射性医薬品は減衰するので毎日、夜にも製造している。そのニーズを考えるとさらに門戸は狭い。

質問：

- ・薬剤師が 31 万人いて、就職先は薬局が主な就職先ということであるが、製造部門を目指す薬剤師が少なくなっている現状から、製造関係に行きにくい理由は何か。

回答：個人的な意見ではあるが、薬学部は 6 年制で薬局で 1～2 年の勤務が義務付けられていると聞いている。以前は、薬局研修は必須ではなかった。研究をしたい人にとっては、それは足枷になるのではないか。薬学部の人には女性が多く、薬局で働くケースが多いため、それも薬剤師で技術者となる人が少ない理由ではないか。

質問：薬事法では、薬剤師が放射線取扱主任者を兼任できるとあるが、医薬品製造であればこの資格は必要ないと思われるが、資格としては必要なのか。

回答：研究や治験の段階は RI 法下にあるので、その観点でも放射線取扱主任者の資格は必要。

以上

⑦ 【機関】公益社団法人日本アイソトープ協会
議事録

- 日 時：2022 年 2 月 7 日（月）11：00 ～
- 場 所：Web（Webex）
- ヒアリング機関、担当者名：日本アイソトープ協会
藤島かおり氏（総務部総務課長）
北岡麻美氏（医薬品部 医薬品・試薬課長）
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
實國 慎一（参事官）
菊池 久美子（参事官補佐）
下村 智子（参事官補佐）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
宇井 直人（事務局次長）
(株)ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●人材の現状

おおよそ 120 名の職員がいるが、医療分野の研究に特化した部門が社内にある訳ではない。そのため医療分野での研究人数に限定するとゼロとなる。日本アイソトープ協会は線源製造を行っているが、研究機関ではない。RI 製品の製造及び流通という面で放射線取扱主任者の資格は施設としては法令上必要となる（職員の半数以上は放射線取扱主任者の資格を持っている）。

●主任者講習受講者の傾向

業務上放射線を取り扱うために資格が必要な方が多い印象。東日本大震災の直後、放射線測定等を実施する事業所が増えたため、知識の習得等を目的として資格を取得する者が増えたが現在は以前の状況に戻った。

●RI 協会の業務に関わる内容

日本アイソトープ協会は、国内の RI の供給を担っており、研究用途の RI を供給している。また、富士フイルム富山化学、日本メジフィジックスなどの製薬会社が製造した放射性医薬品を卸売販売業者として医療機関に販売している。なお、国内では放射性医薬品（一般的な薬は全て）は必ず卸を通して流通することになっているが、海外ではこのような事業を実施している団体は少ない。

●放射性医薬品の流通

- ・海外から輸入されているモリブデンの原料不足は深刻である。国内の製薬会社 2 社が輸入して薬剤に加工・供給しているが、製造元である海外の原子炉の老朽化もあり、故障やメンテナンスにより供給が不安定となっている。
- ・従来各国は国が資金を提供して RI を製造していた経緯があるが、近年原子炉自体で経済的に自立することが求められ、各国ともに人材の登用も難しくなっているようである（OECD NEA でも議題に上がった）。

- 各国からの RI 輸入はコロナ禍によるロックダウンや航空機の減便による影響を受けている。

●RI 製造における原子炉と加速器の役割

- 原子炉と加速器では役割が異なる。原子炉だと量的にも沢山の RI が製造でき、また加速器も 3 つ程度（超大型、大型、小型）の種類があり、各々の加速器で製造する核種は異なる。現在原子炉は JRR-3 だけが核種供給しているが、将来的には原子炉（研究炉）及び国内の加速器での製造が検討されている。
- 多様な機関が多様な方法で RI を製造していこうという取り組みが行われている。原子炉が定期点検に入った場合などは、他の原子炉もしくは加速器が補う必要が有る。これら製造者の連携により RI を切れ目なく供給する必要があるという意味でベストミックスという言葉を用いている。

●人材募集の現状

日本アイソトープ協会は、RI 製造に特化した団体ではないので、専門知識だけを求めているわけではなく、一般に広く人材募集している。しかし、中には専門性の高い人材も募集している。協会の会員の中に学生会員という枠組みがあるので、その方が応募するケースもある。分野を問わず毎年数名程度、採用したいと考えているが、放射線の専門知識に関する募集の観点からは十分な応募がある（原子力・放射線に関する人材確保に向けた課題は感じていない）。

職員の年齢構成の課題はある。一部の年代の職員が多い、足りないという現実はあるのでその過不足を埋めたいという希望はある（現在中途採用を募集している）。

人材については、日本アイソトープ協会に入社を希望される学生さんは RI や放射線に関心がある方の他に、公益社団法人に入ること社会の役に立ちたいという意識が高いのではないかな。

●社内教育

入社時には資格を持っていなくても、配属部署の業務内容に応じて、職員に対して放射線取扱主任者の資格取得を促すようにしている。

●ノウハウの世代間伝承

年齢構成により、特定のノウハウを持った職員が急にいなくなる、また伝承する相手がいなくなるという課題はある。例えば、協会では RI を扱う施設を持っているので、RI に関する国内の現状・知識や取扱いスキルなどがノウハウとして考えられる。

●人材確保に向けた情報発信

分野に限らずいろいろな学生に知ってもらいたい。採用における会社説明会では、専門的なことを知らない学生さんにも感心をもってもらうような説明方法を心がけている。一方、原子力分野の学生さんに関心をもってもらうために協会名で作成された出版物などを示している。

●人事交流

研究機関や製薬会社などとの人事交流は行っていない。公益法人なので特定の企業との人事交流は難しい。出向依頼が来ることはあるが、対象となる人材を提供することも難しい状況である。

●異分野・国際交流

関連学会への参加は行っているが、人事交流はない。

●国への要望

RI の安定供給に関しては既に国に議論してもらっているのでこの場では特にない。また、国に対しては一般の人々に放射線が怖いものという意識を払拭するという事業を引き続き継続してもらいたい。

●放射線教育

学校のカリキュラムにおいて放射線教育が増えたと言う点は喜ばしい。下限数量以下の放射性同位元素（RI 法の規制対象ではない）を用いた放射線教育を行うことも有効である。しかし、実施する先生が不足しているので、先生方への教育も必要と感じる。

例えば、薬学部の教育の中で以前は放射性物資の取り扱いは必須であったが、最近は必須科目ではなくなったために、学生さんで興味を持ってくれる人が減ってしまった可能性もある。学校教育の現場で放射線や RI に触れる機会があると良い。

●教育機関への要望

そもそも原子力、放射線を学ぶ学生が少なく、学んでもその後この業界に入ってくれるとは限らない。教育現場で裾野を広げることも大事であるが、その後の道のりを示せると学生が関心を持ってくれる。RI 製造に関わっている研究者の方々は、自身が研究と製造両方に携わっていることから製造要求が増えると研究の時間が取れず、施設内での人材・時間が足りないと懸念されていると認識している。

●放射線診療における技師の負担

医学物理士は海外ではチーム医療のなかで必ずひとりが必要な存在となっているが、日本では必ずしもそうではない。日本では放射線技師の方がその役割を担ったりしているので技師への負荷が大きい。

以上

⑧ 【有識者】鷲山 幸信

議事録

- 日 時：2022 年 2 月 7 日（月）16：00 ～
- 場 所：Web（Webex）
- 有識者名：鷲山幸信氏（福島県立医科大学ふくしま国際医療科学センター 先端臨床研究センター）
- 出席者名：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
實國 慎一（参事官）
下村 智子（参事官補佐）
菊池 久美子（参事官補佐）
中江 延男（政策企画調査官）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
宇井 直人（事務局次長）
(株)ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●専門領域を離れた交流

鷲山先生出身の金沢大学は昔ビキニ環礁の水爆実験による被ばくマグロの分析を行ったという歴史もあり、放射化学の研究が盛んな大学でもある。放射線を用いた診断、治療に関しては黎明期に大きな貢献を果たしてきた歴史もあり、比較的理学・工学と医学の連携が積極的に行われている。専門の垣根にとらわれない風土もあり、核医学の進展に適した環境もあった。

●新たな治療技術の開発

放射線塞栓療法という核医学を活用した新たな治療方法の開発を行っている。日本国内では臨床試験など実施されていないが、アメリカ、ヨーロッパではベータ線を放射するアイソトープを微小な球体の中にいれ、カテーテルで患部に移動させ腫瘍内の末梢血管の部位で詰まったところで放射線を出し治療するという手法である。

●先端利用で必要となる人材

放射線塞栓療法に関しては RI を製造する人材、RI を封入する樹脂など材料を製造する人、動物に投与して実験できる人、放射線が照射されていることを調べる人材そして線量を評価する人材など多様な人材の連携が必要となる。専門性言えば化学、RI の取り扱いができる人材が必要となる。

●必要な人材の手当

鷲山先生の所属されている組織（福島医大先端臨床研究センター）は学生がおらず、医療スタッフと研究者のみで構成されているが、有能な人材の候補としては保健科学部の放射線関係の講座から育ってくる人材が対象となる。地方はポストドクターの数が都会と比較して少ないので人材を確保する環境が異なる。

●教育現場の課題

大学自体が核医学、とくに最新のセラノスティックスを教える現場が少なくなっていることが課題である。

実際に現場で使う段になって初めて独学で習得しなければならない技術もある。放射線取扱主任者の講習などではじめてRIに触ると言う状況。できれば学部、大学院の授業のなかでこれらの経験をしていればもっと裾野が広がり、スキルを持った学生が増える。若い世代がこの分野に触れることが非常に重要である。

●若い世代へのアピール

サッカーや野球でも子供の頃から一流の選手の活躍の場を見る機会があり、自ら学校や地域のチームで経験を積んでからワールドカップを夢見てスキルアップしようという子供がいる。科学の分野でも若い世代に活躍している現場を見せることや自分の手を動かして実験できる環境を提供することは人材の裾野を広げる上で重要だと考える。医療分野ならば患者さんが治ることは医師にとって喜びであり、技術が患者さんに還元される現場を宣伝することが大きなアピールとなる。

●アピールの方法

結局は個々人の情報発信が重要であるが、組織のなかで閲覧してもらえるような仕組みづくりが重要。ネットを活用した情報提供が有効。

●教育カリキュラムについて

米国では比較的長い夏休み期間中にサマースクールを実施する。日本に於いても同様にこれを1, 2カ所経験の場として提供することが有効だと考える。原子力機構、理化学研究所、量研機構などの公的研究所が積極的に実施することが有効。

15年ほど昔は旧放射線医学総合研究所（現 QST 量子医科学研究所）で、1, 2週間ライフサイエンス課程として米国のサマースクールに類似した勉強会を施していた。このような取り組みは効果的だと感じる。大学などの年次や課程ではなく、年齢で区切って募集していたと記憶している。医学部の学生、教員、専門学校の学生などいろいろなところから参加していた。座学だけではなく、実践的な活動も含んでいた。

●大学から高校生へのアプローチ

大学の教員が各々の母校（高校）を訪問して自分たちの現場の様子、仕事の内容をアピールするなど個別の取り組みなどを実施している例もある。金沢大学保健学類ではかつて母校訪問キャンペーンというのがあり、自分の声で仕事の内容を紹介するという取り組みがあった。この取り組みは、身近な存在の先輩の言葉が直接届くことから母校の学生が興味を持ちやすいという意味で大変効果的だと考える。核医学の分野でも学会などが率先してこのような取り組みを行うことは有効ではないか。

●資格の必要性

鷲山先生の職場では医師、薬剤師、診療放射線技師などの国家資格を持っていないと医療行為はできないので、担当するものは資格を持っている。放射線取扱主任者の資格は包括的に放射線について勉強するシステムなのでこの程度の知識があることが最低限だと考えている。

●医学物理士の必要性

核医学の分野に限定すると医学物理士の資格は非常に有効である。

●他分野との連携

多くの先生方はご自身の分野に集中しているので、なかなかつながりを持つ機会を得るのは難しい。

しかし、核医学の分野は理学や工学との共同作業が必要な面が多い。この機会を積極的に持ったことで大阪大学の α 線を用いた核医学治療は発展してきたのだと思う。

●RI 国産化の必要性

最低限必要な RI は国産化できないといけなく考えている。どの施設でどのような RI を製造しているか現在整理している。これらの RI を誰がどのくらい必要かという日本の情報を整理しないといけなく考えている。

●RI 流通の課題

現在通常利用している核医学用 RI については現状に於いて不自由を感じていないが、今後新しい放射性医薬品などを作ったときにそれがどのように流通されるかは議論しないといけない。これは海外でも同様。

●国際交流の必要性

海外の文化、法律など思想や背景の異なる人々や地域の現状を知ることは、日本に置き換えて考えたときに日本ではどうしたらよいかを考えるきっかけとなる。参照材料としても海外との意見交流は極めて重要。

●核医学分野での医師の負担

全て医師が全体を率いなければいけないかと考えると必ずしもそうではない。いろいろな専門家が集まって誰か差配できる人材がいれば医師の負担は減らせる。しかし、そのような差配できる人材は日本に多くは存在しない。それはそのような観点に立脚して物事を進めてきた経験や必要性をこれまで重要視してこなかったからである。

●国に対する要望

あまりにも関係者間で共有できる情報（人材情報）が少な過ぎる。その根本原因である情報をつなぐ拠点の運営が必要。個々の分野の専門家はいるがその専門家をつなぐ人材がいない。そのような人材を有する拠点の設立と、それを運営できる仕組みを作ってもらいたい。

●効果的な PR 活用

いま世界的に同じような事態が発生している。例えば英国王立化学会が発行する月刊の化学ニュースマガジンの chemistry world では放射化学者が減少して困っているという実態が既に5年前に報告されている。世界的にこの分野で携わる人がだんだん減っている。米国 DOE の IDPRA プログラム等が米国政府に対して行った提言や、それを反映した実際の政策が参考になるのではないか。

【内閣府からの質問に対する回答】

質問：国への要請で専門分野をつなぐということであったが、これはリサーチアドミニストレータのようなものか。福島県立医科大学では他大学の他分野との連携としてどのような活動をしているか。

回答：今後必要となる分野間をつなぐ人材のイメージはURA(research administrator)の育成とは異なり、異分野同士をつなげることが上手い人のリクルートと運用の仕組みが重要。例えば前立腺がん骨転移の治療剤であるラジウム-223 を使う場合、これがどのようにして作られているかは使う人は分からない。また、これをこのように改良したいのだけどの様にしたら良いかわからないというのが現状。一方、理工系の人間は再処理でいろいろな超ウラン元素を分離する技術は分かるがこれがどのような利用につながるのかは分からない。この両者をつなげる人材がない。大学の中にも垣根がある。海外の大学ではいろいろな分野の人々がコーヒータ임に集い雑談しているなかでアイデアが出る。垣根が低いと感じる。このようなきっかけを作る仕掛けや運用が重要。

質問：福島県立医科大学では、他の大学他の分野の学部との連携とどのような活動をしているか。

回答：いわゆる教養課程には医療関連以外の分野の先生はいるが、学際的な他分野との交流は難しい。放射線塞栓療法についてはたまたま福島大学の先生と知り合えたことが突破口になった。新しいことを始めるには、このような交流が重要。

以上

⑨ 【有識者】横山 須美

議事録

- 日 時：2022 年 2 月 9 日（水）10：00 ～ 11：00
- 場 所：Web（Webex）
- 有識者名：横山須美氏
（藤田医科大学 研究支援推進本部 共同利用研究設備サポートセンター 准教授）
- 出席者名：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
實國 慎一（参事官）
下村 智子（参事官補佐）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
川俣 陽平（企画部）
（株）ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●RI 実験室の現状

当センターの中にある RI 部門には横山先生お一人である。RI 利用は最近ほとんどない。10 年～20 年位前までは RI 施設を利用する方が結構あった。診療放射線技師を育成する医療科学部放射線学科で放射化学の実験でごく一部実際の RI を利用するプログラムがあるが、規模は次第に縮小している。国内の他大学でも RI 利用分野は規模を縮小している。これは RI を必ずしも利用しなくても良い状況が整いつつ有ることが背景にある。利用するための申請が複雑であり管理区域に入るリスクなどが縮小の要因である。実際に核医学をやっておられる先生も RI 施設の利用をやめる傾向にある。RI を利用するメリットは感度が高いという点である。

●教育上の課題

診療放射線技師になる人たちの育成プログラムにおいて実際の RI を使わないで卒業することが良いものかという疑問は残る。

●技師の育成に対する影響

技師の育成において RI を実際に利用した経験があることは重要な要素である。藤田医科大では臨床実習に出る前の模擬した患者への接遇、機器の使い方を評価するシステムがありカリキュラムでサーベイメーターを利用する実習がある。これは教育上大きな効果があると考えている。リスクの大きな分野では特に経験を積むことが重要な要素である。

●学生への教育内容の課題

放射線管理は身につけてもらいたい。また、基礎力を身につけて柔軟性を身につけてもらいたいと考えている。最近専門的な知識を早い段階で身につけさせるような教育も見受けられるが、基礎的な部分はしっかり抑えておくことが重要。それにより課題解決能力が身につくと考えている。また、放射線技師の養成については患者に分かりやすく説明するなどリスクコミュニケーションの技術が重要と考えている。コミュニケーションの実習カリキュラムも検討されている。

●卒業生の進路

診療放射線技師を目指すのが 8 割、9 割であり、他は企業で CT の開発などに携わる。卒業生はほぼ全員放射線に関連する仕事についている。ただ、半分かうちの学生は病院に勤めているが、そのなかで核医学や放射線治療を行っている病院は限られているので、その分野に進む人材は 1/8 程度ではないか。本学も医学物理士も大学院の単位を取得していないと受験資格が得られないが、1/4～1/5 位の修士を出た学生は医学物理士を目指して受験する。ただし、これは最近の話で有り最近増えている。

●医学物理士の活躍分野

実際には医学物理士の活躍の場は中性子線、加速器を利用する分野（例えば粒子線治療）に限られており、非常に需要が限られている。核医学会は学会が認定する専門技師（600 人くらい）がある。しかし、管理業務が主なのでもう少し教育を充実し、医薬品開発などに関われるように教育することが必要。例えば線量評価の技術などを身につけることも重要。核医学の分野で主導的な立場になれる人材の育成に関する議論が行われている。

●医学物理士が少ないこと

日本と海外のシステムが異なるので、少ないことイコール問題かと考えないと必ずしもそうでもないかも知れない。診断、治療に関して医学物理士は責任がない。最終的な判断、責任は医師が負うので責任も含め、なかなか活躍する場がない。どこの大学も認定コースを含めて育成の準備ができているがその活躍できる（夢を描ける）場を用意することが重要。

●技師の立場と医師の立場の違い

技師は責任を持った仕事、主体的な医療への貢献、活躍の場を求めている。一方で、医師は法律の知識、被爆計算、診断・医療計画など全て任されているという意識を持ち、重荷を感じている。この両者の意識の違いを解消することが、核医学の普及にとっても重要なことだろう。

●制度の変更、改革の方向性

今すぐ制度を変更することは難しい。病院も利益を得なければならない。このような環境の中での医師と技師のコミュニケーションが重要。意思疎通が上手くいけばその中でできることもあるのではないかと。本学では 1 年から全学部でコミュニケーション授業を実施している。

●医療上の役割分担

実際に放射線の専門的知識のない医師が透視や X 線での診断などを実施するケースがある。このような場合専門的な知見のある技師に任せることも必要ではないか。医師は技師の判断・意見をとりまとめ最終責任を負うという役割分担が有っても良い。

●放射線技師に対するイメージ

最近 TV ドラマでも放射線技師に関するものがあるが、実際にあのような医療現場を思い描いていたら現実は違うというジレンマに気がつくこともあると思う。実際には医師のオーダーに従うだけで自分の意思に基づいた医療への貢献ができない場合が多い。

●異分野との交流の実態・必要性

医学物理士の活躍の場を確立するには異分野との連携は重要。新薬創生、AI 活用など理工系の人材も重要。線量測定など測定技術を持っている人材、加速器に関する知識を持っている人材が少ないと感じる。

●原子力施設との関連性

原子力発電所の運転との関係において例えば従事者の被曝線量を評価・測定するなどの内容は共通。また、リスク評価、コミュニケーションなどは共通する要素もある。

【内閣府からの質問に対する回答】

質問：放射線技師の資格は国家資格である。RI の体内への挿入などにはできないが、法律上技師ができることは何か。

回答：放射線技師が行える業務：国家資格で業務が決まっているが、放射線技師ができない事項として RI を人体に挿入すること（穿刺）が挙げられる。もともと放射線技師は穿刺できないが、最近の法令改正で抜針できるようになった。放射線技師は核医学の試薬の準備、ガンマカメラで撮影することはできる。

質問：医療現場の RI 利用は医師の責任であり、医薬品の開発ではメーカでは人が足りないということであるが、医師と薬剤師を限られた母集団の中で取り合いとなってしまうと人材確保が難しいと想定される。医師や薬剤師でないといけないものは何か。診療の方針、法律上の判断は医師であるが、プロセスでは技師でも良いのではないか。

回答：医薬品の開発（薬剤師を求めている）も医者も人が足りないという現実がある。しかし、判断は資格がある人物がやる必要が有るが、そこに至る過程は専門知識のある人間が手伝えるのではないか。

放射線の知識があり、機器の工学的な分野には強いが、生物化学系についてはあまり得意でないということで、教育の面で薄く、課題があると思う。診療放射線技師の教育課程の中に薬剤の製造の知識を盛り込むなどの工夫をすることで拡大できるかも知れない。

以上

⑩ 【機関】国立研究開発法人 国立がん研究センター中央病院 放射線治療科
議事録

- 日 時：2022 年 2 月 9 日（水）11：00 ～ 12：00
- 場 所：Web（Webex）
- ヒアリング機関、担当者名：国立研究開発法人 国立がん研究センター中央病院
放射線治療放射線治療科長 井垣浩氏
放射線品質管理室医学物理専門職 中村哲志氏
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
實國 慎一（参事官）
菊池 久美子（参事官補佐）
下村 智子（参事官補佐）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
川俣 陽平（企画部）
(株)ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●スタッフの構成

病院としては放射線治療専門医が 9 名いる。常勤職員だけど非常勤的な位置づけのレジデントが 4 名。医学物理士は核医学専門で勤務している人はいない。放射線治療部門で主に働いている医学物理士が 4 名、レジデントが 3 名。全国的にも核医学専門で働いている医学物理士は非常に少ない。

●技師の数

放射線治療 22 名、核医学は 5 人（診療放射線技師）、画像診断で 46 名程度（他の病院の技師よりは充実している（業務量が多いため））。

●医学物理士の現状

国立がんセンター中央病院は他の病院に比べて医学物理士の数は相当多く見えるが、多くなったことで複雑な治療や新規治療法を沢山実施することとなり、他の病院の物理士よりさらに忙しいのが実態。国立がん研究センター中央病院の医学物理士の数としても不足しているし、日本全体の医学物理士の数も不足していると考えている。そのため、そもそも数が少ないので国立がん研究センター中央病院も含めて、現在のスタッフのネットワークを駆使して医学物理士をどうにか採用しているのが現状。その対策として、国立がん研究センターでは、今年から医学物理士のレジデント制度を始めたが 1 期生が 3 人いる。欧米と同様にレジデント制度で雇う制度がようやく整い始めたところであり（日本全体のレジデント制度の数で考えるとまだまだ足りない）、今後、他の病院などへレジデント課程を修了し、医学物理士に必要な能力を有する人材を輩出できるようになることが期待できるが、それにも医学物理士を目指す人が増えないと難しいと考えている。

●医学物理士が不足している原因

- ・教育機関が不足している。教育から臨床につながる（受け入れられる機関）がなかった。

また、国家資格ではなく保険診療の施設基準に医学物理士の必要性が明記されていないことも病院で雇う上での障壁となっていると考えられる。特に大規模病院以外ではその傾向が顕著と考えている。

- 実際には人材を育成（例えば医学物理士）したあと、ちゃんと雇って貰えるという条件が整えばもっと人材が増えてくる。もともと医学物理士を目指す人が少ない以上に医学物理士として病院で勤務するひとはさらに少ない。
- 日本だと診療放射線技師やって医学物理士を目指す人もいるが、医学物理士の枠がないので、診療放射線技師をやりながらやっているという実態。特に枠を作らなくてもできているという現実があるので病院経営者もわざわざ枠を作ろうとしない。しかし、新しい診断・治療を始めようとした場合、遅れてしまうリスクもある。さらに、放射線に関する診療の均てん化などを考えた場合、欧米でも日本でも医学物理士がその多くを担っているが、日本ではそれに対する社会的評価/臨床的評価が正当に受けられていない。日本の診療は医学物理士がもともと少ないという前提で進んでしまっているが、役割が明確になればもっと人材も増えていく。
- また、国立がんセンター中央病院でも大学院まで出ている医学物理士の位置づけが高卒の事務員的な位置づけになってしまっていた。今はだいぶ改善されているが(欧米に比べると未だに非常に低い)、このような扱いが実際の病院として存在することが、増えない要員のひとつになっているし、欧米の状況とは大分異なる。

●医学物理士の役割・必要性

法的な知識、線量評価などを医師が実施しているが、この辺りを医学物理士が担当してくれると有難い。医学物理士は十分な/より高い専門性をもっているので、是非預けて頂きたい。

●医学物理士を目指す人物像

- 日本の現状では医学物理士を目指す人材は保健学科を出たひとが最も多い。保健学科を出て、診療放射線技師になってその後、医学物理士を目指す人材が多い。それは、診療放射線技師の免許を持っていることで病院は雇いやすくなる。魅力の有る仕事だと認知されれば、いろいろな大学院修了生が目指すこともあり得る。
- 物理を学んでいた人材は、物理の世界は範囲が広く、社会との接点・対象が見えにくいですが、医学だと対象は患者さんであり明確なので目指す切っ掛けとなるケースもある。
- 放医研など研究所では研究者として理工系の方が入っていて、医学物理士を取得した人も結構いる。しかし、病院となるとどうしても診療放射線技師からなるひとが圧倒的に多い。米国で核医学専門医学物理士が多いのはレジデント制度も整備されており、OJT やりながら大学院で学べることも大きな理由。結果的に理工学部出身の人でも核医学を目指す人が多くなる。また、米国では診療報酬もついており、さらに、職制については国際機関のILO(国際労働機関)で認められている。
- 日本では診療放射線技師の一つの上位資格的な捉え方になってしまっていることも日本で増えない大きな理由。

●核医学を支える人材の不足

放射線機器メーカーは人材は豊富だが、メンテナンスをやる人が少し前はかなり少なかった。いま

は、メンテナンス要員を企業が育成してくれているので多くはなりつつあるが、大学では育成していない。企業・病院に入ってから学ぶことになる。

当院には核医学専属の薬剤師は一人いるが、やはり、その人が休んだりすると RI 製剤は作れなくなる。また、RI を扱う薬剤師さんが例えば薬剤部に所属できなくて、放射線診断科に所属するようなこともあった。そのように本流でない部署に配属された場合にはキャリアパスで限界があり、不利であると感じる。

●RI の輸入による弊害

コロナ禍で物流が止まると診断・治療が止まってしまう。国内で補充できない状況は問題。治療を預かっている立場からいえば、診断は多少遅れても問題がないケースもあるが、治療は待てないケースが多い。ルタテラなどはようやく利用できるようになり、いままで何年間も待っていた患者さんが使えるようになったが、患者さんが急に増えたことで新しい患者さんには使えないという状況も発生している。仮にいまルタテラが使用できない状況が発生したらかなり混乱する。

注) ルタテラ：放射性同位元素のルテチウム 177 を標識した治療用放射性医薬品

●異分野との連携の必要性

日本でもいま医学物理士コースが整備されつつある。今後、この分野の発展には、従来の分野のみならず原子力分野、理工学系の分野の方の参画が非常に重要。ぜひ、工学部、理学部の人も医学物理士に入ってきてもらいたい。異分野との連携を目指していて、例えば応用物理学会などのセッションの一つとして医学物理士に関するセッションを入れてもらうなどのアピールや、物理学会では医学物理士レジデントに関する人材募集についての情報提供も行っている。

●他分野との共同研究

いま AI を利用して画像解析の研究は工学部系の先生と一緒にやっている。治療の分野では呼吸性変動による腫瘍位置を予測するなどの分野で AI の活用が行われている。AI 画像診断はまだ現実的に医療現場には出てきていない。

●医療用ロボットの活用

将来的にスタッフが被爆する可能性のあるところをロボットが代替することは将来的にはあるかも知れないが、透視とか核医学投与など限られた部分などに限られているので、ロボットに置き換えるのは難しいのではないかと。責任の所在の課題はある。

●国際連携

海外の病院や研究機関とのつながりは過去留学していたことなどを元に連携契約した例や、BNCT (Boron Neutron Capture Therapy：ホウ素中性子捕捉療法) などでは国際連携で協定を結んだことがあるが、その程度。

●RI 医薬品の効果と広報のあり方

RI 医薬品の効果が期待できたとしても、あまり広報しすぎると患者さんが集まりすぎてしまい、病院のキャパを超えてしまうというジレンマもある。外からの患者さんが増えすぎると院内の本来の患者さんの治療が遅れることになりかねない。

●核医学の効果に関する広報

各診療科での自分たちの売りになる治療法の紹介は行っているが、病院全体としては行っていない。

【内閣府からの質問に対する回答】

質問：国立がんセンター中央病院では、専門医 9 名とのことであるが、専門の学会や専門医機構の認定の専門科医はいるのか。

回答：がんセンター内の専門医 9 名は放射線治療の専門医であり、そのほかに放射線診断の専門医が 13 名程度いる。これらは日本医学放射線学会の認定を受けた専門医である。いま、専門医制度の移行時期なので、一部の人は専門医機構の認定を受けていると言う状況。

質問：国立がんセンター中央病院の中で、治療をする医者と診断医、医学物理士の現場での役割分担についてご教示願いたい。

回答：

- 治療については医師が診察・治療適用の判断を行い、治療計画をする段階は医師が一部と物理士多くの部分を担当する。その先の治療データのクオリティアシュアランス、整備などは主に医学物理士がやっている。制度管理なども主に物理士がやっている。
- 放射線診断医については画像診断、インターベンショナルラジオロジー、核医学をやっている人が別々にやっている。

質問：核医学専門の医師は 2 人、核医学関係の治療は専門の人が 2 名で対応しているということか。

回答：その通り。

質問：放射線専門医の知識は核医学に必要なものか。

回答：

- 放射線科専門医を取得後、放射線診断専門医、もしくは放射線治療専門医のサブスペシャリティ専門医を取得するという 2 段階構成になっている。核医学の基礎知識は放射線科専門医の教育で全員受けている。そのなかで核医学専門の人たちは放射線診断専門医を取得した上で、さらに専門的な知識を身につけているということ。
- 医学物理士の試験を受ける段階で放射線治療、線量測定などの試験内容を課せられている。また、最近放射線治療専門の治療専門医学物理士という枠ができた。

以上

⑪ 【機関】原子力安全技術センター

議事録

- 日 時：2022 年 2 月 9 日（水）15：00 ～ 16：00
- 場 所：Web（Webex）
- ヒアリング機関、担当者名：原子力安全技術センター
常務理事 兼 放射線安全部長 吉田昌弘氏
企画総務部長 松戸二三男氏
企画課長 阿南徹氏
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
實國 慎一（参事官）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
川俣 陽平（企画部）
(株)ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●事業・業務の内容

当センターは医療用 RI 関係の研究開発を行っておらず、放射線安全に関わる業務を実施。事業としては医療用 RI 原料の製造・輸送に関しては PET 核種を製造する施設の放射性同位元素等規制法に基づく検査、RI 医薬品の原料の輸送（B 型輸送）の確認を実施している。また、RI 使用施設の定期検査と施設の変更・新規設置時の検査を実施。

●採用状況

原子力安全技術センターはほとんど社会人の中途採用である。

●放射線取扱主任者試験受検者の傾向

HP に詳細を公表しているが、1 種と 2 種の受検者についてはこの 2 年間、コロナ禍の関係で受講者が受験を差し控える傾向がある。1 年間で 1000 人程度が受験を控えている。受験生は例年 7,000 人（1, 2 種合計）が 5,000 人台になっている。

●受験生の傾向

原子力全体という広い目で見ると放射線取扱主任者は研究機関や学生などが受験者となる。2 種は密封線源が対象であるがここのところ受験者数は 1 種と比較しても顕著に減少傾向。

放射線を取り扱う事業所は全国に 7,000 事業所程度あるが、放射線取扱主任者の資格を有していた団塊の世代がリタイヤすることによって、新たに主任者を確保しなければいけない状況が生じ一時受験者数が増加したのではないかと。

しかし、最近 65 歳以上も働けるような社会環境も整ってきているので、切羽詰まっている状況は緩和されつつあると考えている。

また、放射線に関する安全管理、測定技術などは高校、大学で教える人、教えられる人材が不足していると感じる。

薬剤師の放射線取扱主任者の受験も結構ある。

●受験者数減少の理由

医学物理士の方々やメインの放射線技師の受験に際して力試的に放射線取扱主任者を受験してみるとというひと減っていると感じる。コロナ禍の影響もあり、複数受験する余裕がないのではないか。また、大学や研究機関が受験をするように指導することで受験者数は増える考える。放射線安全管理に関する意識を高めるような活動は必要と感じる。この2年間は医療機関もコロナ禍の影響で忙しくなっているということも背景にはあるのではないかな。

●受験者の最終学歴

放射線取扱主任者試験の受験者の最終学歴は第1種、第2種ともに、大学、大学院（修士）卒業の方が多。学部が受けて受かる人は逆に少ない。実際には卒業後仕事をする中で受ける人が多いと思われる。

注）第1種：大学 63%、大学院 23%、第2種：大学 40%、大学院 14%（令和3年度受験者）

●防災研修について

原子力防災については内閣府の原子力防災担当や地方自治体の方から原子力防災の仕事を入札で請けて、主に地方自治体の職員に対して実施している。原子力防災は国、自治体、および自治体の中の警察・消防が担う部分と分かれている。ファーストエイドの人も原子力防災研修に参加する。内容は放射線防護、測定の方法、緊急時を想定した防護衣の着脱などが含まれている（発注元の仕様書に基づく）。

また、緊急時のモニタリング要員の研修などを引き受けることもあり、省庁や自治体ごとに求められることが異なる。

●被ばく医療研修

医療関係者に対して避難所で対応する看護師、医療スタッフに対して動線誘導、測定などの訓練を実施。医療従事者のなかでも特に医師に対しては放医研などの専門の先生が研修を行う。

また、緊急事態のことを考えると医療スタッフとの連携訓練などが重要なポイント。薬剤師の方に対して研修を行うこともある。

●人材確保の面で重要なこと

原子力防災の作業をする人は2、3年で自治体の担当者が変わってしまう。折角対応力を身につけたとしても数年で部署が変わってしまうので、専門的な組織・体制をつくるのが重要なのではないかな。

●放射線管理の課題

安全管理に携わる人材が不足しているという話は良く聞く。医学物理士、技師の方など本来業務にプラスアルファの形で安全管理をやっている人が多い。医学物理士という仕組みが後からできたので、放射線技師の人たちは技師会という力のある団体を持っているが、今後安全管理の面で医学

物理士が活動しやすい方策も必要。医療の世界では医師をトップにしたヒエラルキーができ上がっているものの、医師は放射線管理の専門家ではないということも問題である。病院の経営は金銭的な要素もあるので、金銭的な要素のみにとらわれない専門的知識に基づく放射線管理が必要。

社会人でも、自治体の人でも入社して数年の人は放射線に関する知識が少なすぎる。

●異分野との交流

一時期海外の機関（韓国や IAEA）などと情報交換をしたこともあるが、現在ではほとんどない。学会、協会などとの連携を行うこともある。放射線中央協議会、医療放射線協議会との協賛で講習会を実施することもある。

●教育カリキュラムの課題

高校・大学・大学院での教育カリキュラムのなかで放射線教育に関する内容が少なすぎる。また、実際の RI を用いた経験をさせず、イージーな教育で済ませてしまっていることも重要な課題である。

放医研の元理事長であった 佐々木 康人先生が学術会議で医者にも放射線の勉強をさせて、国家試験にも出題するように提言されているが実際の医療現場での反応は薄いように感じる。現場は医療行為のみになってしまって、医療を支える放射線については他に任せれば良いという発想になってしまっているのではないかな。

●医療用の RI の輸入依存について

医療用の RI の流通に関しては原子力安全技術センターは重要なポジションにいる。医療用 RI の輸入依存特にテクネジェネレーターであるモリブデンについては原料を輸送するためには当センターの確認書がないと移動させることができないが、JRR-3 などを用いてどんどん国内で生産できるようにしていく必要が有る。テクネチウムは治療行為だけでなく、検査薬にも使うので待っている人が沢山いる。

モリブデンは世界で取り合いの状態。海外に依存すれば良いという考え方はあらためる必要が有る。

●RI 利用を阻害する要因

また、アスタチン 211 などアルファ線核種による医療が進んでいるが新しい規制環境に時間がかかり国内ではなかなか進まない。結局 RI 廃棄物の問題になる。現在 RI 廃棄物処理は日本アイソトープ協会 1 社が担っているが、短半減期のものをどうするかは決まっていない。特にアルファ線核種については日本アイソトープ協会も直接引き取ることができない。

PET 製剤は RI 規制法も薬機法も半減期が過ぎて放射能が減少していれば医療用産廃などの道があるがこれは僅か 4 核種しかない。今後 RI 医薬品を医療現場に生かしていくと言う活動をするためには規制環境の整備遅れが活動推進の阻害にならないように願っている。

以上

⑫ 【有識者】細谷 紀子

議事録

●日 時：2022 年 2 月 9 日（水）16：00 ～ 17：00

●場 所：Web（Webex）

●有識者名：細谷紀子氏

（東京大学大学院 医学系研究科 疾患生命工学センター 放射線分子医学部門 准教授）

●出席者名：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室

實國 慎一（参事官）

蛭沢 重信（政策企画調査官）

末廣 利恵（上席政策調査員）

日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）

川俣 陽平（企画部）

（株）ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●RI の利用状況

診断、治療の分野では、RI は非常に有望な手段であり、活用のニーズが減っているわけではない。研究分野では、RI 以外の手段で代替できる実験手法も多くなっているため、徐々に RI の利用のニーズが減り、RI を利用する研究者の数が減っている。（癌の病態解明の分野であっても RI の利用頻度は減ってきている。）

医学系以外の理学系、工学系、薬学系などの分野でも RI を利用する研究者は減少していると聞いている。例えば、最近、東大の薬学部では RI 施設を閉鎖した。

●放射線取扱主任者の有資格者の内訳の変化

RI に限らず、放射線を取り扱う施設では、第 1 種放射線取扱主任者の資格を有する人を最低一人配置する必要がある。以前は、研究者でこの資格をとる人も多かったが、近年は、研究者が資格を取得することが極めて少なくなりつつある。近年の資格取得者の多くは診療放射線技師であり、メーカーの方も必要に応じて取得しているようである。

●RI 医薬品を製造する人材

薬剤師は医薬品の製造には不可欠であり、薬学を専攻する方々は放射化学も学ぶことになるが、薬剤師として RI の医薬品を製造するために働く人は多くない。

●サイクロトロンを動かせる人材

薬剤師以外に、サイクロトロンを動かせる人材も必要。こちらは理工系のバックグラウンドを有する人材ということになる。しかし、設備と人材の確保が難しいので、自分の組織では行わずに、外注で済ませる傾向があるのではないかと。RI の場合、半減期の問題があるので、近くで作ることも重要。

●サイクロトロンの存在（東大医学部の場合）

私が所属する疾患生命工学センターは、放射線以外の研究領域の教室を多数含んでおり、サイクロトロンはない。その代わり、臨床系の教室の中にはあると聞いている。以前に、そのサイクロトロ

ンで短半減期の RI を作ることを計画していた研究者がおられたが、他施設へ異動されたため、今現在そのサイクロトロンがどの程度稼働しているかは分からない。

●医師の中での核医学の専門家

医師の中で、核医学を専門とする人材自体が減っている。例えば、東大の場合は、核医学分野は、「放射線科」という枠組みの中に組み込まれているので、独立した組織になっていないことも核医学を専攻する医師が少なくなる要因のひとつであろう。放射線科を指揮するトップの先生は核医学が専門であるとは限らず、核医学を盛り上げる努力をしないと、核医学分野の専門家はなかなか育たないと予想される。

●医学物理士

医学物理士は、物理工学系のバックグラウンドを持つ人が多く取っている資格。医学物理士は、放射線治療計画のために重要で、照射の方法などを具体化する。

東大の中にも医学物理士の方が少数ながらいらっしゃるが、残念ながら RI の医学活用への関与は少ないと感じる。

●医学部の卒業生のなかで放射線医療に携わる人材

放射線科自体は、人気がある。「放射線診断」は人気があるが、「放射線治療」の方は、毎年、それほど多くの先生が入局するわけではない。また、医師として「核医学」をやっておられる方が少ない。

●核医学が独立している大学

大阪大学は、核医学分野に強く、講座としても独立している。東大では「放射線科」の中に含まれており、核医学は講座として独立しているわけではない。

●医師の志向

放射線治療より放射線診断の方が人気が高い。画像をみて診断を下すことに興味がある医師が多い。

●AI の活用

放射線診断の分野は AI の活用が期待される分野だとは思うが、最終的には人間の目で確認することが重要。ただし、診断医の必要数は減るかも知れない。

●キャリアパス上の課題

核医学分野が「放射線科」の中に含まれ、小さな単位で活動する環境の場合、将来のキャリアパスの見通しが難しい。ただ、広く外を見ればいろいろな方向性があると思われる。大学の中で、医学はもちろん、放射化学を学んだ人も、工学系を学んだ人も、薬学を学んだ人もいる環境、かつ、多角的なアプローチが可能な環境を形成し、その中で、「核医学」の研究者が育っていくような仕組みづくりが必要。

●研究拠点の必要性

上記の様な体制づくりは、個別の大学の中の小さな単位で「核医学」を実施していくだけでは難し

く、研究拠点を形成することが重要である。例えば、放射線の生命科学・人体影響という分野では、広島大学（原爆放射線医科学研究所）、長崎大学、京都大学などに研究拠点があり、全国の研究者が共同利用できる仕組みも整っている。しかしながら、これらの研究拠点では、RI の有効活用の領域まではカバーできているわけではない。核医学、RI をキーワードとした研究拠点が必要なのではないか。

●阪大の事例

最近、大阪大学では「放射線科学基盤機構」が立ち上がり、放射線・原子力に関する教育資源の共有、全学的な教育プログラムや人材育成プログラムの提供を実施し、放射線医療イノベーションを全学体制で推進している。この機構では、全学にある放射線関連施設の 15 事業所、2 か所の核燃料使用施設を一元化して、放射線管理部門、放射線教育部門及び放射線科学部門、附属ラジオアイソトープ総合センターを置き、専任教員のほか、理学研究科、医学系研究科、工学系研究科などの関連部局の兼任教員を配置することで、各部局の放射線関連施設と密接な連携体制を確保している。工学系や医学部附属病院などが共同でアルファ線核医学療法を中心とした医療イノベーションを目指している。

このように多くの分野を包括した組織での研究活動を通して、学位をとることにつながれば、将来のキャリアパスも広がり、この分野に入ってくる人が増えるのではないか。このような組織は、全国に複数箇所必要だと考える。

●量研機構（QST）

研究拠点をつくる一翼となり得る。病院も有しており、医療分野との連携を含めて実現できるのではないか。

●海外での取組み

拠点化構想において海外での類似事例があるかも知れないが、大阪大学の事例は日本が目指すべき拠点イメージに近い取り組みの 1 つである。

●国際連携

この分野は国際連携が特に重要な分野だと考える。人事の交流や若い人が海外で学ぶ経験を積むことも重要。特に RI 製造に関しては日本より進んでいるので交流は重要。また、核医学がなぜ発展したのか知恵が得られるかも知れない。このような国際連携は具体的にはあまり進んでいない印象がある。前述の大阪大学の「放射線科学基盤機構」では、国際機関と連携することが HP に明記されている。

●医療の海外依存

国内での RI の流通の必要性は感じるし、国内で取組みを始めた組織が複数箇所所有するように聞いているので、なんとかそれらの組織が連携して自給自足もできるようになると良い。

●国に対する要望

放射線や核医学の分野の発展は重要であり、研究者の人材育成は急務。しかし、大学内はそのポストが少ないという現実もあり、大学内のポストの確保は重要。

また、大阪大学放射線科学基盤機構のような研究拠点が複数あることでこの分野の人材育成と発展につながるのではないかと感じる。

RI を利用する施設・病床など運営するのに資金が足りない。施設の維持管理にコストが掛かりすぎると感じる。利用者が少ないことも収入不足の原因となっているが、人材の維持の面からも資金的な支援が必要と感じる。

以上

⑬ 【機関】国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（QST） 量子医科学研究所

議事録

- 日時：2022年2月14日（月）13：00～14：00
- 場所：Web（Webex）
- ヒアリング機関、担当者名：国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構（QST）量子医科学研究所
所長 内堀幸夫氏
先進核医学基盤研究部 部長 張明栄氏
脳機能イメージング研究部 部長 樋口真人氏
重粒子線治療研究部 部長 小藤昌志氏
分子イメージング診断治療研究部 部長 東達也氏
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
實國 慎一（参事官）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
宇井 直人（事務局次長）
（株）ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●QSTの事業内容について

QSTでは医療用RIの開発・製造をはじめ診断・治療法の開発およびRI使用施設・加速器設備の運用管理までヒアリング項目6項目を広く事業範囲としている。

●人材の専門分野

- ・RI医薬品の製造分野では修士・博士の学位を有する人材がほとんどで、新卒は比較的少なく、経験者が多い。大学機関と違って教育機関ではないので、即戦力として経験者の需要が大きい。定年制の職員を雇用するのは難しい。まずはポストク、任期制で採用し、その中で評価によって定年制へ移行する。任期制の職員は半数程度。任期制の職員はQSTの量子生命・医学部門では4、5割で技術職などサポート部門の方も含まれる。QST機構全体では定年制の比率は高くなるが、当部門は任期制が多い。
- ・独立行政法人として運営費交付金が減ってきた状況もあり、なかなか定年制の枠を確保できていない。経営的な観点から難しい。優秀な人をなかなか定年制雇用ができないことや、そのために、他の機関や海外に出て行くこともある。また、定年制の高齢化も課題である。
- ・QSTでは多様な分野の専門家を擁している。医学系、生物、薬学、化学、物理工学と各研究組織ごとに多様な専門家が所属している。

＜分子イメージング診断治療研究部＞

核医学の専門人材は5名。脳機能イメージング研究部では脳を中心にした画像研究が研究の主体であるが、核医学の専門家は以前は数名いたが現在はいない。脳の専門家が研究開発に取り組んでおり核医学の専門家は不在。現在医学物理士は居ないが放射線技師という立場で核医学の画像診断関連業務をするものはいる。医学物理士で核医学を専門にする人材は他の機関を見てもほとん

ど居ないのではないか。医学物理士は基本的には放射線治療関連業務を実施する。医学物理士の方には、核医学関連業務に積極的に参画してもらいたいとは考えており、QSTが事務局となって「標的アイソトープ治療線量評価研究会」も設立し、核医学物理士の制度の確立、育成を学会として目指している。

＜重粒子線がん治療研究や被ばく医療・環境放射線研究の分野＞

医学物理士が複数名（10名以内）おり、照射を行う場所、加速器の知識などにおいて医学物理士が必要なケースもある。しかし、全国的に核医学の分野で線量評価を医学物理士が実施するのは希であり、医師が中心となっている。放射線医学研究所には、事故時の被ばく医療のための線量評価や東電福島第一原発事故後の環境における被ばく線量評価を実施している研究者がおり、核医学治療での線量評価にも貢献できる。

●専門分野ごとの人材不足の現状

- 先進核医学基盤研究部には薬剤師は5名在籍している。しかし、放射性薬剤を扱う資格を有するものは1名だけ。この分野の薬剤師は不足している。放射性医薬品を扱える薬剤師が不足している理由は薬学部でほとんど扱っておらず、国内でも放射線を扱う教室はなくなりつつあることなどが要因として考えられる。結果として放射性薬剤に関する知識は現場での教育に依存せざるを得ない。日本には今放射性の薬剤を扱える人材は数十名しか居ない。海外でも当該分野を支える人材の平均年齢が上昇（40歳以上）し放射性薬剤を扱う人材は減っているが、特に日本は顕著である。
- 加速器のメンテナンスなどを行う人材も不足している。特に先端的な加速器の研究分野から医学部門に来てくれる人材は少ない。放射線を使う医療ということで被爆国であることや福島事故の経験など日本の特殊性もあり、人材の不足に影響している。

＜重粒子線治療の分野＞

- 重粒子線治療研究部は直接RIを取り扱ってはいないが、RIを使う治療はこれから発展して欲しい。しかし、学生がこの分野に入ってくるほどの華やかさが無い。昔は核医学教室という独立した教室があったが、最近では診断科に吸収されるなど、病院内での立ち位置が低いということから学生にも存在がよく見えないことも要因のひとつ。

●我が国全体としてRI利用・核医学専門家の不足

大学によってRIを用いた医療研究の位置づけが異なっており、例えば東大では歴史的にRI利用にあまり力を入れていないということもあり、人材もあまりおられなかった。日本で先進的に核医学を進めてきたのは金沢大学、京都大学などである。学内の組織改編や教授人事や教室人事の影響としては核医学の専門の先生の退官により、核医学の専門家が減っていったという現象も起きている。このように核医学分野の人事が不安定ということもあり、専門人材が育たない要因となっている。また病院自体も研究的要素の強い核医学より実践的な部分である画像診断に力を注ぐ傾向がある。

ただ、ここ10年位の傾向として核医学の治療が増加していることから注目されているが、まだ実診療の分野に入り込んで居ない。病院もまだ診断中心という状況である。

●核医学診療の規模

アメリカ、ヨーロッパではアルファ線核医学治療製剤の一薬剤（現在一薬剤のみ承認、市販されている）の売り上げだけで 1,000 億円程度になっており、日本全体の核医学診療や放射線診療の経済規模にも匹敵すると言われている。アルファ線核医学治療製剤の経済規模の大きさ、将来性が示唆される。日本でも前立腺がんなどのような患者数が多く市場規模の大きな病気に対する核医学治療がさらに広がってくれば経済的規模も大きくなると考えられる。

●最近の傾向（研究開発人材が育たない原因）

日本では 90 年代から PET の分野で世界的に先進的な研究開発が行われてきたが、FDG-PET が 2002 年に保険適用となったことを機に PET 施設での診断が積極的に行われるようになり病院では研究開発より PET 施設を活用した検査による収益を求める傾向が出てきた。

その後 2005 年に FDG はデリバリーで提供可能となったため、院内での標識薬剤の製造の必要性も疑問視され始めたこともあり、この FDG デリバリー製剤の保険適用を機に研究開発に使える PET 装置、標識薬剤の設備が縮小される切っ掛けとなった。結果として研究開発専用のホットラボ、PET 装置が国内で限られていることもこの分野の研究開発を行う人材が育たない要因の一つになっているのではないかと考えられる。

●核医学専門医の位置づけ

近年、専門医指向が強くなってきており、新専門医制度の中では放射線診断専門医、放射線治療専門医と専門性が細分化されたが、核医学専門医はこの中には入っていない。このような専門医体系をみても核医学が格下の状況であるとみられる。アメリカでは核医学は放射線科ではなく、内科の中に属しており、放射線科の医師とは対等な位置づけになっている。

●核医学分野の拠点化

QST では核医学分野での拠点化が必須と考えているが、同じく拠点化を目指している阪大では核医学の大御所の退官のあとこの分野の教授の席がなくなっているという残念な現状になっていることから、安定的な組織作り、拠点化は簡単ではないと感じている。一方、QST は多様な専門家の存在や新規の薬剤が製造できるなど他の大学にない強みもあり、企業、大学との連携も進んでいる。あとは、人をどれだけ集められるか、人件費の確保が重要になる。

●他の研究所、企業との連携の実態

QST では、複数のアライアンス事業を展開しており、それぞれ複数の企業と協力している。そのなかで、量子イメージング創薬アライアンス「脳とこころ」を 2017 年に設立した。基礎研究で開発した治療薬は人に応用したときに成功確率が低く、動物実験と人体をつなぐ共通のバイオマーカーが必要となるが、PET の様なイメージング技術は動物と人で共通する物差しで薬効などを知ることができる。これを企業のニーズに合わせて開発していく。核医学の取組みとしてこのようなコンセプトで複数の製薬会社とアライアンス事業を実施している。認知症、パーキンソン病などの診断や薬効評価に利用できると期待している。

また、QST では 2006 年から 10 年の事業として核医学を中心とした分子イメージング研究プログラムを旧放医研、理研（神戸）のグループを 2 大拠点として進めてきた。そのなかでは人材育成もテーマとして含まれており、東北大学・大学院と PET に関する研究開発を対象とした専門家

育成を行ってきた。特に、この分野での博士号の取得を目指した事業を推進してきた。企業から9名を集め、学位を取って企業に戻って専門分野で活躍頂いている。また、アカデミアでも10名程度の人材育成に寄与しており、量子生命科学分野と組み合わせた連携大学院に拡大する計画もある。これまで以上に核医学の人材育成に貢献できるものと考えている。

●国に対する要望

人材育成に関するプログラムの外部資金があれば良い。RIの薬剤メーカーは国内2社しかないが、規制など難しいことも製薬会社が育たない要因の一つ。厳しすぎる規制が基礎研究を阻害する要因になっている。国内で5日掛かるRI治療がオーストラリアでは日帰りで実施できるという実態もある。患者に優しい治療が患者に届くよう、厳しすぎる規制を見直してもらいたい。

以上

⑭ 【有識者】篠原 厚

議事録

- 日時：2022年2月14日（月）16：00～17：00
- 場所：Web（Webex）
- 有識者名：篠原厚氏（大阪大学放射線科学基盤機構 特任教授）
- 出席者名：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
實國 慎一（参事官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
宇井 直人（事務局次長）
（株）ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●大阪大学放射線基盤機構の活動について

大阪大学放射線基盤機構では医療用のRI製造や薬品開発を行い、核医学診断、治療法開発については医学系研究科と共同研究で行っている。臨床研究、診断も含む基礎基盤研究、応用開発研究も行っている。基盤機構は全学の組織で、理学研究科、核物理関係等基礎を幅広く行っている。RIを利用した施設、加速器も運用している。加速器は核物理センターにあり組織としては別だが、連携している。基盤機構にはRI利用施設がある。

●大阪大学の拠点設立のきっかけ

大阪大学として核医学を進めRIの開発を進めた背景は、放射線の利用を各組織単体ですすめるのは難しく、また多くの施設で老朽化の問題もあった。放射線を扱える施設は当時は17部局程度あったが、全てがアクティブにやっているわけではなく運営も難しい。管理面で全体的に連携が必要であろうという考え方がベースにあった。大学として医学利用を加速器施設なども含め理学部等全学体制で多様な連携のもと実施することが重要という認識もあり拠点化を行った。また、阪大の中では福島関係の事業でも全学体制による推進も検討中である。

●医学利用の体制

特にRIの利用では、加速器を利用したRIの製作、薬剤への合成、理学部での基礎実験、最後に病院で臨床試験とさまざまな部局が関わる。これらを連携してスムーズに実施することが非常に有益である。RIの様な放射性物質が学内でいろいろな施設を移動することにもなり管理面でメリットが大きいと考えている。

●病院内でのRI製造

阪大病院には小型のサイクロトロンがあるが、製造できるRIは限られている。このため、多くのRIは核物理研究センターにある大型の加速器で作る。試験研究炉は阪大にはないが京大にあるので、まだ、医学利用までは進んでいないが将来的にRIの医学利用で連携ができると思う。共同利用の実績がある。

●RI大規模製造のための技術の重要性について

RI 製造は原子炉、加速器などでもできるが大規模に RI 製造を実施するということはかつて日本では実施されたことがない。大量に RI を製造しターゲットから放射性核種を分離するための科学的な操作や、薬剤の合成、照射を含めた大規模製造技術が重要である。昔 JAEA では RI 製造開発の部署があったが、国の方針により輸入することになり、結果として操業・事業ベースで RI を製造・供給する技術者もおらず研究者もいなくなった。大規模に強い放射能で RI を製造し、ハンドリングできる人材が消えかかっている。また、RI 施設の老朽化が核医学の進展にとって懸念材料である。

●研究の安全保障について

国内 RI 供給については、基礎研究のほとんどの RI は輸入に頼っているので自国でも製造できる体制が必要である。国際的な事情で RI が来なくなったら研究が停止してしまう。また、産業利用の面でもかなり輸入に依存している。濃縮同位体ターゲットもほぼ輸入の現状である。技術立国と言いながら技術のベースが危うい。JRR-3 等試験研究炉が動き出したが、RI 製造にどの位使えるのかが問題であるが、現実は限定的である。JAEA に聞いても人材の継続性・技術伝承は課題とのことである。おそらく RI の広い利用を考えるとインフラの整備・人材の教育の両面を考える必要がある。核種によって作りやすさや作り方が異なる。加速器の場合は原子番号を変えるのでピュアな物ができる。原子炉と加速器の両方が必要である。このような取組みが実現できることを総じて研究の安全保障と言っている。

●学生の関心について

この分野への学生の集まりは良くない。放射能というイメージが悪い。東京電力福島第一原発の事故の時に数年は意識の高い学生が集まってきたが最近では医学利用の研究テーマに興味を持ってくれる学生はいる。学生は医学利用に関心がある。医学利用は出口が見えやすく社会貢献的なテーマである。基礎研究はベースのところ、例えば RI 製造技術の開発となると人気落ちる傾向にある。

●学生、教員の傾向

同機構全体としては大きく工学系研究科、理学系研究科など多様な組織から集まってきている。医学利用に関しては理学系研究科、医学系研究科が中心となる。また理学系だと核物理専門家もいるが化学、放射化学も多い。ただ、RI を使用した薬剤研究は標識技術の専門家が日本には少ない。阪大にもほとんどいない。放射化学を専門としている教員と連携したいが人数は少ない。

●核医学・医学物理士について

同機構全体では核医学を専門としている先生は数名である。医学物理士の資格を持っている先生は、医学部に養成コースもあるにも関わらず思いつかない。医学物理士養成コース（修士）に在籍する学生も多くはない。

●連携組織の参考事例・組織の特性について

同機構を作る際には海外の事例を参考にしたわけではない。機構は QST とは似たような組織だが、阪大は大学であり、学生を集めての教育・人材育成・人材供給が目的である。最近、QST や JAEA は中で育成する機能が減っているように見受けられ、即戦力を求めている。企業も同様の

傾向である。全体的に研究所の中での育成が難しくなっている。研究所内の高齢者化の課題もあるのではないかと感じ、日本全体として人材育成が難しい環境になりつつ有るように感じ、人材の供給ができていない。このような状況で技術伝承の問題がある。実際に RI を扱ったことのある人材が減っている。

●キャリアパスについて

核医学の興味を持つ人が減っている。核医学をやっている先生が減るとそれを選択肢に入れる学生は必然と少なくなる。また、医師の国家試験の中でも核医学の出題が少ないことも一因。また学内でのキャリアパスとか、施設の維持管理等の問題も影響しているのではないかと感じ、海外の画期的な診断・治療の成果などを知り、関心のある医師・学生は増えているが、実際にこの分野に進む人材は相変わらず非常に少ないと聞いている。原因は、例えば病院にとっては治療となると保険点数も少なく、治療の選択肢としての提示も少ない。実際に日本で行われている核医学を応用した治療法で画期的な成果が出ればこの分野に入ってくる人材も増えるのではないかと感じ、海外でやっているアクチニウム 225 などを含めた新しい方法を日本でスタートするのも良いのと思っている。この分野は基礎研究だけでなく医学部との連携により成果を出すことが必要。

●基盤機構の人事的な配慮について

医学、理学等放射線を利用する分野はだいぶ前からポストが減ってきている。ポスト不足は全国的な問題である。教員が少ないということは学生がドクターコースまで残る意思を持っていても引き留めにくい。基盤機構は留学生は比較的少ない。それはこの分野は自国に戻っても加速器がなく活躍する機会が少ないことも一因。ドクターコースはほとんどが課程博士であり、論文博士は難しい傾向である。社会人で博士を取るコースも充実させていきたい。特に RI の分野は他の分野である程度実績を持っている人が研究することで研究が進展する可能性がある。社会人の方がまた企業に戻り、評価されるシステムがあれば良いが、放射能関連は企業では施設も作りにくいし、扱いにくいかもしれないが、そこは大学の施設を使えるように連携することも 1 つの方向である。

●国際連携の必要性について

基礎研究では国際連携をもとに行っている。医学分野では共同研究をハイデルベルグ大学等ヨーロッパの大学と進めている。IAEA など国際的な人材育成も機構が母体となり進めており、国際連携は人事交流も含めて必須である。

●国に求める政策について

放射能に関する人材確保は厳しくなっている。学生教育のプログラムなどは沢山あるがなかなか実質的に動いて行かない。人材確保に向けた予算、ポスト、ポジションなどの良いシステム・支援が欲しい。学生にとって出口を明るく、見えるようにするシステムがあると良い。廃炉だけだと学生の興味は引かない。そこに至る基礎サイエンスも含めた分野全体の底上げ、活躍の場があると良い。プラスの面も含め、全体像が学生に見えるようになると関心を持ってもらえるのではないかと感じ、

●異分野交流について

多分野の交流に興味を持つ学生は多い。教育プログラムで卓越大学院が動いているが、ここの来る学生はもともと連携を期待しているように感じる。

以上

⑮ 【有識者】秋光 信佳

議事録

- 日 時：2022 年 2 月 15 日（火）11：00 ～ 12：00
- 場 所：Web（Webex）
- 有識者名：秋光信佳氏（東京大学 アイソトープ総合センター 教授）
- 出席者名：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
宇井 直人（事務局次長）
（株）ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●アイソトープ総合センターについて

同センターでは医療用 RI の製造は行っておらず、ユーザー側である。基礎研究で動物を使って RI 医薬品の前臨床試験を行っている。RI を使った核医学診断の開発研究も行っているが、外部照射は行っていない。秋光先生自身は臨床研究、治験は取り組んでいないがアイソトープ総合センターの職員の中には行っている人もいる。RI 利用施設の運用管理は行っている。

●アイソトープ総合センターに所属する専門人材

同センターには医薬品開発に関わる人材が多い。秋光先生自身は薬学出身であり RI 医薬品の開発を企業と共同研究しており、PET トレーサーの研究に取り組んでいる。東大医学部との連携により、 α 線の内服療法の研究をおこなっている。センターには生命系の出身者が多い。また、基礎基盤から診断治療に取り組んでいる者もいる。正規の職員は、教員が 7 名（教授 2 名、准教授 1 名、助教が 4 名）、職員 7 名（技術職員 2 名、事務職員 5 名）の総勢 14 名で運営している。他にも、特任教員、有期雇用職員、特任研究員、客員教授もいる。

●人材の傾向や不足について

- ・東大では基本的に RI の研究開発を行う人材は少なくなっており、技術職員の高齢化が見られる。正規の職員の採用が厳しく、定員が埋まっていれば新しい人は雇えず、定年退職しても新しい人材が採用できれば良いが、すぐ来ないこと、定員が削減される場合もあり、必然と高齢化になってしまう。技術の伝承、ヒヤリハットを含めた安全のノウハウが伝えられない問題も同時に発生してしまう。

- ・国立大学の観点からの説明になるが、教職員、技術職員、事務職員でも若手の枠が絞られ新卒より経験を積んだ方が採用される。技術職員も中途採用が多い、経験を積んだ年齢 30 代の半ばで就職しているパターンが見られる。東大全体の事務職員も若干高齢化している。中途採用が増えているのは大学の余裕がない、また研究業績を求めるということが主な理由である。ポスドクで定職に付けない人もこの分野は多い。

●学生の就職に関わる傾向

学生には RI を取り扱う分野は人気がない。これを打開するには先生方が楽しく研究できている雰囲気が必要だと思う。例えば遺伝子の研究は夢もあり社会の関心もあるが、放射線の研究になると法令

が厳しく、研究を少しやりにく点があるため人気が無い。トレーサーの実験もかつて RI を使っていたが、法令の規制がない光（蛍光など）を最近の研究では選択してしまう。RI 利用は法律の手続きの書類が面倒であることが主な理由である。また、法令が厳しいため、施設の設置・運営コストが高いことも RI 利用を妨げる原因となっている。学生にも RI をつけた研究が面倒であるという雰囲気は伝わる。レーザーとか強いものでないかぎり光は書類の必要性がない。

●医学物理士について

同センターには医学物理士はいない。ニーズも現時点ではない。臨床試験となればニーズもあるが、規制庁の書類や法令対応ができる方が大学では求められる。研究職がこうした法令対応をしているので、学生からするともっと自由に研究できて、就職先が多そうところが人気になる。

●東大内の放射線の講座について

東大の薬学では長いこと放射線に関する講座はなく、理学部もかつてはあったが放射線研究をメインに掲げている講座は今はない。自由に実験できないので業績が上がりにくい。論文になりにくいのではなく、RI を使った実験はかけたエネルギーに対して時間もかかり大変であるという理由が多い。

●海外と比較した見解

この分野は海外と事情が違う。当センターで α 線研究を担当する教員はスウェーデンに研修に行った。秋光先生自身もスイスに留学して RI 実験をしていたが、RI は日本より使いやすい。日本は手続き、書類書きから始まり使いにくい。手続きの煩雑さは規制の問題。

●資格の有無の業務範囲について

専門職種の業務で部分的に資格がなくともできる業務があるかどうかは現状思い当たらない。自身は国家資格としては薬剤師と放射線取扱主任者資格を持っているが、資格がない人の協力を得るのは事故があった時の責任問題もあり、あまり無いと思う。研究そのものの立案など資格を持っていない人が、対応可能な部分を手伝うというのは難しい。

●分野間交流、国際交流について

RI の利用分野は様々な分野の人材が多く関わっている。医薬品を作るにあたり、数学をやっている方、有機化学、生命科学、スーパーコンピューターでの解析の専門家との関わりが多い。センターでは AI 分野との共同研究も積極的に行っている。9 割の研究は専門外の人材との協力で実現している。国際交流については、科研費の国際共同研究によって海外の人材との交流は行おうとしたが、実際はコロナ禍で実現出来なかった。去年はオンラインで放射線医薬品に関わる国際ワークショップも行った。

●RI 核種の国産化について

価格のこともあり一概に言えないが、同等なものであれば国産は重要。そのための取り組みとして法令・規制の合理化などが必要だと思う。短寿命核種供給プラットフォームがあって、そこで基礎研究のための RI 供給ネットワークがある。このネットワークからの RI 供給を増加させるために加速器設備は出来たが、法令審査が遅れて研究がなかなか進まないという実態もある。審査が遅れていることに対して研究者は何も言えない。

●拠点化構想の重要性について

拠点化構想は必要であり、遅ればせながら東大の中でも放射線研究を盛り上げるような学内連携組織として、放射線科学連携研究機構という学内連携も作った。残念ながら医学部はまだ関わっていない。大阪大学ほど大規模では無いが、手持ちの資金でやっている所以十分な組織では無いが理学系、工学系、薬学系、農学・生命化学など学内の部局7つが連携している。ホームページがあるので参照してもらいたい。

●海外の参考機関・組織について

このような拠点に関して、北欧に関してはRI医薬品は国を跨いだ融通があると聞いている。北欧のような近隣諸国との関わりは重要。海外事情は福島医大の鷲山先生が詳しい。

●期待する政策

政策への反映については、エビデンスが論文になっていないと規制の合理化を認めないなど、RI法令の規制合理化のハードルが高い。規制庁が規制するのは当然だが、規制だけで無く放射線を推進するような機関があると良い。昔は文部科学省など推進をしてくださる組織があったが、東電福島第一原発事故の後は、基礎研究までやりにくくなっている。

【内閣府からのコメント】

学内連携については重要であり、ヒアリングは3月16日の専門委員会の資料に参考としたい。

以上

⑩ 【機関】 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構（JAEA）

議事録

- 日 時：2022 年 2 月 15 日（火）16：00 ～ 17：00
- 場 所：Web（Webex）
- ヒアリング機関、担当者名：国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構（JAEA）
経営企画部 次長 外池幸太郎氏
塚田和明氏、北辻章浩氏、新居氏、橋本和幸氏
前田茂貴氏
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
宇井 直人（事務局次長）
（株）ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●事業・業務の内容

JAEA として、医療用 RI の製造・利用は、薬剤の製造はないが治療用の器具については、施設を貸与する形で企業が製造している。核医学診断・医療法の開発も行っていない。臨床研究・診断もやっていない。また、これらに関わる基礎・基盤研究がまさに当機構の業務に該当となる。その他、RI 製造設備の管理・運用は大きな業務となっている。一つは、研究炉を用いた RI の製造を目指しており、研究炉そのものの管理、それから許認可業務は大きなウェイトを占めている。具体的には東海村にある JRR-3 は東海村で稼働中の原子炉。それから大洗に常陽という研究炉があるが、こちらは新規基準対応ということで対応中の原子炉。原子炉施設で照射されて出てきたものを RI 法（放射線障害防止法）の元で取り扱う RI 施設も提供している。

●必要とする人材

JAEA の RI・放射線利用に関しては設備の運転運用に必要な専門性を持った学生が必要。原子炉の運用にはかなり広い範囲の専門性が必要となり、炉物理から機械、熱水力、放射線管理といった人材を必要としている。RI 施設、核燃料使用施設といったホット施設の運用には原子炉のような専門性は必要ないが、各施設の運用に必要な知識を持つ学生が必要。あと、実際に施設の中でホットの化学に携わる者が必要。

●必要な資格

放射線管理課に資格保有者がいるが、主任者などは研究所で 1 名とか許可区分ごとに 1 名程度。あまり資格者は必要としない。むしろ現場のクレーンなどの方は資格が必要。安全管理の法令で要求される原子炉主任技術者、核燃料取扱主任者とか放射線取扱主任といった責任者は、原子力機構の人間が務めている。関連会社の人たちは、現場の作業安全に関わる知識・素養を持つ必要があり、クレーン免許や高所作業の資格を持った人を推奨したり仕様書の中で要求したりする。

●採用状況

毎年どの程度採れているかは現場ごとで状況が異なり、毎年 1 人、2 人程度採用している。JRR-3 部署の研究炉の運転、運用を管理する部門では毎年 3 名程度を新規採用している。原子炉の運転という観点からは全体で 40、50 名必要で、それに付随するホットラボというか RI 施設の施設、核燃料の使用施設を運用するためには別途 20-30 名必要となり、全体としては 100 名近くの人材が携わっている。そこに毎年 3 人程度採用している。

常陽はしばらく運転していないため、現状 140 名だが、運転時は 170 名くらい。これはプロパーだけではなく、職員は半分以上の 50 名程度。新卒は毎年 2、3 人入っている。

化学実験の素養があって RI 製造の化学処理に係わる研究開発が実施できる放射化学の素養のある研究者としては、原子力科学研究部門で 2、3 年に 1 人採用している。それ以外の、研究者ではない放射線管理や技術管理の技術者として放射化学を専攻した人を毎年 2 人か 3 人採用している。

放射線管理に関わる技官については、採用状況で述べた JRR-3、常陽の人数が基本的に技術系と思って構わない。その中で、研究者としての素養・業務もこなしている。

医学物理士、核医学関係の専門家は、JRR-3、常陽でも研究者側でも皆無。薬学の方もいない。薬そのものはやっていないが、薬の元となる原薬の製造を考えている。原薬としての検討は、外部の研究機関と協力して実施している。

RI に携わる業務がないと人が必要かどうかという議論にもならない。原薬は作るが薬は業務ではないので外注を考えなければならない。外部との協力が効率的であり、内部はリソースも少ないので自前主義はよろしくない。

●RI・放射線分野での高齢化

JAEA でも高齢化が進んでいる。年間 1 人程度の採用状況であり、育てる取り組みが細々という状況。研究者については、ポスドクを終えて成果のある方しか採れないという状況なので、入ったときから年齢が既に 30 を越えている。JAEA 全体で放射化学関係者の採用は年に 1 人採れるか採れないかという程度で、とても少なくなってきた。

●技術伝承やノウハウの引き継ぎで障害になること

必要な人材が必ずしも採れるとは限らないというところ。限られた人員の中で採用が行われるので、今は技術の方の高齢化・出て行く方が多く、そこの投入というのが重要なところになっている。そうすると、研究者で必要な選択と集中というところで、集中があるところには専任研究者が採れるが、一般的などところに集中して採ることができない。

●若者が成果を出して就職するまでのブランク

研究者で採るとなると、ポスドクなりの非常勤によって成果を出した、実力のある方から優先して採ることになる。成果がないドクターを取ったばかりの方は職員で採ることは難しい。まずはポスドクで採って成果を出して職員になってもらうことがキャリアパス。特に放射化学の分野で入所する研究者はほぼポスドクを経た方。技術職で入ってくる年数人の新卒の方で、放射化学をマスターで出た方、専門知識の乏しい方は、放射線管理やホットラボの管理を行うことになる。

研究者の場合は元々実力のある人を優先的に採って結果的に高齢化してしまうという流れがある。例えば JAEA の事業の中で採用し教育しながら進めていくということはあるが、RI 製造の部

門にはそのような事業があるわけではないので、教育して育てるという流れができていない。

●照射後化学処理における人材教育の課題

照射する業務と放射をした後に化学処理をして目的の RI を取り出す業務の 2 つがあるが、当機構では運転というのが 1 つ大きな業務に位置づけられている。そこはたくさんの人員を擁している。ペースは遅いが、炉の運転のための人材、新卒は常に採用できている。一方で、今は RI 製造は業務ではない。つまり照射をした後、目的の RI を取り出す化学の部分は業務に位置づけられておらず研究開発ネタであるため、研究者として採用する必要があり、技術者としての採用は止まってしまっている。炉の照射、そのための炉の運転・維持と照射後の化学処理が業務の面、人材育成の面で、JAEA では状況が大きく異なる。照射後の化学の部分の人材は途切れてしまっている。

●他分野との連携・拠点化の必要性

阪大、東大でも多分野の連携を推進するための組織を作っているが、JAEA では一般論として、イノベーションの推進が柱になっている。原子力の技術を原子力以外の分野のイノベーションに役立てることが求められている。その点で、JAEA が医療分野に役立つ・イノベーションを推進することは方針と合致する。モリブデン、アクチニウムなどまずはやってみるという段階であり原薬からするとだいぶ手前の段階で有り、JAEA 自身がセンターとなるような組織を設ける段階にまだない。一般論で言えばある段階まで行けばセンター構想は意味があるが、現時点では具体的な案はない。

●異分野との研究開発

放射線・中性子線を利用したミクロな構造の観察。その観察の研究開発として、化学現象をナノスケールの観察でより理解するという技術の共同研究が行われている。RI の薬では RI が発するエネルギーでがん細胞をたたくが、RI が最終的に熱をエネルギー源となる原子力電池の研究も行っている。また、放射性物質を取り除く回収・分離技術に関わる研究。JRR-3 では照射により材料の質を変えるという研究も行っており、これはドーピングとか、観察ではなく性質を変えるもの。また、中性子を照射してシリコン半導体を製造するという研究も実施しているが、放射線を照射することによって材料を高機能化するとか、高度化するというような研究は多い。

●法的手続き・書類作成の手間

許認可業務の手続きという点では、様々な記録をつけて検査を受けてということになる。その点、JAEA ではマンパワーは充実している。それは業務として施設の運営が位置づけられているため、許認可を怠ってしまうと、設備が止まってしまうため最優先で担当している。そこはかなり技術系の人間を投入しており、実際運用が始まると研究者自ら RI を取り扱うため管理面の負担が研究者に負わされる。それでも大学の技官の数に比べれば、JAEA が用意している技術者の数ははるかに多い。その点では管理業務の負担は大学に比べて少ないと思う。

●RI の供給体制・流通の課題

医療用 RI は半減期がとても短く、海外からの輸入に依存する現状においてはモリブデンにしても金グレインなど飛行機が悪天候で飛ばない状況では使い物にならなくなる。流通という観点からは国内で製造するメリットはある。また、震災以降 JRR-3 が止まり、製造する場所がなく海外からの輸入に依存していた状況では人材の補充が途絶えてしまったという現実がある。

●海外依存の影響

JRR-3 を再稼働してモリブデンを製造する場合にも 10 年間のブランクにより RI を作っていた人材が退職されたりして、現場にいる者は製造技術に関わる不安を感じる。

●経験のある運転員の必要性

目に見えない放射線を取り扱ううえでは、教科書ではわからない技術的なものが必要。経験が必要。

以上

⑪ 【機関】 富士フィルム富山化学株式会社

議事録

- 日 時：2022 年 2 月 21 日（月）15：00 ～ 16：00
- 場 所：Web（Webex）
- ヒアリング機関、担当者名：富士フィルム富山化学株式会社 人事部 山本圭一氏
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
實國 慎一（参事官）
菊池 久美子（参事官補佐）
下村 智子（参事官補佐）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
宇井 直人（事務局次長）
(株)ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●事業・業務の内容

医療用 RI 原料の製造、輸送などと共に、RI 医薬品の開発も行っている。核医学診断治療法の開発、医療機器についてもソフトウェア開発を行っている。臨床研究、診断などの研究およびこれらに関わる基礎・基盤研究、応用研究開発、臨床試験なども行っている。RI 利用施設の運用管理・許認可業務を実施している。当社では加速器、サイクロトロンは持っている。

●人材が有する知識・資格

そもそも日本国内の市場に放射線管理に関する知識経験を持った方はおらず、採用の時点での知識・技能・専門性はほぼゼロ。そのため、基本は入社してから学んでもらう。その上で、放射線取扱主任者を基本的には取ってもらう。資格 1 つを取ることで、いろいろな管理者になれたり、興味を持つようになってくる。放射線取扱主任者の知識・経験が 1 つの指針・目安になる。

診療放射線技師は社内にいる。業務で必要となる資格というよりは、その知識が仕事上役に立つ。

放射線取扱主任者の内訳については第 1 種は多人数いるというわけではない。持っている人が放射線の管理を行っている。製造現場では必ず必要な資格であり千葉工場、川崎、茨木にラボがあり、そこでは必ず放射線取扱主任者を持つ人が必要。

●社内での専門教育

基本的には OJT のみ。仕事をやりながら身につけてもらう。

放射線取扱主任者の資格取得も社内で行う人、大学時代に取っている人もいる。大学時代に取っている人は、RI を取り扱う企業に進みたいという意思がある。研究室の関係で取る必要があり、取ったというケースもある。

●入社する学生の背景

研究開発職等はほとんど薬学系の学生を採用している。薬学部には RI の研究室もあり、そこに所属していた人が来ることもある。学部、修士、博士卒は職種により、研究開発の領域だとほぼ院卒か

6年制の薬学部卒である。製造等の現場では高卒もあり、MRとなると学部卒が中心。

●中途採用

当社では中途採用も募集しており、新卒との割合は半々。もともと新卒が多かったが、ここ数年、事業の立ち上げ、会社の統合があり、即戦力の必要により中途採用に力を入れている。新しい製造所を建てたりするという当社事情による。

●コアとなる事業を支える人材

電気電子などの専門家が必要。結局 RI を作るのは機械であり、医薬品を自動梱包ラインで動かすので、電気などの知識がある方も必要。高卒採用も行っている。工業高校で電気科を卒業した方が活躍しやすい業務もある。メンテナンスは外注の協力企業もいるが、社内に技術グループがいる。

●日本の核医学の展開

海外のほうが放射線に関する規制等が緩く、研究開発は進んでいる。逆に日本は海外に比べると規制が厳しく、開発や治験は進みにくい。海外では日本に比べて活発であり規制の度合いが影響している。背景にある要因は日本が唯一の被爆国であることで、規制は海外に比べると、より安心安全を追求する傾向がある。国の規制が海外と異なってくると色々な医薬品の利用に関してどうしても差が生まれてしまう。当社としても国に対して働きかけをしていくということが、核医学の発展のために必要と考えている。

●分野の発展に必要な資格

RI・放射線利用の分野を加速させるために必要な資格については例えば医学物理士は海外とのギャップを埋めるために重要だろう。実際、規制が厳しいため病院で核医学専用の病棟・病室を備えられないこともある。医療分野での利用が広がると、興味を持つ方も増え、学ぼうとしてくれる。まずは、気がついてもらえてないというのが一番の課題。知らなければ学ぶこともない。

●大学での放射線・核医学の教育について

ニッチな領域なので、圧倒的に研究室も少ない。各大学に放射線、核医学を学べるような研究室が増えていってもらえることがありがたい。核医学・放射線を学ぶより、そもそもそういう領域があること自体がまだ知られていない。医師の方ですら、核医学をよく知らないケースもある。もう少し世の中に知られるような領域になって欲しい。

●若者への情報提供について

小学校くらいの時に色々な仕事に興味を持つと考えている。最近だと中学受験をするなど早めの段階で自分の進路の一步目を踏み出しているところが多い。裾野を広げるためには大学だとやや遅いように感じる。進学校では高校 1 年の時点で理系・文系などほぼ決まってしまう。敷居が低い情報提供が重要。例えば小学生に対しては漫画でもよい。薬局に行ったら薬剤師の人がいて薬を売っているというように、目に触れること自体が（核医学・放射線分野では）ない。この様な仕事があることを、意識的に子供たちに対して見せるように伝えていくことが重要。

●富士フイルム富山化学としての広報宣伝

当社としてはできていない。工場の近くで年 1 回程度社会科見学の一環として近くの学校の生徒

を招いたりしている。日本全国を対象にということではない。コロナ禍の影響もあり、最近はこれ
もできていない。そもそも小学生が工場に行くこと自体がないので、なかなか好評。

●RI という未知の世界に対する子供の反応

そもそも RI 自体がどのようなものか大人は知識があるが、子供は素直に受け取っている。大人は既
に放射線に対する印象を持っているが、子供はそのようなことがない。このため、驚きが大きいと
思う。子供たちはそもそも放射線って何というところからなので、素直に受け取っているという印
象。

●治療面での RI について

RI は国内で治療にはあまり使われていない。RI で治療して治ったという体験を得られない。この
ため、この分野の認識を高めるには至っていない。

●国内・海外との連携

海外の企業との連携はダイレクトにやっている訳ではなく富士フィルム（株）を通して連携してい
るというのが現状。これは、海外との連携が必要ないということではないということではない。研
究員対研究員の情報交換などは海外との連携はあると思う。大きな研究を進めていく場合には富
士フィルム（株）にも医薬部とバイオ研があるので、そこと一緒に実施することになると思う。

【内閣府からの質問に対する回答】

質問：研究室に寄付講座を設ける、あるいは産学連携をして学生を育成するなどの取り組みがある
が、人材確保に向けた戦略的な特色有る取り組みは行っているか。

回答：富士フィルム富山化学では、特に独自のものは無い。新卒の就職サイトに載せて、高校にも
求人して、普通に選考している。富士フィルム富山化学だから、RI だからという特色のある取組
みはない。

質問：複雑な法体系があるが、人事としてどのような対策を講じているか。

回答：富士フィルム富山化学では、人事として法規への対応は特に行っていない。法体系につい
て、各職場各部署で必要な勉強会などはやっているとは思いますが、人事としてはやっていない。

質問：放射線医薬品部門がペプチドリームへ移行したとき、現行とキャリアパスの変化があるの
か。

回答：富士フィルム富山化学では、予定はされてはいるもののまだ事業開始していないので、確固
たるものは決まっていない。当社は研究開発・製造・営業まで全てやっているが、ペプチドリー
ムは研究のみの会社なので、キャリアパスの上で、製造、営業の人がペプチドリームと共同で何
をやるか想像しづらい。薬剤の開発については、連携しながら進めていこう。研究職として
は、出向したり受け入れたりも想定される。ただ、スタートもしていないので、現場レベルでど
うなるかは見えていない。

以上

⑱ 【機関】株式会社アトックス

議事録

- 日 時：2022 年 2 月 21 日（月）16：10～ 17：10
- 場 所：Web（Webex）
- ヒアリング機関：株式会社アトックス
 - 長谷川信氏（事業開発部 プロジェクトマネージャー）
 - 田沢周作氏（事業開発部 課長）
 - 富田翔氏（事業開発部 主任）
 - 芝原裕規氏（事業開発部）
 - 福森麻衣氏（事業開発部）
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
 - 實國 慎一（参事官）
 - 菊池 久美子（参事官補佐）
 - 下村 智子（参事官補佐）
 - 末廣 利恵（上席政策調査員）
 - 日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
 - 宇井 直人（事務局次長）
 - (株)ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

（事前に提示したヒアリング項目について回答を書面で受領している）

●事業・業務の内容

業務の内容について、実施している内容は以下の通り。

①医療用 RI 原料の製造・輸送：

- ・ Ac-225、Lu-177、Th-228 などの輸入販売または輸入代行
- ・ アカデミア施設を利用した Cu-64 などの製造販売
- ・ PET 診断を実施している医療施設における F-18、C-11 などの製造業務
- ・ 68Ge/68Ga ジェネレータの輸入販売

③核医学診断や治療法の開発／RI 医療機器の開発：

- ・ 頭部専用 PET 装置（Vrain）クラス 2 医療機器の開発・承認・製造販売
- ・ 68Ge/68Ga ジェネレータと組み合わせた 68Ga-PSMA 合成装置（医療機器）や 68Ga-PSMA キット（医薬品）の開発協力（68Ga-PSMA：前立腺がんを標的とした画像診断薬）
- ・ Th-228 を出発原料とした、Pb-212 及び Ra-224/Pb-212 ジェネレータの研究開発
- ・ （Pb-212：標的アイソトープ治療に有用なアルファ線放出核種）

④臨床研究及び治験（診断も含む）：

- ・ ③において必要となるステージがある

⑤上記①～④に関わる基礎基盤研究及び・開発研究

- ・ ③において必要となるステージがある。

⑥その他：RI 使用施設や加速器設備等の運用・管理・許認可業務

- ・ 各種加速器（研究用・生産用・病院 PET 用）の運転・保守点検
- ・ PET 用薬剤（FDG、アミロイド検出用など）の製造

- ・ RI 施設の除染・施設管理（排気、排水など）
- ・ RI 施設の放射線管理
- ・ RI 施設の許認可助勢（遮蔽計算含む）
- ・ RI 施設の廃止工事

●事業領域・分野の内訳

大きな柱は原子力分野。放射線管理など原子力発電所に関わる業務や、福島復興に関連したものが柱。医療に関しては、新規事業としてまだ利益につなげておらず、将来的なもう一つの柱として考えている。また、加速器メンテナンスの業務として研究機関と病院が五分五分程度で行っている。研究機関の場合は大型のサイクロトロンになるので大型の施設が多いが、病院の場合は PET 診断など小型のサイクロトロンや薬剤製造の補助などの業務。

●医療事業に必要とする人材

放射線・核燃料物質の取り扱いや計測に関する知識・技術をもつ、放射線取扱主任者・核化学・核薬学・核医学・電気機械などの人材が求められている。アカデミアと協力して実施することができれば、社内での OJT で今後持続的な人材育成を進められると考えている。

●人材確保の実態

医療事業に関わる人数は現在 14 名ほどで、そのうち専任は 6 名で他の事業・業務と兼任している者が 8 名。新卒採用については、来年度の医療事業に加わる予定になっている。最近の新卒採用実績は、少ない年で 20 人台、多い年で 40 人台、2021 年は 40 人台。これは医療事業ではなくアトックス全体の新卒である。

中途採用については装置の開発にあたって、特に医療機器メーカーの経験者が必要で、人材会社を通じて 4 名採用して開発を進めてきた。併せて社内でも人材育成を実施した。

●採用ニーズとの合致

専門分野に特化した人材というよりは間口を広げて採用している。社内の OJT や、社内の資格取得制度で資格を取得しながら人材を育成するというのが社内の教育体制。医学・物理学・核医学・放射化学等の分野横断的な知識が必要で、資格が必要な場合もあるが、必要としない場合は、興味を持った社員を OJT で育成するという方針。

●人材不足の状況

不足している専門分野は医療機器・医薬品・RI の法規制で、それらに関する知識・経験のある人材を充実する必要がある。人材確保は主に人材派遣会社からの紹介、まれに直接 HP 等を見てコンタクトしてくる人もいる。医療事業は新規事業として開発過程なので、都度必要な人材について人材派遣会社を通じて採用している。現状はそれで対応できている。採用状況は当然スケジュールに影響してくるので、タイムリーに実施。

●今後の状況

将来的に需要増が見込まれる専門分野として、核医学を含む周辺分野の人材が重要。核医学自体が医学だけでなく物理とか化学とかその他諸々の分野の集大成で行う学問なので、周辺分野は大切。

人材確保の取り組みについては、医療事業の実績情報の発信によって就職希望者を確保している。

●高等教育機関における専門教育への要望

日本における核医学の発展につながる人材教育、国際交流の実現、原子力を含めた境界のない人材の育成を期待。今まで原子力分野、医療分野で境があったが、医療分野の中で有用な RI が増えてくると当然原子力分野との密接な協力が必要になる。

●専門人材の育成とキャリアパス

知識・機能の向上のために、アカデミアとの共同研究によって人材育成をして、事業の実現に展開しているのが現状。人事考課制度によって、部下の育成計画をしっかりと立てるという制度になっている。知識・技能取得の取組としては、社会人大学院制度への人材派遣。共同研究への参加を推進している。

●分野間連携・国際連携

国際連携による法規制の違いを踏まえた国内の専門人材育成を期待している。特に日本は規制が厳しいので、そこを理解することで改善していくことができると期待している。また、海外への事業展開も視野に、海外留学による語学・海外ビジネスの習得、国内留学による技術の習得の場面でできてくることを期待している。

●人材確保のため情報発信

当社としては、医療分野へ参加しているということを人材サイトに公開することで、そこに興味を持った方が来ることを期待している。

●国に求める人材確保・育成に向けた支援や政策

専門人員の確保のため、高等教育機関・カリキュラムの確立、当該分野と当該分以外を結ぶ求人・求職ネットワークの構築を期待する。核医学分野へ学生を引きつけるための広告や研究資金の支援を希望する。研究資金は人を動かすのに非常に重要で、強く期待している。

●核医学が発展しない理由

オーソリティーの先生方が言われるように、RI を使うにしても規制が厳しいということが原因のひとつ。欧米特にアメリカでは、核医学診療をするのに管理区域ではないところで実施可能との話も聞く。

●社内に多い資格

放射線取扱主任者が多い。1 種を持っている人は 170 名、2 種を持っている人は 486 名。また、原子力関係の技術士、核燃料取扱主任者 5 名、原子炉主任技術者 4 名、作業環境測定士 134 名がいる。電気に関連して、電気主任技術者が 16 名、電気工事士が 289 名在籍している。

●病院内の RI 利用について

FDG でグルコースでがんの診断をするような病院は増加速度は低下しているが、増えてはいる。RI 全般から見ると、医療分野の RI は増加していると理解している。新しい核種を導入したり、新しい薬剤を導入したりするところでは、海外が先行したものを導入するという流れが変わってい

ない。

●日本の核医学市場

新しいものがようやく導入されてきている。 ^{223}Ra のゾーフィゴ（バイエル薬品）は海外では年間 1,000 億円でブロックバスター役になっているというニュースがある。それは日本に導入され、日本でも年間 100 億程度で売り上げを拡大している。

●輸入について

- ^{223}Ra は海外から輸入している。輸入しているものは、海外で製造トラブルがあったり海外で需要がなくなると、日本で厳しい薬事の承認を取って使えるようになったにも関わらず、患者がいのに使えないという状態が発生する。今、国策で進められている国内製造は重要。
- 現状、日本では研究は進められていると思うが、RI を作れていない。薬として毎日供給するためには、原子炉・サイクロトロンをある程度稼働する必要がある。研究機関の需要と企業の需要をどのように割り振るかが課題。施設として高額なものになるので、商売としての RI の供給のための施設の割り振りを増やすために、一企業だと難しいため複数企業で協力することになる。
- 国内における核医学分野の新しい取り組みについては、活発になってきている。とくに今回の内閣府、原子力委員会での医療用 RI に関する専門部会の会議も聞いているが、こういう活動が進んでいくとよい。

●どういった啓蒙・教育を望むか

企業がアカデミアと協力し RI の製造技術を獲得してもらうこと、色々な薬剤が開発されて研究が進んで学会発表やプレスリリースという形で国民に広まっていくことを期待。実績が上がっていけば、今なら SNS などのツールで自然に国民に広まっていくのではないかな。当社が行っている ^{212}Pb に関しても、頑張ってこれから実績を上げて有用なものだと示して、医療への貢献に努めていきたい。

● ^{212}Pb 製造について

^{212}Pb は 2 通りの作り方がある。半減期が 10 時間なので、デリバリーするにはある程度拠点が必要。また、 ^{212}Pb は親各種の ^{224}Ra からでてくるので、ジェネレータとして設計することも可能。ジェネレータとして、使うときに鉛を溶出して、薬剤に使っていく。 α 線核種が院内で可能かどうかというところはハードルが高いが、当社でもサポートしながら、院内または病院の近隣でそういうジェネレータを使って薬剤を作って供給するのが現実的。

●医療現場で放射性医薬品を作る上での法規制のハードル

α 線核種の場合は簡単にいかないかもしれないが、放射性物質はいずれなくなるもの。現状ではなくなった後もずっと廃棄できず、RI として捨てなければならない。クリアランスが医療の世界では必要。間違いがあると困るので厳しい基準が必要だと思うが、捨てやすくなる方向に進んでいくといい。

●医療機器関連分野への参入と現状について

5 年ほど前。5 年ほどかけて QST 放医研（放射線医学研究所）と共同で進めてきて、昨年度 PET 装置を医療機器として承認を取ることができた。今後は販売に向けて業務を進めていくという段

階。はじめは医療機器メーカーで経験された方を中途であったり、退職された方に入ってもらったりして進めている。進める過程で社内のプロパーの社員、電気の専門的な技術を持っている人間などを教育することで従事してもらっている。

●分野横断的知識のそれぞれの学科のなかで必要な具体的な知識

分野に専門的な知識を持っていることも大切だが、企業に入って事業を展開していく上では、自分の専門以外の周辺分野も吸収できるような人材が理想。ひいては、事業に必要なビジネスモデルなどにも挑戦していけるような、幅広い人材が必要。

【内閣府からの質問に対する回答】

質問：医療器関係は14名が従事、専任は6名とのことだが、医療器分野に入ってから採用したのか。あるいはもともと在席していた人を配置転換したのか。

回答：当初は医療機器メーカーの人間を中途採用していたが、その過程で電気等に詳しい人を教育して従事させている。

質問：分野を横断する知識の中で、それぞれの学科において具体的にはどのような知識が必要か。

回答：分野における専門知識を有していることが必要だが、一方で事業展開する以外に、専門分野以外の周辺の分野において育成していく過程の中で吸収できる人が理想と考えている。ビジネスモデルにも挑戦し興味を持つ人も重要である。

以上

①9 【機関】株式会社千代田テクノ

議事録

- 日 時：2022 年 2 月 28 日（月）15：00 ～ 16：00
- 場 所：Web（Webex）
- ヒアリング機関、担当者名：株式会社千代田テクノ
アイソトープ営業部 鳥取和孝氏、片桐和真氏、中村吉秀氏
人事課 杉本幸子氏、研究開発課 川端方子氏
- 出席者：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
菊池 久美子（参事官補佐）
蛭沢 重信（政策企画調査官）
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
宇井 直人（事務局次長）
(株)ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●千代田テクノとしての医療用 RI 原料の製造・輸送

RI 頒布は日本原子力研究所（現：日本原子力研究開発機構）が 1962 年日本最初の原子炉(JRR-1)を利用して輸入困難な短寿命の核種など 6 製品を学術研究用として日本アイソトープ協会を通じて頒布された。その後研究炉(JRR-2、JRR-3)及び材料試験炉(JMTR)が本格稼働したことで安定供給が進んだ。その後政府の行政改革の一環として RI 製造・頒布事業の民営化の動きを受け千代田テクノは線源などの輸入取扱経験より事業の移転先として選定され、2000 年 3 月に「ラジオアイソトープ製造・頒布事業に係る協定書」を原研と調印した。医療用では、がん治療用の金グレイン(Au-198)や形状の異なる 7 種類のイリジウム線 源(Ir-192)を製造している。これらは口腔内、舌、咽頭、食道などにできたがん患部に刺入される低線量率の治療用線源になっている。さらに超小型高線量率のイリジウム線源の製造も行っており、腫瘍部のみ局所的に行う放射線治療を供給している。

●基礎基盤研究及び応用・開発研究

大洗研究所で行っている。2002 年から医療用の原材料製造に係る研究開発を開始した。様々な医療用 RI 原材料の製造および分離・精製方法を確立している。現在は、つくば国際戦略総合特区の事業として、日本原子力研究開発機構らと「中性子放射 射化法を用いた Mo-99/Tc-99m の製造」に係る共同研究を行っている。また、東北大学らと革新的医療用ラジオアイソトープ製造施設整備に係る「DATE プロジェクト」に参画している。

●RI 使用施設や加速器設備等の運用・管理、許認可業務など

RI 使用施設の運営サポートとして常駐管理業務、放射線管理業務の人材派遣、作業環境測定、保守業務等の設備保全業務、規制庁及び医療法関連施設の許可書、届出書作成の補助業務の手伝いをしている。

●最近のRIの動向について

RIの業界の動向で言うと病院関係のRI利用を継続して実施しているかと思う。PET検査から始まり、最近では放射線同位元素使った治療の薬とか導入の検討をしているところがあり、放射線医薬品を頑張っているように思う。大学病院関係でいうと診断、治療と別れるところにもよるが医師の中でも放射線を使うところは伸びていないと思う。

●どのような知識・技能・専門性・資格を有する人材を必要とされてるか

資格としては医療機器製造業責任技術者、放射線取扱主任者が必要であり、また、非密封線源、密封線源の取扱いを行うため放射線の安全管理、実務に関する知識が必要である。研究所では、自然科学系大学院(修士課程)修了程度以上の基礎知識を必要としており、専門分野は放射線科学、放射化学、核化学、核物理、医学物理等をの知識を要している。また、RI利用施設での作業環境測定業務では、作業環境測定士が必須であり、管理区域内での測定、保全作業になるため放射線に関する基礎知識が必要。東海は原子力機構の東海原子力科学研究所の敷地の中にあり線源取り出して製造し、大洗で放射線同位元素を受け入れ単独した研究所として研究を行っている。

●人材確保の実態、医学物理士について

医療用RI製造として、技術者4名、研究者・技術者として7名、作業環境測定士として36名が所属している。放射線取り扱い主任者は何名かはいる。医学物理士の資格を持っている人もいる。技術者、研究者の所属ではない。元々資格を持っているという人がきている。医学物理士を毎年新卒で取ることは難しいが何年かの一度の割合での採用は、医学物理士を持っている方は必要な人材である。医学物理士という枠で採用枠を持っているのはそれほど数はないかと思う。

●採用の傾向について

総合職採用を行っており、当該分野の人材としての採用には特化していない。全体としての人数は15名前後文理専攻問わず採用している。研究者として配属する人員は年1、2名程度院生・放射線に関する研究を行っていた学生を配属(生命科学専攻、理工学専攻、医理工学専攻)し、作業環境測定士として配属する人員は年1、2名程度の学部生である。中途採用は実績ない。

●人材不足の状況について

基本的には新卒採用にて確保している状況。研究開発の継続的な実施、人勢育成および他部門との交流の観点から数年おきに人材確保を希望している。また、今後定年退職により人員減発生の為、技術知識を継承するための人材確保が会社として必要である。特化した部分に長く所属した人間が定年となると知識継承が課題となっている。

●採用の傾向、今後の採用について

どこの分野でも特化できる学生を一から育てるという観点から新卒採用者を積極的に行っている。中途採用は一時的な雇用という傾向がある。全体的に理系の学生が多い。過去採用実績校にアプローチを行っている。将来的な方針として幅広く育てていくので特化した分野での採用の傾向はないと思う。

●専門人材の育成について

各部門において配属したところで社内教育を行い、1年ごとに教育計画を策定し実行している。

その中で自部門に必要なスキルを明確にして不足部分などを教育している。研究開発研究者・技術者の知識・技能は基本的に業務を通じた育成により向上を図っている。特に当社では、外部研究機関等との共同研究を積極的に行い、共同研究の遂行により外部専門家からの知識・技能の習得を図っている。

●外部の研究機関との人事交流について

特に共同研究では実施していない。

●キャリアパスについて

線源製造部門でキャリアパスはなし。最適人数を充足していき、放射線取扱主任者(第 1 種)があれば有用と考えている。研究開発部門では、企業に属する研究者として研究開発の道を極める、あるいは管理職として当該ビジネスに関連するマネジメントの道に進む 2 通りが存在している。

また、社内での資格奨励制度があり、全社的に必要な資格をリストアップし適用している。取れば報奨金があり、大学院等でのリカレント教育は過去数件実績あるが定期的には実施していない。事業に関連する研究を実施されている大学等との協議により実施し、企業の意向と大学の需要がマッチすれば有益と考える。過去のリカレント教育は卒業した大学以外で行っている。

●人材確保・育成に関する分野間連携や国際連携

線源の取り扱いとして日本アイソトープ協会との連携が必要である。医療分野のみならず工業分野、農業分野など幅広い連携を取ることで日本国内での RI 利用が推進、拡大されることにより関連する人材も豊富になると考える。国際連携としては IAEA など海外の原子力・RI 研究機関との連携により放射線利用分野に関する情報収集や交流を図ることにより人材育成にもつながると考える。

●国に対して求めること

放射線利用業界の拡充をするため、放射線の安全利用は確保しながら規制を緩和しユーザーの裾野を広げることが、人材育成につながると思う。

【内閣府からの質問に対する回答】

質問：以前実施したヒアリング等で、RI の法律は複雑で勉強が大変と聞いているが、法律知識についてはアップデートについての取り組みは行っているか。

回答：法律についての知識は所属によって必要箇所が違うのが実情だが法律の改正があった場合は知識のアップデートするが、会社全体ではなくそれぞれの部門で必要なところを重視して取り組んでいる。

質問：IAEA との連携等、海外の人事交流は行われているか。

回答：過去、若干名は海外との人材交流はしていたが現在はしていない。

以上

②〇 【機関】株式会社日立製作所

議事録

- 日 時：2022 年3月8日（火）14：00 ～ 15：00
- 場 所：Web（Webex）
- 機関名：株式会社日立製作所 研究開発グループ 田所孝広氏
- 出席者名：内閣府 科学技術・イノベーション推進事務局 原子力政策担当室
末廣 利恵（上席政策調査員）
日本原子力文化財団 船越 誠（事務局長）
川俣 陽平（企画部）
（株）ユニバーサルエネルギー研究所 金田 武司

【ヒアリング内容】

●RI や放射線の医療利用に関する業務

日立製作所では現状として PET システムの提供管理は行っているが、治療用 RI の製造、輸送は行っていない。事業部では PET 施設の運営と管理を行っており、F 18（フッ素 18）の製造と病院内の頒布の管理をしている。RI の医薬品に関しては薬剤メーカーではなく、線源を製造して医薬品メーカーに販売する形態を考えている。核医学診断や治療法の開発、RI 医療機器の開発は現状は行っていないが、RI の医療機器については将来的に開発しないといけないと考えている。臨床研究及び試験・診断も現状は行っていないが、RI 原料を製造する上で、薬剤として原料が使えるかどうか、それらを薬剤メーカー研究所と一緒にやっていかないといけないと考えている。製造試験は行っており、国立がん研究センターとの共同研究で薬剤の標識率の評価などの試験を進めている。

●基礎基盤研究及び応用・開発研究について

・日立製作所では、製造研究は大学との共同研究を通じて応用開発研究を進めている。東北大学電子光物理学研究センターでは電子線光加速器を保有しており協力している。また、東北大学金属材料研究所の中にアルファ放射体実験室があり、ラジウム、アクチニウム取り扱いの技術を有しているので共同研究をしながら開発を進めている。加えて、京都大学の複合原子力科学研究所の原子炉施設とも共同研究を進めており RI 大量製造技術、不純物の測定を進めている。

・京都大学複合科学研究所の中に電子線形型加速器があり多目的に使って核種 RI 製造試験を行っている。放射性核種の中に放射性核種でない不純物元素が含まれているものの、測定に関しては通常の実験を行う会社は放射性元素が含まれていると元素分析はしてくれないので、日立製作所では、京都大学の複合科学研究所で行っている。アルファ線の核種であるアクチニウム 225 は薬剤として使う場合には不純物元素ができるだけ少なくしないといけないという状況があり、どれだけ含まれているかを調べるには放射性核種が入っている不純物を測定しないとけない。

●人材確保の実態について

・日立製作所では原子力、加速器分野の開発人員が多い。加速分野は大部分が、粒子線治療医療用加速器の研究開発者である。電子線加速器に関しては、高周波の加速を使用している。加速器を新しく開発するということは考えていない。

・RI 製造分野は核物理、加速器科学、放射化学、放射線管理・計測など色々な分野が関わり始めて

できる。現在日立製作所には人材はいないが、核薬学の人材が不足している。加速器、原子力の分野に関しては元々事業としてやっていたため、社内に研究人材もいるのでなんとかやっていけている状況である。ペプチド関係においてはリンカー技術を持っている開発者がいると医療用 RI 分野の製造が強くなると考えている。薬学部でなくても化学系の中で放射化学、高分子の化学技術を持った方を必要としている。日立製作所は機械系、工学系、電気系の出身が多く、RI 分野は新しいと考え人材が必要と感じている。

●日立製作所の本事業のきっかけ

10 年ほど前に、研究所においてモリブデンを日立製作所の新しい事業として考えられないかということで始まった。輸入に頼っていくより国産で作らないといけないという背景がある。実際に、火山の爆発があってなかなか日本に入ってこなかったり原子炉が老朽化し故障で入ってこないということが起こり、モリブデンを製造するのにどういったシステムだと良いかを検討していくうち、他の核種、他の医療用 RI 核種での製造の研究開発を始めたという状況である。

●採用状況について

日立製作所では、原子力と加速器の研究開発では毎年 6、7 人くらいの学生を採用している。新卒で採用し中途採用はほとんどいない。また、医学物理の資格は特に必要とは思っていない。むしろ専門知識、経験が重要だと考える。バックグラウンドとして基礎的なことをきちんとできる人が欲しい。日立製作所は大きいので社内ですさまざまな分野の研究者が多くおり、その中で人材を集める。たいてい、マスターやドクターを取った方が多い。

●将来的の需要度の見込まれる人材

海外で活躍できる人材が重要と考えている。RI の国内の市場は海外の 10 分の 1 程度であり、 α 線の市場はもっと小さく、立上りも遅いと考えている。RI 内服用療法も国内は遅れており、海外の方が進んでおり、ビジネスをするなら海外からと考えている。

●国内の市場が遅れている理由

規制の面もあり、大学の中での人材が少なすぎる。核医学の放射化学も大学の中ではマイナーでありなかなかそこにいかない。国内でも核薬学をやっているのは京都大、千葉大くらいしかなく、大学で人材の確保が必要である。また、核医学の薬剤メーカーも少なくキャリアプランが考えられないという理由もあると思う。また、治療の点で言えば病院の保険点数、診療報酬が少なく核医学を使った診断が少ないことと、規制の面が大きい。ある程度の核種の取り扱いなど規制の緩和が重要であると考ええる。

●海外との連携について

日立製作所では、RI 治療及び製造分野においては、残念ながら海外との連携は行っていないが、粒子線治療装置の分野では連携している。国内では、RI 薬剤を本格的に行っている大手薬剤メーカーはなく、2 社程度である。大手の進出によって RI 治療薬も活発化し、核薬学も活性化していく。海外の大手の薬剤メーカーはベンチャーを買収するなど躍進しており、日本も大手を含めて力を入れないと広がっていかない。国内だけでは難しく海外展開を視野に入れていかないといけない。

●医学物理士の資格について

分野的に近い専門家は、研究所では資格がなくとも良い。事業部は薬剤製造管理から技師との関わりが強い。病院には医学物理士の方が稀にいるが、医師、技師での医学物理士の関わりはゼロではない。中性子を使った治療を提供するビジネスもあり、治療プロトコルは、医師と医学物理士が行う。特に放射線の線量評価は、医師との間を取り持つ医学物理士が重要である。例えば RI 内用治療法でも、体内の線量評価は医学物理士の仕事で重要になってくる。

●国に対する要望

ビジネスとしてやっていく時に大学と連携していくのが重要であるが、人材と予算不足の問題がある。開発をしている大学への資金援助を国がしてくれればビジネスが広がっていく。日本は海外に遅れていることが課題であり、日立製作所にも大量製造の問い合わせが来ている現状から、海外のスピードに遅れていることが課題であると思う。

拠点化ができないと進まないのでは支援すべきという意見の通り、大阪大学の取り組みは良い。拠点への資金の投入が必要で東日本にも拠点が必要と思う。

【内閣府からのコメント】

国内の RI の製薬企業は現在 2 社のみであるが、大手の製薬メーカーが参入していかないと、雇用が進まず、業界全体の活性化も進まない。海外での動きは迅速であり、将来的に海外の事業展開について早急に着手するべきであるという、大企業である日立製作所からの視点が重要である。

国内の規制面が厳しいこと、医学物理士は非常に重要な資格であり国家資格にするべきであるという意見は他の組織や有識者と同様の課題であることを改めて認識した。

以上

②1 【機関】日本医学放射線学会

議事録

●日 時：2022 年3月7日（月）

●場 所：書面回答

●ヒアリング機関、担当者名：日本医学放射線学会 立石宇貴秀氏

（東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科画像診断・核医学分野）

【ヒアリング内容（書面回答）】

●RI や放射線の医療利用分野において求められる人材像について

①貴会では、RI や放射線の医療利用に関してどのような業務を実施しているか。

核医学診断や治療法の開発/RI 医療機器の開発

臨床研究及び治験（診断も含む）

②上記の業務を実施するにあたり、どのような知識・技能・専門性・資格を有する人材を必要としているか。

核医学診断の専門的知識があり非密封 RI の取扱になれている技術者、第一種取扱主任者の資格。核医学治療の現場では、医師、看護師、放射線技師のすべてが不足している。医学物理士の登用も必要。

●人材確保の実態について

①現在、当該分野の業務を担っている研究者や技術者、研究・技術支援者等は、それぞれ何名か。

技術者 2 名、研究支援者 2 名

②当該分野の人材の採用状況（新卒/中途）

工学系修士または博士、新規採用はできない

●専門人材の育成について

①当該分野の専門人材（研究者、技術者、研究・技術支援者等）の知識・技能の向上のために、教育・研修等の取り組みについて

多施設への研修を依頼している

②当該分野の専門人材のキャリアパス（典型的なケース）について。また、キャリア向上のために有用な国家資格等について

工学・薬学修士で雇用、医学博士の取得、第一種取扱主任者の取得

③当該分野の専門人材に求められる知識・技能等を習得するために、どのような仕組み（大学・大学院等でのリカレント教育、資格制度等）があれば有益だと考えるか。

工学・薬学出身者の教員採用枠の確保に直接繋がる資格

●人材確保・育成に関する分野間連携や国際連携

- ①国内での RI の安定供給や RI の国産化に向けて、必要な専門人材を確保・育成するにあたっては、他分野との連携や国際連携が必要だと考えるか。また、具体的にどのような分野や機関と連携することが効果的な人材確保・育成につながると思うか。

日本は放射性核種製造のできる高速炉をすでに保有しており、これを医療財源にできる。国会では議論になっている。米国が高速炉を医療用に導入する計画があり、同調することは量産化・情報共有の観点でメリットがある。

●その他

- ①当該分野の人材確保のために情報発信の在り方について

領域横断的な学術領域で RI や放射線の医療応用について共有する

- ②人材確保・育成に向けて、国に対してどのような支援や施策を求めますか。

RI 診療をとくに重点的にできるセンター施設を国内に設置して管理区域内の入院や診療が可能な状況をつくる。

以上

参考資料3：放射線科専門医・放射線治療専門医・放射線診断専門医の認定試験受験資格

表. 放射線科専門医・放射線治療専門医・放射線診断専門医の認定試験受験資格
(必要とされる実務経験)

専門医	診断専門医	治療専門医
3年間 修練機関もしくは 総合修練機関 (内、1年以上は総合修練機関)	2年間 修練機関もしくは 総合修練機関	2年間 修練機関もしくは 総合修練機関
検査・読影・治療に 携わった症例数	検査・読影・治療に 携わった症例数	治療計画を直接 立てた症例数
X線単純撮影 400例	X線単純撮影 600例	総数 200例
CT 600例	CT 2000例	脳・頭頸部 30例
MRI 300例	MRI 1000例	胸部(乳腺) 30例
超音波検査 120例	超音波検査 400例	腹部・骨盤部 30例
血管造影・IVR 30例 血管系: 10例以上 非血管系: 5例以上	血管造影・IVR 100例	密封小線源 10例
消化管X線検査 60例	消化管X線検査 200例	その他、特殊治療 5例
核医学検査 50例	核医学検査(PET含) 100例	—
放射線治療 30例 ①脳・頭頸部 ②胸部・乳腺 ③腹部・骨盤 ④骨軟部 それぞれ4例以上	—	—

(出典：昭和大学横浜市北部病院放射線科 ホームページ)

表. 放射線科専門医・放射線治療専門医・放射線診断専門医の講習科目

講習科目	放射線科専門医 受験資格	診断専門医 更新認定	治療専門医 更新認定
医療安全・放射線防護	○	○	○
医療倫理	○	○	○
医療の質：診断 (品質管理・IT・遠隔画像)	×	○	×
医療の質：治療 (品質管理・ガイドライン・標準治療)	×	×	○

○：必要、×：不要

診断専門医:放射線診断専門医、治療専門医:放射線治療専門医

医療安全・放射線防護・・・法律も含む

医療倫理・・・経済、治験、臨床研究も含む

日本医学放射線学会の総合修練機関・修練機関での研修が必須

(出典：昭和大学横浜市北部病院放射線科 ホームページ)

参考資料4：都道府県ごとの医学物理士の就業状況

都道府県ごとの医学物理士の就業状況は、以下の表の通り。

表. 都道府県ごとの医学物理士の統計

都道府県	認定者数	人口十万人あたりの数	医師千人あたりの数	都道府県	認定者数	人口十万人あたりの数	医師千人あたりの数
北海道	76	1.5	5.7	滋賀	11	0.8	3.2
青森	18	1.5	6.6	京都	38	1.5	4.3
岩手	9	0.7	3.4	大阪	118	1.3	4.6
宮城	22	1.0	3.8	兵庫	55	1.0	3.8
秋田	5	0.5	2.1	奈良	23	1.7	6.4
山形	8	0.7	3.1	和歌山	8	0.9	2.7
福島	25	1.4	6.3	鳥取	6	1.1	3.3
茨城	40	1.4	7.0	島根	7	1.0	3.4
栃木	21	1.1	4.6	岡山	26	1.4	4.3
群馬	31	1.6	6.7	広島	29	1.0	3.8
埼玉	37	0.5	2.9	山口	9	0.7	2.4
千葉	67	1.1	5.3	徳島	6	0.8	2.4
東京	173	1.2	3.8	香川	6	0.6	2.1
神奈川	74	0.8	3.7	愛媛	10	0.7	2.7
新潟	25	1.1	5.3	高知	3	0.4	1.3
富山	10	1.0	3.6	福岡	62	1.2	3.8
石川	18	1.6	5.2	佐賀	8	1.0	3.4
福井	17	2.2	8.3	長崎	18	1.4	4.2
山梨	7	0.9	3.5	熊本	18	1.0	3.4
長野	18	0.9	3.6	大分	6	0.5	1.8
岐阜	19	1.0	4.3	宮崎	5	0.5	1.8
静岡	36	1.0	4.5	鹿児島	6	0.4	1.3
愛知	106	1.4	6.3	沖縄	9	0.6	2.5
三重	21	1.2	5.0	合計	1370	10.9	4.2

注) 人口は令和2年国勢調査結果による総務省人口推計、2020年10月1日現在。

医師数は厚生労働省三師調査結果により、2018年12月31日現在。

(出典：一般社団法人 医学物理士認定機構)

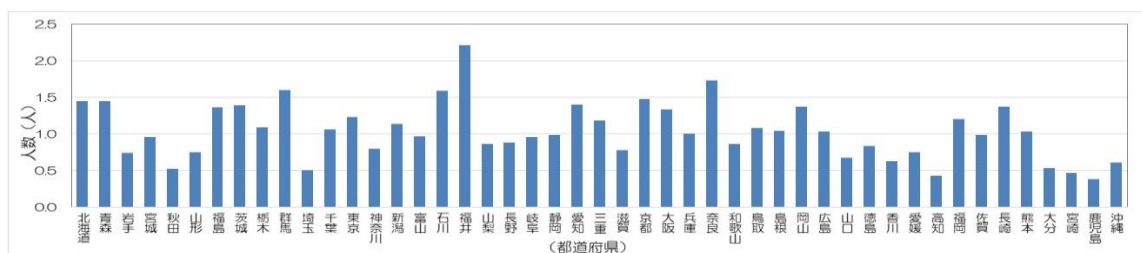


図. 人口百万人あたりの医学物理士数

(出典：一般社団法人 医学物理士認定機構のデータをもとに作成)

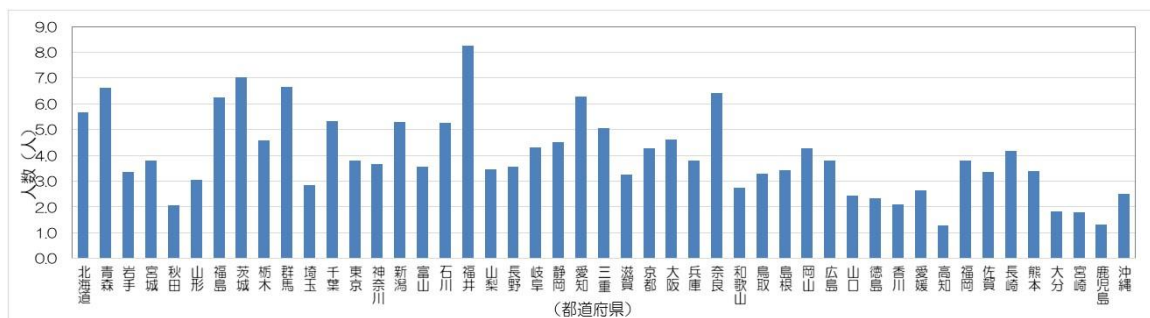


図. 医師千人あたりの医学物理士数

(出典：一般社団法人 医学物理士認定機構のデータをもとに作成)