

# R I に係る人材育成について (現状整理・論点提示)

令和 4 年 3 月 1 6 日  
内閣府 原子力政策担当室



# RIに係る人材育成についての課題

○これまでの専門部会での議論や、人材育成に関する有識者ヒアリング※を通じ、主に以下の課題が抽出されたところ。

※「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」において、ヒアリング調査を実施。

- 放射線・核医学に係る魅力発信の必要性
- 研究科・研究室、学内ポスト、放射化学・RI関連分野に進学する学生の減少傾向
- 放射性医薬品・RIに関する教育機会の乏しさ
- 分野・ステークホルダー横断型教育の必要性
- 人材育成の観点からの放射線施設整備の必要性
- 放射線・核医学分野のキャリアパスの広さを提示する必要性
- リカレント教育の必要性
- 放射化学分野やAIとの融合の強化の必要性
- コメディカルの重要性  
(とりわけ、医学物理士活用促進の必要性)

# ■ 課題 — RI人材、RI施設

原子力委員会第28回定例会（2021年） 資料1（篠原委員資料）より

2006年現在：  
放射化学関連研究室を有する大学＝約35  
（放射化学関連授業提供大学・部局数＝約70）  
2020年現在：35 → 22？大学（研究室）

大学・研究室の減少  
RI施設の陳腐化

↓  
アカデミア人材の不足  
人材供給能力の低下

→ 全国的な  
放射化学  
教育の  
機会減少  
←

学校教育の中の放射線教育  
の位置づけ、上がらない  
（重要と言いながら弱い！）

放射化学技術・研究者  
（ものを触ったことのある人材  
＝RI人材）の必要性

## 巻頭言 RI人材募集中

篠原 厚

Shinohara Atsushi

（大阪大学大学院 理学研究科 化学専攻、  
大阪大学放射線科学基盤機構・機構長）



この歴史あるニュースの巻頭言をお引き受けした際に、直ぐに頭に浮かびましたのは、筆者の恩師である音清先生が本誌の当に巻頭言に書かれた文章です。「若い研究者へ」というタイトルで、研究の独創性の重要性を説き、その進め方を独特の比喩で説いたものです（1981年6月号）。「銅鉄主義」で名取りになるのではなく、「小銅主義」で小さくても良いので家元になってほしいという内容でした。筆者の座右の銘でもあります。当時、多くの若手研究者の心にも届いたのではないかと思います。しかし、今、私たちの放射線・RI関連の分野は、このメッセージを受け取って貰いたい「若い研究者」の減少、人材不足が大きな課題となっています。

この分野は、放射線の発見後、急速に発展し、早期に社会との（特にネガティブな）関わりを持ってしまいました。科学・学問が人類にとって大きな変革をもたらすものであればあるほど、その発展の過程で社会との間に衝突が起こる（課題が生じる）のが常です。社会に変革をもたらすという意味では、今のAI技術がちょうど同様の状況にあるように思えます。原子力や放射線の世界も、新しいレベルの力、サブアトムの世界を受け入れるかどうかで、未来の人類の行動範囲に大きな影響を与えます。

研究面を見ると、これまでRIの主要なユーザーであった生物科学関連が激減した一方で、新しい電子ビーム利用、新元素の発見、医学・素粒子分野での新診断や治療等、夢のある基礎科学や応用研究が増えています。しかしながら、原子力のゴミ問題、福島事故における環境回復、廃炉、放射線障害・被曝の問題、またこれらを受けた放射線規制の在り方等も含め、避けて通れない大きな課題があります。このような人類的な課題解決は、将来の科学・技術の進歩に期待しているところが大きく、しっかりとした人材育成が必要条件となります。たとえば、政治面は抜きにして）もっと強い道徳社会になれば、大学の関連分野に優秀な学生が来るでしょうか？人材の供給が減り、新世代どころか今の技術すら途絶えます。廃炉はできず、50基（世界では450基）以上ある原発は残り、その廃棄物問題もさらに先送り、長期的には基礎研究や社会に貢献していた関連技術もベースから崩れ、せっかく開かれたサブアトムの世界を享受する人類の未来の姿が変わるかもしれません。私たちがもっと長期的継続的な科学・技術のビジョンを持つべきですが、その大前提は教育でしょう。人類的課題に熱意を持って挑戦する若い人がどんどん出て来るような教育環境と社会環境が必要とされています。

人材の話に戻りますが、ポイントは、やはり最初に人材（学生）に接する大学だと思えます。ただ、今、大学も大学人も弱っています。大学における教育・人材育成の充実には研究の活性化が必須ですが、この分野の研究の重要な場のひとつである非密封RIの取扱施設の維持が厳しい状況にあり、減少しつつあります。これを受け、日本学術会議の提言もあり、全国の非密封RI施設の連携拠点化の構想が検討されています。私たちの分野は、開き直るならば、解決すべき人類的課題が山積み、すなわち人類の未来にとって重要な分野です。そして、夢のある研究や社会に貢献する応用が盛りだくさんの、今が旬の分野です。弱っている皆さん、連携し助まっし合せて、課題解決と併せて、最初の鋼を見つける楽しい研究を進めましょう。そうすればきっと鋼を見つけた若い人が集まります。

# 分野横断型教育の取組事例

○例えば、大阪大学では、全学組織の「放射線科学基盤機構」を設置。物理、化学、生物学、医学、管理学などの分野横断的な体制による教育プログラムを推進。

## 放射線教育部門

国際的な教育拠点を目指し、学内外で放射線・原子力教育、人材育成を進めています。IAEAとの連携による医療人材育成プログラムを進めるほか、がんプロフェッショナル養成プランとして実践してきた医学物理士養成プログラムなどの教育プログラムを部局横断的に推進します。また、全学の放射線教育訓練、放射線関連アウトリーチ活動などのミッションを持っています。



サイクロトロン制御室において照射状況をモニター

### 放射線教育部門のミッション

放射線教育部門では、物理、化学、生物学、医学、管理学などの分野横断的な教育体制で放射線にかかる種々の知識を学生から放射線の利用者、他分野の専門家、一般市民へ向けて発信いたします。

#### 教養教育

大学生の一般教養としての放射線教育を行うとともに、放射線従事者、研究者、また、他分野の教員に対して放射線の基礎知識を教授します。

#### 実学教育

社会において放射線にかかる分野で即戦力となる人材を育成します。そのためにIAEAとの連携による医療人材育成プログラムを進めるほか、がんプロフェッショナル養成プランとして実践してきた医学物理士養成プログラムなどの教育プログラムを横断的に推進します。

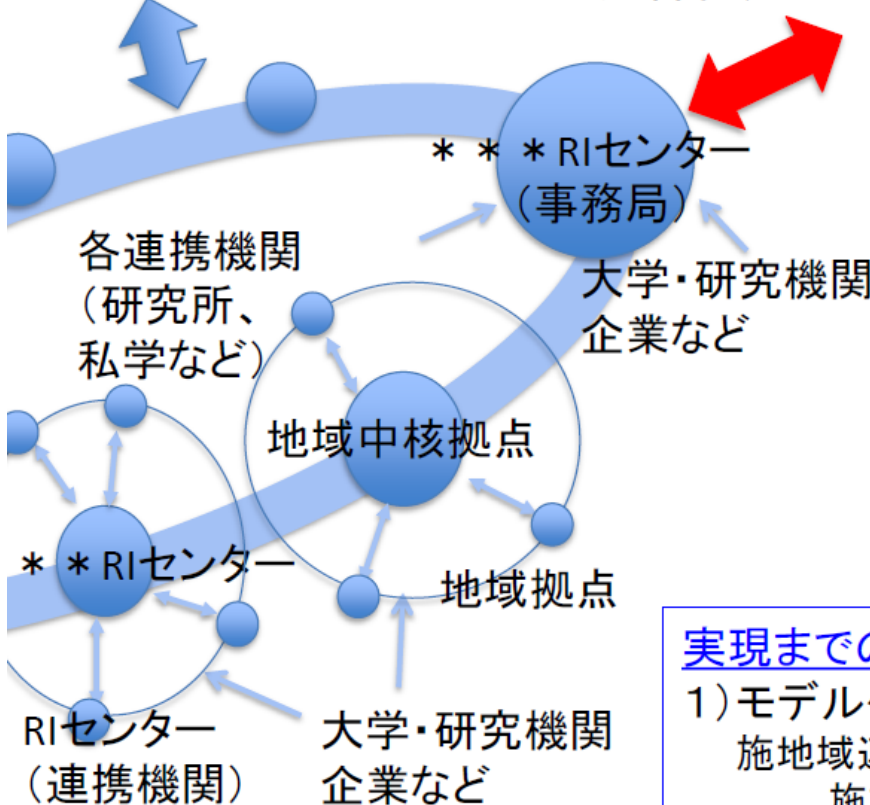
#### 生涯教育

原爆被爆国の国民であるが故に、放射線については、どこの国の人々より多くの知識を正しく知っていることが望まれます。そのための放射線教育の一部を担います。

# 非密封放射線施設のネットワーク型拠点化構想(案)

(日本学術会議・分科会小委員会＋全国RIセンター長会議)

加速器施設等  
(短寿命RIプラットホームなど) 原子力規制庁、  
文科省、IAEA・



## 目的:

- 放射線教育・人材育成の機能強化
- 特色有る教育研究の推進、新分野の創出
- 地域拠点形成、施設の統廃合・機能集約
- 全国RI関連施設配置の最適化(セキュリティ、リスク管理面の改善)

## 想定される機能:

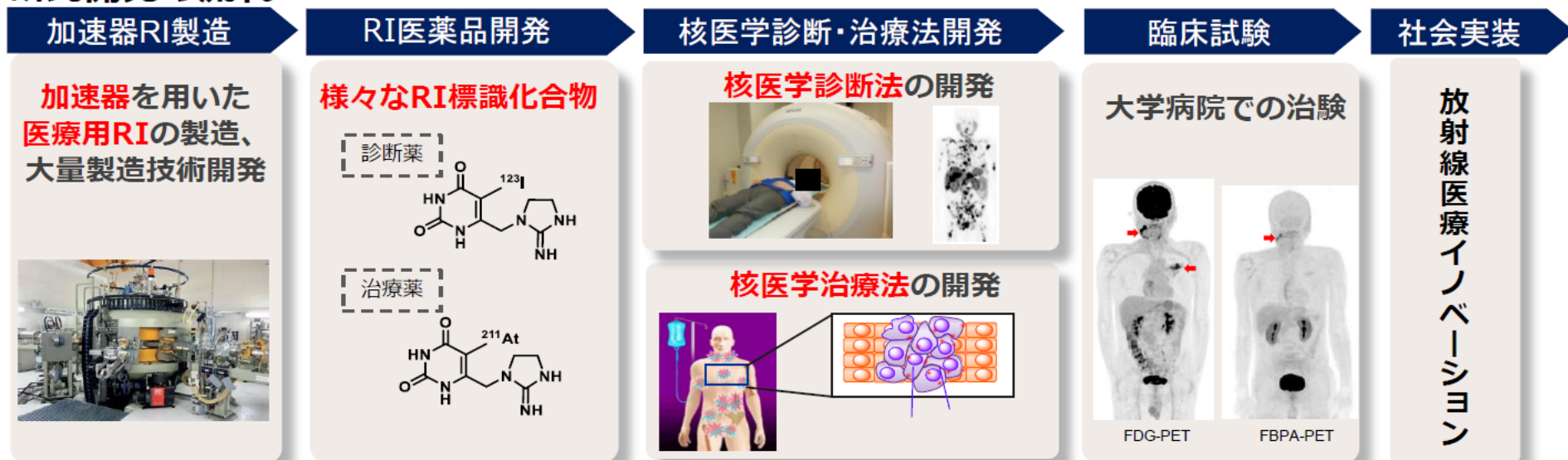
- ・各地域における大学・研究機関の放射線RI教育研究拠点
- ・外交全般(規制庁、文科省、IAEA等国际機関)
- ・企業の受け入れ(共同研究、産学連携)
- ・将来構想、施設整備等の推進、予算要求など

## 実現までのロードマップ案

- 1) モデルケースの実施(重点テーマとして?) <3-4年間>  
施地域連携による教育・共同研究、施設廃止のモデルケース  
施設廃止の予算枠創設の提案(文科省→財務省)など
- 2) 中核拠点の選定、地域ネットワークの構築(段階的に)  
↓ 共同利用予算・人員、拠点整備予算など <~5年後>
- 3) 全国のネットワーク、研究分野拠点 <5~10年>  
↓

日本学術会議・提言(2017.9.6)  
「大学等における非密封放射性同位  
元素使用施設の拠点化について」

## 研究開発の流れ



加速器

無機・錯体化学

医工学(計測)

企業

放射化学は重要な位置にある！

有機合成化学

物理化学

核医学

放射化学

核薬学

Atを例とした基礎研究

核種開発・大規模製造

RI分離精製法

RI標識法

At溶液化学

At気相化学

At標識法

## RI製造の基礎研究の推進

- ・ RIを取り扱える人材 (RI人材)
- ・ 非密封RI使用施設 (含動物遺伝子)
- ・ 関連分野間の連携とベースアップ

## RI製造における基礎研究(短寿命RI製造にポイント)

- ・製造法: 核反応→入射ビーム: 荷電粒子(p、 $\alpha$ 、HI、)、光(電子)、中性子  
⇒加速器の選択、(原子炉)、照射方法
- ・(製造)分離精製: 化学・物性研究→乾式法、湿式法、製造-分離オンライン、  
迅速自動化・プラント化の想定
- ・標識(+薬剤合成): 迅速高効率、汎用性 ⇒医学的基礎研究への接続
- ・分析手法: 核特性、検出系の検討・開発
- ・大規模化: 大電流加速器、ターゲット系、高レベルRI取扱、遠隔・自動化
- ・安全取扱い法、放射線管理、製造供給体制—専用施設の必要性



非密封RIを扱える各分野の研究人材  
非密封RI(核燃料物質)取扱い施設

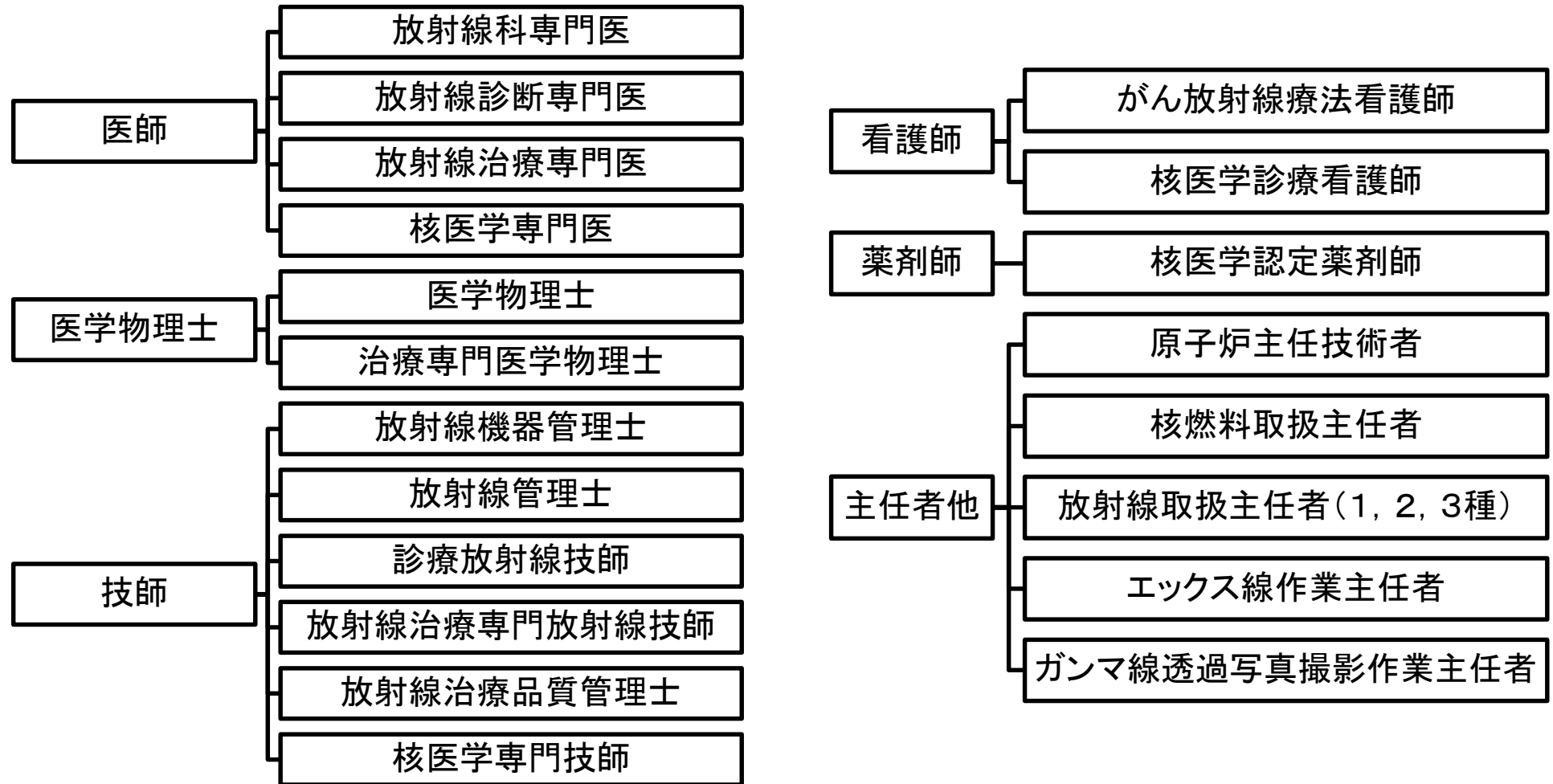
課題あり！

広い放射線関連科学のベースアップ ➡ 関連機関-大学研究室の連携

### 研究分野(要素)

放射化学・核化学、有機化学、無機・物理化学、核薬学、分析化学、  
原子核物理学、加速器科学・技術、放射線計測学、化学工学、ロボット  
工学、コンピュータ制御、等  
放射線管理、、放射線医学、核医学、放射線影響、薬理学、、

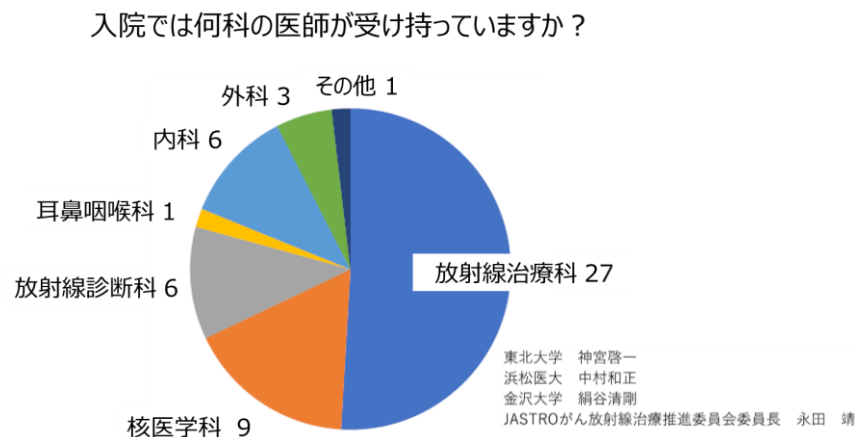
# 放射線医療（核医学含む）に関わる資格



米国や欧州の大きな施設では、核医学部門は放射線治療部門や放射線診断部門から独立した別部門として存在し、専門の医師、看護師、技師、薬剤師、医学物理士が専従で揃っている。

本邦では、核医学は多くの病院で放射線診断学の中の一部門として存在するため、検査のみを扱っている場合も多い。結果として核医学治療のニーズに対しては、放射線治療専門医やその他非専門科が対応している場合も多い。

RI内用療法に関するアンケート調査結果（JASTRO 2020）



核医学部門に必要な医師以外の専門職も、さらに不足している。

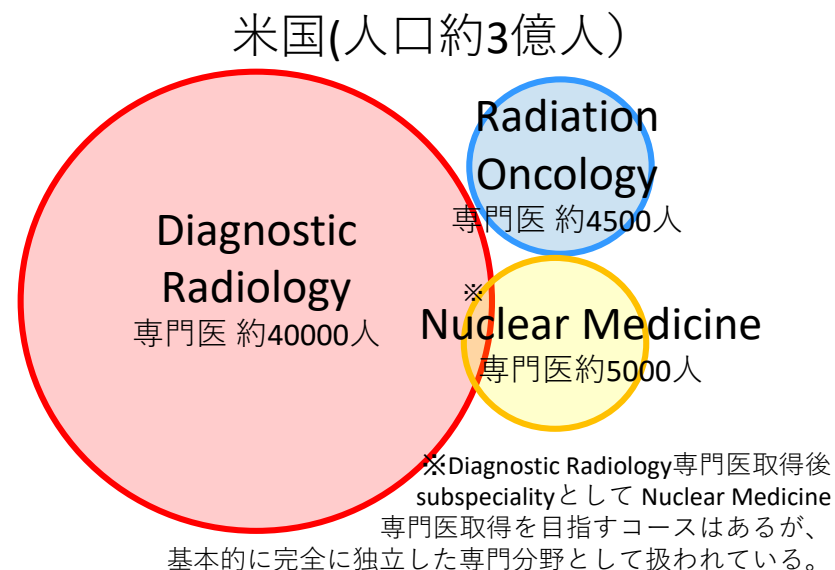
- ・核医学専門技師認定者数※1 676名
- ・核医学診療看護師※2 312名
- ・核医学認定薬剤師※2 69名
- ・医学物理士※3 ※4 370名

※1 日本核医学専門技師認定機構ホームページ認定者一覧より

※2 日本核医学会ホームページ認定制度名簿より

※3 2017年JASTRO構造調査報告書より EFT換算

※4 本邦では医学物理士としての業務は、おおそ外照射および密封小線源治療関連の業務に終始する。一方で、核医学の線量計算や安全管理は放射線診療技師が兼任する第一種放射線取扱主任者が担っていることが多い。



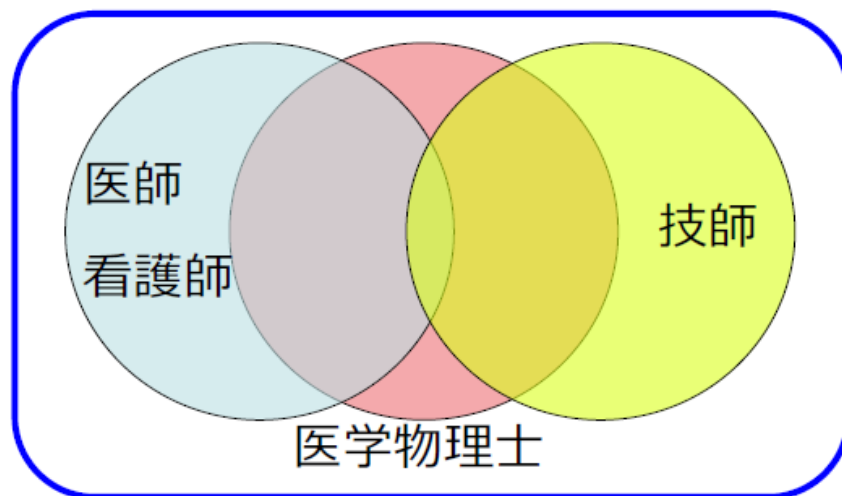
核医学専門医の登録者数は1362人だが、その殆どが診断専門医を兼ねる。

本邦では核医学科が独立した施設はほとんどなく、多くの施設では、そもそも圧倒的に絶対数の不足している放射線治療学や放射線診断学の医師が多忙の合間を縫って診療を担っているのが現状。

# 医学物理士とは

病院、学校、研究所に所属し、理工工学の面から医学および医療に貢献し、かつ医学物理士の試験を受けて合格した人々を「医学物理士」といいます。（現在、国内に約1,300名。米国では10倍以上の医学物理士がいる。）

## 高精度な放射線治療



治療装置や技術の向上だけでは、精度の高い放射線治療を患者へ提供出来ない

- ❑ 患者ごとの治療計画実施や投与線量精度管理。
- ❑ 臨床現場において、治療装置の精度や性能の維持管理及び向上に貢献すること。
- ❑ 医学物理学分野の発展・進歩において、研究開発面で貢献すること。
- ❑ 医学物理士の人材育成や教育に貢献すること。

放射線治療より精度高く

医師と技師のすき間埋める

医学物理士

放射線治療の精度を高めるには、医師、看護師、技師の連携が不可欠。医学物理士は、医師と技師のすき間を埋める役割を果たす。

放射線治療の精度を高めるには、医師、看護師、技師の連携が不可欠。医学物理士は、医師と技師のすき間を埋める役割を果たす。

放射線治療の精度を高めるには、医師、看護師、技師の連携が不可欠。医学物理士は、医師と技師のすき間を埋める役割を果たす。

## 【がん診療連携拠点病院等の整備にかかる観点】

がん診療連携拠点病院等の整備に関する指針(平成30年7月31日厚生労働省健康局長通知)

地域がん診療連携拠点病院の指定要件のうち、診療従事者について、「専任の放射線治療における機器の精度管理、照射計画の検証、照射計画補助作業等に携わる常勤の技術者等を1人以上配置すること。なお、当該技術者は医学物理学に関する専門資格を有する者であることが望ましい。」と記載。

## 【診療報酬の観点】

たとえば、粒子線治療医学管理加算に関する施設基準(「特掲診療料の施設基準等及びその届出に関する手続きの取扱いについて」保医発0305第3号令和2年3月5日厚生労働省保険局医療課長通知)において、「放射線治療における機器の精度管理、照射計画の検証、照射計画補助作業等を専ら担当する技術者(診療放射線技師その他の技術者等)」の配置を要件の一つとして設けており、事務連絡(「疑義解釈資料の送付について(その1)」令和2年3月31日保険局医療課事務連絡)において、「その他の技術者」とは、医学物理士等を指す旨が記載されている。

# 2014年医学物理士就労状況アンケート報告

- 2014年、日本医学物理士会が中心となり関連団体との協力のもとで、医学物理士認定者に対してアンケートを実施。当時の医学物理士認定者813名のうち、32.2%にあたる262名より回答。
- アンケートに回答した医学物理士有資格者のうち、医学物理士職での雇用は約20%。半数以上は、医学物理士資格を持ちながら、診療放射線技師として採用され勤務。
- 医学物理士職と診療放射線技師職を比較すると、品質管理・品質保証の実施率に開き。
- 医学物理士が勤務する病院と診療放射線技師として医学物理士が勤務する病院では、専従のQA(Quality Assurance)担当者の配置に開き。
- 医学物理士として採用された医学物理士は、治療計画業務・品質管理業務・研究業務に多く従事。診療放射線技師として勤務する医学物理士は、患者照射・撮影業務に多くの時間を取られている状況。

職種について

| 医学物理士<br>として採用 | 診療放射線技師<br>として採用 |
|----------------|------------------|
| 52名 (20%)      | 147名 (56%)       |

品質管理・品質保証の実施率

| 医学物理士<br>として採用 | 診療放射線技師<br>として採用 |
|----------------|------------------|
| 69.2%          | 58.7%            |

専従のQA担当者の配置率

| 医学物理士として<br>医学物理士が勤務する病院 | 診療放射線技師として<br>医学物理士が勤務する病院 |
|--------------------------|----------------------------|
| 90.2%                    | 63.3%                      |

業務割合の比較

|             | 医学物理士 | 診療放射線技師 |
|-------------|-------|---------|
| 患者照射・撮影業務割合 | 4.0%  | 38.5%   |
| 治療計画業務割合    | 38.7% | 18.2%   |
| 品質管理業務割合    | 33.8% | 26.2%   |
| 研究業務割合      | 13.8% | 3.7%    |

1. 我が国において、RIの国内製造や研究を推進するために、人材育成の面から取り組むべき事項は何か。

（例）

- ・分野横断型の教育プログラムの構築
- ・リカレント教育の推進

2. 医療現場におけるRI利用を進めるために、人材の面から取り組むべき事項は何か。

（例）

- ・医師・診療放射線技師から多様なコメディカルへのタスク・シフト
- ・医学物理士の活用促進
  - －国家資格化
  - －医学物理士の専従化