

PET 検査に携わる人の被ばく状況に関する アンケート調査報告

公益社団法人日本アイソトープ協会
医学・薬学部会
ポジトロン核医学利用専門委員会

はじめに

日本アイソトープ協会医学・薬学部会ポジトロン核医学利用専門委員会では、我が国における PET 検査に携わる人の被ばく状況を把握するため、アンケート調査を行った。調査対象期間は、平成 24 年 4 月～平成 25 年 3 月の 1 年間とした。

1. アンケート回収率

日本核医学会 PET 核医学分科会登録施設の 205 施設を対象とし、平成 25 年 10 月に調査票を送付した。103 施設から回答を得た。回収率は 50.2%であった。

2. 調査項目と回答の集計結果

PET 検査に携わる人の被ばく状況のアンケートの調査項目は、次のとおりである。

- ・ 検査件数（月間平均）
- ・ 院内製造実施
- ・ 従事者ごとの職種
- ・ 同 調査対象期間中における PET 検査従事月数
- ・ 同 RI 取扱い全作業時間において PET 検査関連の作業時間が占める割合
- ・ 同 被ばく線量（全身、手指）
- ・ 同 業務内容①（サイクロトロン保有施設のみ）：RI 製造、薬剤合成、品質検査、分注、装置管理（サイクロトロン、合成装置）

- ・ 同 業務内容②（全施設）：投与、PET 薬剤投与後の被験者の世話、PET 装置操作、検査後の被験者説明
 - ・ 被ばく低減のために施設で工夫していること
- 集計結果を以下に示す。

2.1 各施設における検査状況

回答施設における FDG の月間検査件数平均値は 210.4 件であり、FDG 以外の月間検査件数平均値は 9.1 件であった。

2.2 各施設における職種別の業務内容

職種別/業務内容別作業数数の回答結果を表 1 に示す。業務内容に関する質問については、サイクロトロン保有施設のみへの質問と全施設への質問があり、サイクロトロン保有施設のみへの質問項目は表中業務内容の項に*で示した（全 103 施設中の 69 施設）。

職種別に業務内容を調べてみると、医師は投与や被験者説明が多く、診療放射線技師は被験者の誘導やセッティング及び PET 装置の操作が大半を占める。薬剤師は薬剤合成や品質管理が多く、それ以外に分注や合成装置の管理を行っている。サイクロトロンオペレータや合成技術者は RI 製造や薬剤合成、サイクロトロン管理や合成装置管理が多く、それ以外に分注（自動）の業務が多く見られた。分注（自動）業務は、分注装置への放射性医薬品のセッティングが主たる業務と考えられる。看護師については被験者誘導と投与（自動）が主たる業務であった。

2.3 職種別の全身被ばく線量

ガラスバッジやフィルムバッジなどによる測定結

表1 職種別/業務内容別作業者数

業務内容		常勤 医師	非常勤 医師	診療放射 線技師	薬剤師	サイクロ ترونオ ペレータ	合成 技術者	看護師	受付	その他
RI 製造*	従事			31 (18.7%)	10 (18.2%)	42 (100.0%)	9 (56.3%)			2 (11.1%)
薬剤合成*	従事	1 (2.0%)		31 (18.7%)	22 (40.0%)	33 (78.6%)	15 (93.8%)	1 (1.0%)		8 (44.4%)
品質検査*	従事 (自動)			9 (5.4%)	24 (43.6%)	13 (31.0%)	3 (18.8%)			
	従事 (手動)			11 (6.6%)	23 (41.8%)	4 (9.5%)	9 (56.3%)	1 (1.0%)		5 (27.8%)
分注*	従事 (自動)			23 (13.9%)	14 (25.5%)	25 (59.5%)	10 (62.5%)	7 (6.7%)		1 (5.6%)
	従事 (手動)	2 (4.1%)		8 (4.8%)	2 (3.6%)	1 (2.4%)	3 (18.8%)			
サイクロترون 管理*	従事			29 (17.5%)	7 (12.7%)	40 (95.2%)	7 (43.8%)			2 (11.1%)
合成装置管理*	従事	1 (2.0%)		30 (18.1%)	17 (30.9%)	38 (90.5%)	12 (75.0%)	1 (1.0%)		2 (11.1%)
投与	従事 (自動)	9 (18.4%)		13 (7.8%)				80 (76.2%)		
	従事 (手動)	8 (16.3%)	1 (33.3%)	1 (0.6%)				20 (19.0%)		1 (5.6%)
被験者誘導	従事			128 (77.1%)	1 (1.8%)			97 (92.4%)	11 (35.5%)	3 (16.7%)
被験者セッティ ング	従事			154 (92.8%)		2 (4.8%)		34 (32.4%)		2 (11.1%)
PET 装置操作	従事			158 (95.2%)		1 (2.4%)				
被験者説明	従事 (後日)	6 (12.2%)								
	従事 (当日)	21 (42.9%)	2 (66.7%)	23 (13.9%)				9 (8.6%)	9 (29.0%)	

注) 院内製造実施施設において、PET 検査に12ヶ月/年・RI取扱い全作業時間においてPET検査関連の作業時間が100%を占める従事者について集計。

()内は職種ごとの対象者に対して各業務に従事する者の割合

*印の業務内容は、サイクロترون保有施設のみ回答

果から、PET検査に携わる人の年間全身被ばく線量を調査した。職種別被ばく線量の分布を図1に示す。なお、全身、手指とも、被ばく線量の分布の取りまとめに当たっては、1年間を通じてPET検査に従事し、RI取扱い全作業時間においてPET検査関連の作業時間が占める割合が100%と回答した従事者のデータを集計することとさせていただいた。

主要な職種の年間全身被ばく線量が5mSv/y未

満の割合は、常勤医師、合成技術者はいずれも100%であった。また、看護師は99%以上、薬剤師は98%以上、サイクロترونオペレータは97%以上、診療放射線技師は95%以上であり、各職種ともに、従事者の大半が5mSv/y未満であった。さらに、検出限界以下から1mSv/y未満までの範囲で見ると、常勤医師は85%、薬剤師は82%、合成技術者は56%、看護師は51%であり、診療放射線技師と

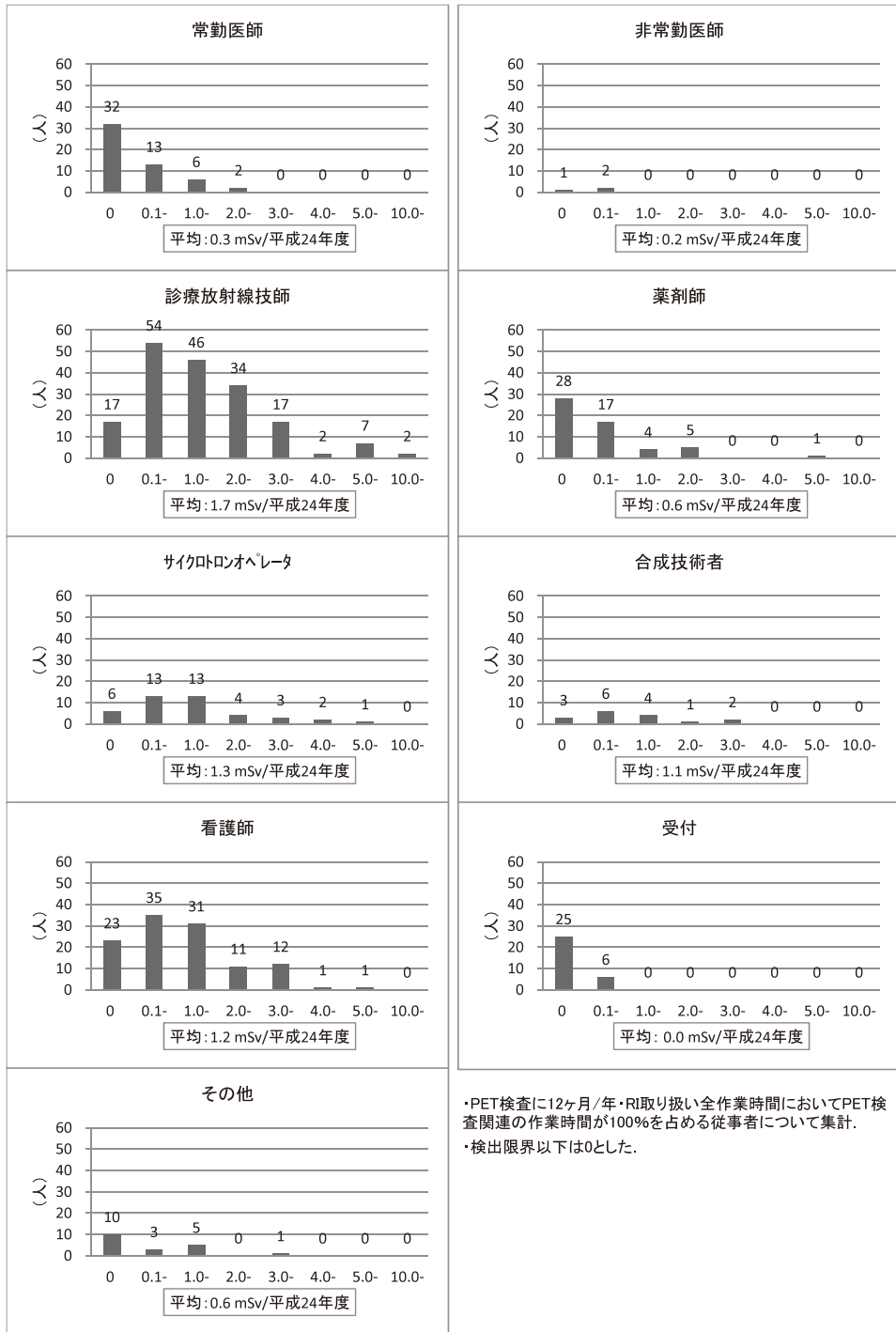


図1 職業別全身被ばく線量分布

サイクロトロンオペレータを除き、いずれも半数以上が1 mSv/y未満であった。また、診療放射線技師、サイクロトロンオペレータでは1 mSv/y未満はそれぞれ約40%、45%以上、2 mSv/y未満にするとそれぞれ65%以上、76%以上であった。また、この全身被ばく線量の人数を、検出限界以下、0.1~<1 mSv/y、それ以上を1 mSv/yごとに集計した場合、その人数分布が最も多い範囲は、常勤医師、薬剤師では検出限界以下、診療放射線技師、合成技術者、看護師では0.1~<1 mSv/y、サイクロトロンオペレータでは0.1~<1 mSv/y及び1~<2 mSv/yであった。

また、被ばく線量と業務内容との関係を、職種別の被ばく線量と従業務内容から推察した。医師が従事する業務の多くは、被験者への説明か投与であった。そして、アンケート調査に回答した施設の半数では、自動投与機を用いていることから、被ばくは被験者への説明の際に被験者から受けるものが多いと推察された。また、診療放射線技師の場合、ほかの職種より全体に被ばく線量が高かった。診療放射線技師の作業内容はPET装置操作と被験者の誘導とセッティングが主なものであったが、作業時間の割合から考えると、診療放射線技師の被ばくは、医師と同様に、放射性医薬品を投与された被験者によるものが多いと推察された。看護師についても同様に被験者の誘導とセッティングに従事する割合が高く、このため全身被ばく線量が高くなる傾向があると考えられる。

これに対し、サイクロトロンオペレータや合成技術者において被ばく線量が高くなるのは、RI製造や薬剤合成に携わっている割合が高いことから、それらの作業によるものとともに、得られた放射性薬剤の移動などの作業も行っており、その作業自体は時間的には短いものの高い放射エネルギーを扱うために被ばくするものと推察される。

一方、薬剤師の被ばく線量はサイクロトロンオペレータや合成技術者よりも低いことが示された。ただし、薬剤師は、業務として放射性薬剤の出荷部分に関与するもの以外に、得られた薬剤の一部を用いて実施される品質検査に携わる割合が多いことから、被ばくは主に後者の作業によるところが大きいと考えられる。

また、今回の結果から、RI製造や薬剤合成の業

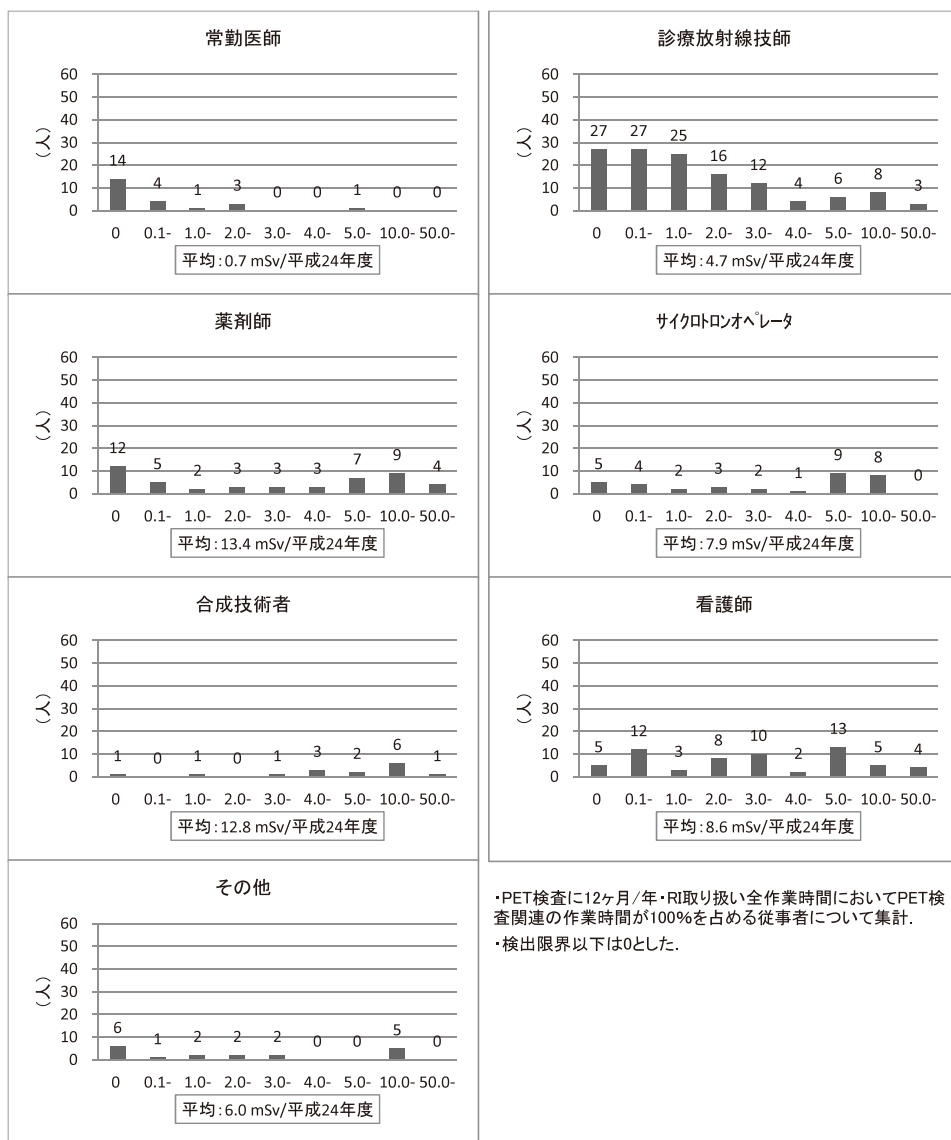
務に携わる割合が高いサイクロトロンオペレータや合成技術者の被ばく線量は他の職種のそれと大きな差はないことも示された。これは医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律（医薬品医療機器等法（旧薬事法））による医療機器承認が進むことにより、特殊な場合を除き、合成作業中に作業者が手動で作業をすることがなくなっていることによるものと考えられる。それに対して診療放射線技師や看護師の被ばく線量が比較的高いのは、放射性薬剤投与後の被験者誘導やセッティングに携わるために、高い放射能が体内にある被験者に接する頻度が高いためと推察される。

2.4 職種別の手指被ばく線量

手指用の線量モニタを装着し、測定した結果を図2にまとめた。全身被ばく線量に比べれば最大値は大きくなるが、職種間での被ばく線量の大小やその人数分布など、全体の傾向としては全身被ばく線量の結果と類似していた。しかしながら、診療放射線技師や看護師における手指の被ばくについては他職種に比べて高い方に分布が広がる傾向が認められた。これは、被験者の誘導やセッティングの際の被験者との接触時間による影響が大きく、特に手指の被ばく線量が高い人の場合はRI製造、薬剤合成、分注（自動）、手動での投与に関与していることなどが原因となっているものと考えられる。

2.5 被ばく低減のための工夫

被ばく線量を低減するためには、その原因を明らかにし、それに対する対策を考えることが有効である。本アンケートでは被ばく低減のために実施している工夫についても併せて調査した。今回得られた2.3、2.4のデータから、被ばく低減につながる点が明らかになった。今後はそれらの点に対して有効かつ適切な対応を考えることが必要であるが、実際には既に、これらの点を意識した色々な工夫がなされている。例えば、被験者の呼び出しにPHSを利用する、詳細な検査の流れやその他必要事項の説明はできるだけPET薬剤の投与前に行う、会計等はあらかじめ済ませる、あるいは複数担当者でローテーションを組むなどによりできるだけ被験者との接触時間を減らす、また、被験者と接触する可能性がある場合には鉛の衝立を利用する、被験者との距離を意識するなどが挙げられた。いずれの職種についても放射線の体外被ばく防護三原則である、時間・距



・PET検査に12ヶ月/年・RI取り扱い全作業時間においてPET検査関連の作業時間が100%を占める従事者について集計。
 ・検出限界以下は0とした。

図2 職業別手指被ばく線量分布

離・遮蔽に注意することが被ばく線量の低減に役立つと意識されており、それに応じた対策が実行されている。また、投与における自動注入器の利用も被ばく低減に有効であると考えられる。

今後も、今回得られた2.3, 2.4のデータを参考に、有効かつ適切な被ばく低減対策が実施されていくことを期待する。

3. まとめ

前回¹⁾に引き続きPET検査における作業者の被ばく状況を全国規模で調査した。

今回の結果で、PET検査業務に従事した各職種における年間全身平均被ばく線量は、医師が0.3 mSv、診療放射線技師が1.7 mSv、薬剤師が0.6 mSv、サイクロロンオペレータが1.3 mSv、合成技術者が

1.1 mSv, 看護師が 1.2 mSv であった (図 1)。現在, PET 検査の業務はほぼ成熟したものとなっていると判断できることから, 今回得られたデータは, 我が国で行われている PET 検査における業務従事者の被ばく線量にある程度正確に反映しているものと考えられる。

平成 19 年に実施した同様の調査では 1 ヶ月の被ばく線量として報告されているため, その時の結果を単純に 12 倍すると, PET 検査業務に従事した各職種における年間全身平均被ばく線量は, 医師が 0.5 mSv, 診療放射線技師が 1.3 mSv, 薬剤師が 0.3 mSv, サイクロトロンオペレータが 1.2 mSv, 合成技術者が 0.4 mSv, 看護師が 1.2 mSv となる¹⁾。

今回の結果と前回の調査結果を比較してみると, 今回の調査では, 診療放射線技師や薬剤師の中に, 極めて少数ではあるが, 大多数の人の群から大きく離れて被ばく線量の高い人がおり, そのために, これらの職種では平均値にすると前回の調査結果よりも高くなっているところがある。また, 前回の調査は 1 ヶ月のデータを基に年間の被ばく線量を推定したもの, すなわち, PET 業務を含む全ての RI に関わる業務として年度の線量と, その人の年度内での PET 業務に従事する月数, RI 業務の中で PET 業務に従事する割合を基に, PET 業務の線量を計算して集計したものである。したがって, 全体の業務のうちの PET 検査への従事率を正確に評価できにくい点もあったことから, 単純に両群の平均値を比較することは適切でないが, 傾向を評価することはある程度可能である。そのような観点から両群を比較してみると, 診療放射線技師, 薬剤師と合成技術者が増加傾向にあるが, ほかの職種はいずれもほとん

ど変わっていない。診療放射線技師や薬剤師の場合も, 前述のような状況を加味するとほとんど変わらないと考えられる。日本アイソトープ協会の調査によると²⁾, 平成 19 年より平成 24 年では PET 検査数が増加していることから, 同じように作業をしている場合には被ばく線量が増加することが考えられるが, 被ばく線量に関して両者の結果はほぼ変化がない。これは, PET 検査に伴う被ばくに対する意識変化と同時に, 自動合成装置の完成度の向上, 品質管理の自動化の推進, 製造工程の改善, PET 検査に対する技術や手順の習熟度の向上, 新たなスタッフの増加などが原因と考えられる。

一方, 今回の結果から, 現在は被験者誘導や被験者セッティングなどの被験者との接触が一番の被ばく誘因となっていると考えられる。したがって, 今後 PET 検査従事者の被ばく線量を更に低減するためには, 被験者との接触に対する工夫が必要であり, これにより被ばくのより一層の低減が期待される。

最後に, 本アンケート調査にご協力いただきました方々, 施設に深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 日本アイソトープ協会医学・薬学部会ポジトロン核医学利用専門委員会, PET 用放射性医薬品の合成, 分注, 品質管理に携わる作業者の被ばく線量調査報告, *Isotope News*, No.654, 38-42 (2008)
- 2) 日本アイソトープ協会医学・薬学部会全国核医学診療実態調査専門委員会, 第 7 回全国核医学診療実態調査報告書, **62**(8), 545-608 (2013)