

- トップコラム／京都大学複合原子力科学研究所
粒子線腫瘍学研究センター 教授 田中 浩基
- 2021年度 皮膚の等価線量の集計／リングバッジ着用者数推移
- お願い／登録内容の変更について
- 製品紹介／新型ハイブリッドサーベイメータ RaySafe 452

 トップ
コラム
252


田中 浩基

世界初の加速器BNCTの実現

ホウ素中性子捕捉療法(Boron Neutron Capture Therapy)は熱中性子とホウ素10との核反応によって生成される殺細胞効果の高い α 粒子とリチウム原子核を用いた放射線治療の一種である。 α 線の飛程が $10\mu\text{m}$ と細胞の大きさと同じであることと、がん細胞に集積するホウ素薬剤を用いることで、がん細胞に隣接する正常細胞には原理的にはダメージを与えないという特徴を有する。このことから、放射線性抵抗性、浸潤性の高いがんに対して有効である次世代のがん治療の一つとして期待されている。

BNCTの原理は中性子が発見された4年後の1936年には提唱されており、1951年にアメリカの研究用原子炉において熱中性子ビームを用いて初めて臨床研究が行われた。次世代のがん治療と紹介されながらも、BNCTの歴史は長く、その間現在に至るまでいくつかの転機が訪れた。1951年から1961年に行われた臨床研究はホウ素薬剤及び中性子ビームの性能に課題があり、良好な治療成績を得ることが困難であった。一方で、1968年に日本で初めて臨床研究が行われてから、良質な熱中性子ビームと、ホウ素薬剤の組み合わせにより、良好な治療成績が得られた。BNCTが継続されてきた一つの転機と言える。

日本での良い治療成績は1990年代にアメリカ、オランダ、フィンランドでの臨床研究開始を後押しし、2000年代にはチェコ、スウェーデン、イタリア、アルゼンチンでも開始された。その間、新しいホウ素薬剤となるボロノフェニルアラニン(BPA)と、熱中性子よりもエネルギーの高い熱外中性子ビーム生成に関する開発が進み、悪性神経膠腫から始まったBNCTの適応疾患は、悪性黒色腫、頭頸部癌、悪性髄膜腫、悪性胸膜中皮腫などへと、主に日本において拡大してきた。

このようにBNCTの効果が示される一方で、各国において

研究用原子炉の維持が困難になり、BNCTを普及発展させるために加速器を用いたBNCT中性子源の開発が望まれていた。BNCTを実施するためには $5 \times 10^8 \text{ n}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 以上の熱外中性子強度で患者に照射するため、大電流の陽子ビームを生成可能な加速器、陽子が中性子発生ターゲット中に留まることを防止する機構、BNCTに適したエネルギーまで減速させるための減速体系などの技術開発が必要であった。筆者が所属する京都大学複合原子力科学研究所とサイクロトロン製造企業はエネルギーの高い陽子とベリリウムターゲットから生成する高い中性子生成能力と、ターゲット中の飛程が長いことを利用して、BNCTが実施可能となる熱外中性子ビームを生成することに成功した。2012年には世界で初めて加速器によるBNCTの臨床試験を開始した。2020年3月に切除不能な局所進行又は局所再発の頭頸部癌に対して、BNCT治療システムは医療機器としての承認が得られた。また、ホウ素薬剤も医薬品としての承認が得られた。同年6月には2つの医療機関において保険適用によるBNCTの診療も開始され、大きな転機を迎えた。

国内では他の中性子発生方式による加速器中性子源の開発も進んでおり、国立がん研究センターでは高周波4重極線形加速器とリチウムターゲットによるシステムを用いて2019年に臨床試験を開始し、筑波大学では線形加速器とベリリウムターゲットによるシステムを用いて臨床試験の前に必要となる非臨床試験を開始している。名古屋大学では静電加速器とリチウムターゲットによるシステムの開発が進められている。

以上のようにBNCTの歴史は古く、初めて臨床研究が行われてから70年の間、いくつもの転機を迎えて、保険適用による治療が実施できるようになった。現在頭頸部癌のみに限られている適用疾患を拡大することが望まれている。

本稿では中性子源に着目して国内外のBNCTの歴史について説明してきたが、様々な中性子発生方式による中性子ビームの線量や、ホウ素薬剤の評価方法についてもオールジャパンの体制で共通化・標準化の検討が進められている。今後、世界をリードしてBNCTの研究開発がさらに進展することが期待される。

たなか ひろき (京都大学 複合原子力科学研究所
粒子線腫瘍学研究センター 教授)

プロフィール●1976年福岡県出身。2004年九州大学大学院工学府エネルギー量子工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。日本原子力研究所博士研究員、2006年京都大学原子炉実験所助教、2013年特定准教授、2016年准教授を経て、2021年より京都大学複合原子力科学研究所教授。放射線計測、加速器BNCTシステムの研究開発に従事。世界初の加速器BNCTの治験機器管理責任者・医学物理士として装置の精度管理、品質管理に従事。令和3年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞など受賞。

2021年度

皮膚の等価線量の集計

2021年度(2021年4月～2022年3月)の当社ルミネスバッジサービスおよびリングバッジサービスによる皮膚の等価線量(以下、皮膚等価線量)を機関別・職種別に集計し、またリングバッジの着用者数の推移も機関別にまとめましたので、報告いたします。皮膚等価線量は、ルミネスバッジまたはリングバッジから得た70 μm線量当量です。複数のバッジを着用した場合は、それらの中で最も高い70 μm線量当量を皮膚等価線量としています。この算出方法は当社の「ルミネスバッジ等ご利用の手引き」の14ページにも記載しています。こちらは当社ウェブサイトからでもご確認いただけます。

皮膚等価線量の集計

【皮膚等価線量の集計対象】

2021年度中に、当社の測定サービスを1回以上受けられた238,015名のデータを対象とし、皮膚等価線量について集計しました。対象期間は2021年4月1日から2022年3月31日までの着用分で、報告日が2022年6月30日までのバッジデータを使用しました。

なお、最小検出限界未満の線量を表す「検出せず」は、被ばく線量を0 mSvとして計算しています。

【機関別年間皮膚等価線量の集計結果】

機関を一般医療、歯科医療、獣医療、一般工業、非破壊検査、研究教育の六つに分類し、皮膚等価線量を集計しました。

2021年度における各機関の年間皮膚等価線量の人数分布を表1に示します。全集計対象者の年間皮膚等価線量の平均は0.793 mSvとなり、2020年度の0.729 mSvより上昇しました。医療分野について見ますと、一般医療の集計対象人数は178,734名で年間皮膚等価線量の平均は1.004 mSvでした。一方、歯科医療は3,874名で0.028 mSv、獣医療は8,153名で0.037 mSvとなり、いずれの平均も一般医療の5%未満でした。

また、皮膚等価線量の年間線量限度である500 mSvを超えた方はいらっしゃいませんでした。

図1は、機関別の年間皮膚等価線量の分布を示しています。集計対象者のうち、全体の71.6%の方は「検出せず」でした。一般医療の64.0%および非破壊検査の58.8%以外の機関では90%以上が年間を通して「検出せず」でした。

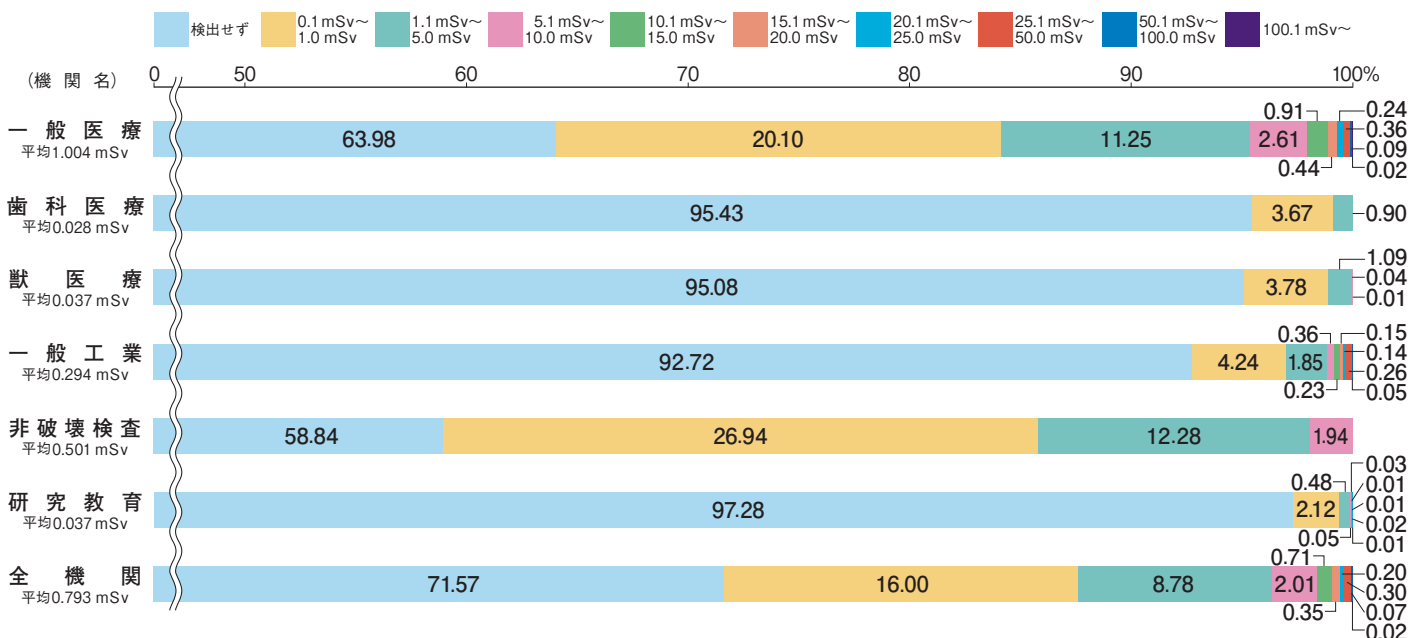
図2は、過去5年における機関別の年間平均皮膚等価線量の推移を表したものです。5年とも一般医療が最も高く、次いで非破壊検査、一般工業、これらの機関から大きく下がり、他の3機関となっています。2021年度は獣医療と研究教育が同程度、次いで歯科医療の順になりました。

2021年度の全機関の年間平均線量はここ5年で最大になりました。これは着用者全体の75%を占める一般医療の年間平均線量が増加したことに依るものです。非破壊検査と一般工業、さらに残りの3機関のいずれの年間平均線量も

表1 2021年度 機関別年間皮膚等価線量人数分布 (単位：人)

機関名	平均線量 (mSv)	検出せず	0.1 mSv～1.0 mSv	1.1 mSv～5.0 mSv	5.1 mSv～10.0 mSv	10.1 mSv～15.0 mSv	15.1 mSv～20.0 mSv	20.1 mSv～25.0 mSv	25.1 mSv～50.0 mSv	50.1 mSv～100.0 mSv	100.1 mSv～500.0 mSv	500.1 mSv～	合計人数
一般医療	1.004	114,352	35,932	20,109	4,671	1,622	784	429	639	153	43	0	178,734
歯科医療	0.028	3,697	142	35	0	0	0	0	0	0	0	0	3,874
獣医療	0.037	7,752	308	89	3	1	0	0	0	0	0	0	8,153
一般工業	0.294	25,294	1,157	504	99	63	41	37	72	13	1	0	27,281
非破壊検査	0.501	273	125	57	9	0	0	0	0	0	0	0	464
研究教育	0.037	18,978	414	94	9	5	2	2	4	1	0	0	19,509
全機関	0.793	170,346	38,078	20,888	4,791	1,691	827	468	715	167	44	0	238,015

図1 2021年度 機関別年間皮膚等価線量分布 (単位：%)



集計

リングバッジ着用者数推移

2020年度から大きく変わりませんでした。

[職種別皮膚等価線量の集計結果]

図3は、職種別の年間平均皮膚等価線量です。また、それぞれの職種でリングバッジ着用者と非着用者に分けて集計しました。2021年度中に、1度でもリングバッジを着用された方は着用者として集計しています。

全平均の年間平均皮膚等価線量は、リングバッジ着用者では集計対象人数6,228名で4.15 mSvでした。リングバッジ非着用者では231,787名で0.68 mSvでしたので、その比は6.1倍におよびました。全ての職種において、リングバッジ着用者は非着用者よりも年間平均皮膚等価線量が高く、その差は顕著でした。

なお全体の平均線量では技師の1.73 mSv、リングバッジ着用者の平均線量に限れば教員の12.47 mSvが一番高くなりました。

リングバッジ着用者数推移

図2 機関別年間平均皮膚等価線量推移

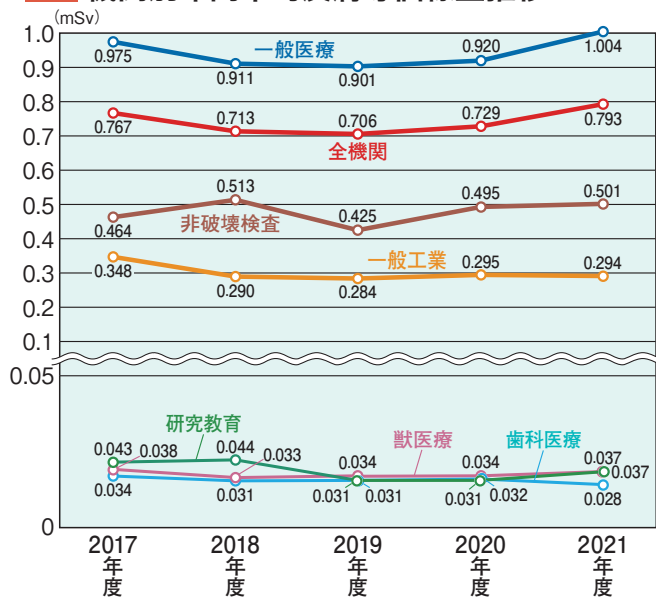


図4は、過去5年における機関別のリングバッジの着用者数の推移を表したものです。機関によって着用者数が大きく異なるため、縦軸は対数日盛で表示しました。なお、歯科医療と非破壊検査のリングバッジ着用者は10名以下と少ないため、これらの表示は割愛しました。

2021年度の機関別着用者数を2020年度のそれと比べると、一般医療、一般工業では増加し、研究教育と獣医療では減少しました。その結果、2020年度に一旦減少に転じた全機関の着用者数も、2021年度には再び増加いたしました。

*

外部被ばくによる線量が末端部で最大となる恐れがある場合、末端部の70 μm線量当量の測定が法令で義務づけられております。放射線作業上、末端部の被ばくが高くなる可能性のある方は、皮膚等価線量を正しく測定するために、是非リングバッジをご活用ください。

(技術部)

図4 機関別リングバッジ着用者数推移

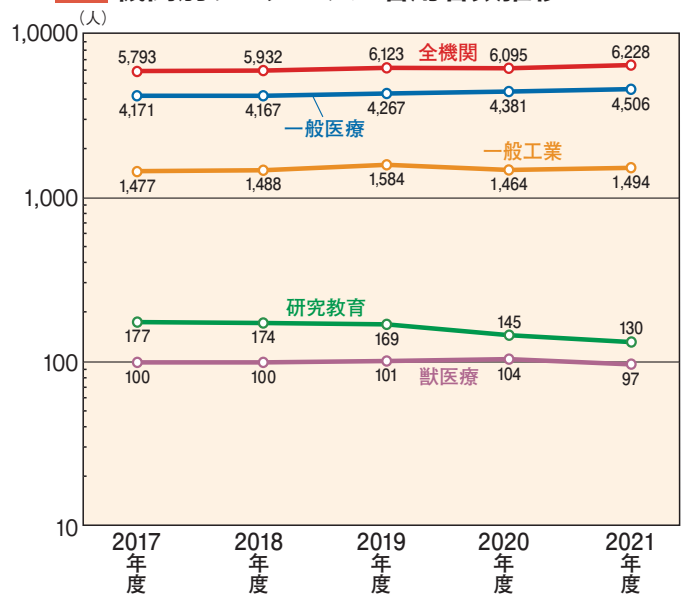
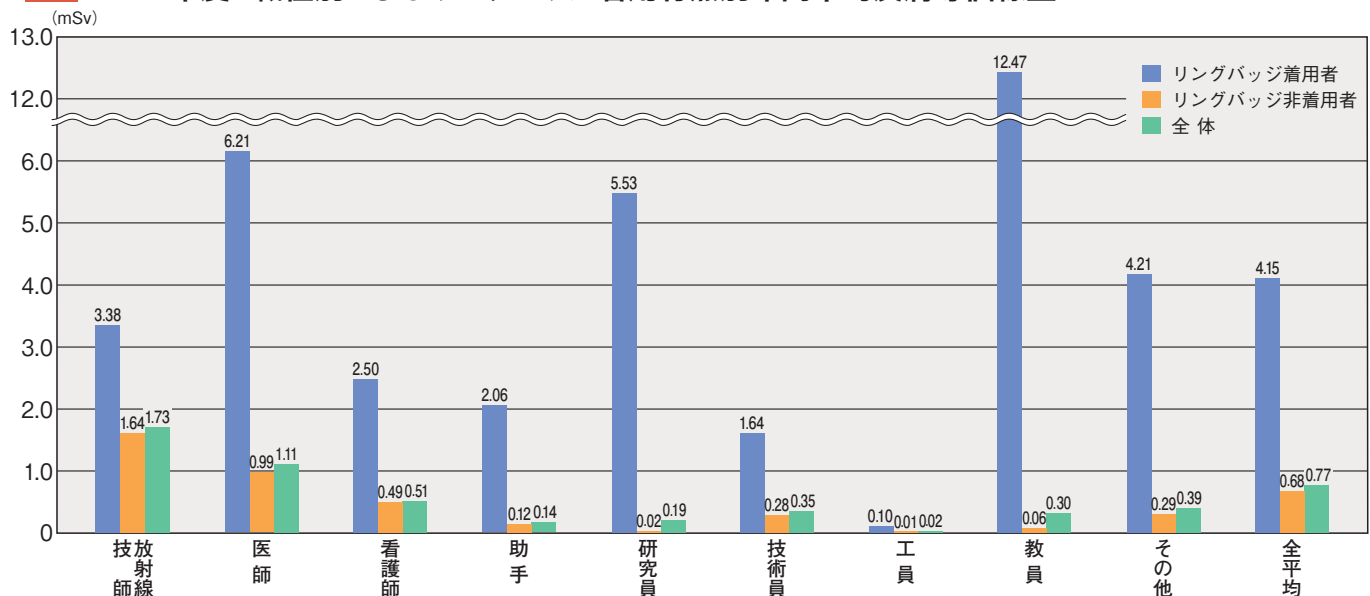


図3 2021年度 職種別およびリングバッジ着用有無別年間平均皮膚等価線量



お願い

登録内容の変更について

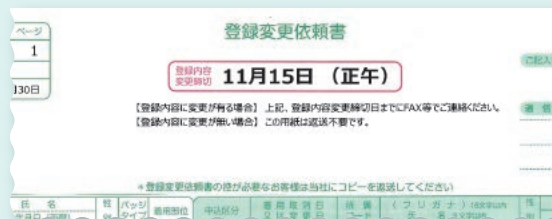
(お問い合わせ：お客様サポートセンター)
Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440

バッジのご着用者に変更が生じましたら、登録変更依頼書の中央に記載しております登録内容変更締切日までにご連絡いただきますと次回のバッジ発送分に反映させることができます。

締切日時を過ぎて、追加・取消のご連絡をいただいた場合、追加のバッジは別便にてお送りいたしますが、取消のバッジは発送されてしまいますのでご注意ください。

なお、バッジの追加や取消など、お電話でいただ

く場合には、最初にお客様の事業所番号をお教えくださいますとお待ちすることなくスムーズにご依頼事項に対応できます。



製品紹介

〔新型〕ハイブリッドサーベイメータ
RaySafe 452

年末特別価格キャンペーン実施中!!



半導体とGM管の技術を組み合わせて開発された新しいサーベイメータ『RaySafe 452』の登場です。1台で様々な測定用途に対応することが可能です。その高い可能性や簡便性は、お客様のコスト削減、生産性向上を実現します。

●様々な測定用途にご使用いただけます。

- ・ X線装置からの漏洩線量測定
- ・ 管理区域の漏洩線量測定
- ・ 撮影室内の散乱線測定
- ・ 表面汚染の検出
- ・ 環境放射線測定
- ・ 非破壊検査用X線管の線量測定など



製品情報はこちら



お問い合わせ：営業部 Tel.029-839-3322

編集後記



12月といえば、お歳暮の時期ですね。お歳暮とは「歳暮」すなわち「年(歳)の暮」のことです。年末に、お世話になった方に感謝の気持ちを込めて「これからもよろしくお願ひします」と贈り物をする習わしです。お歳暮の由来は、年末に先祖の霊への供物を親族や近所の人に配ったことが原型といわれています。日頃お世話になっている方に

贈るのが一般的のようです。贈る相手を選ぶポイントは「今後もお付き合いがあるか」「毎年送り続けられるか」です。

お歳暮は一度贈った相手には毎年贈るものです。一度贈るとやめにくいので「長く付き合っていきたい」と思う方へ贈りましょう。と、いうことで、長年お世話になったあの方へ、毎年、大好きなお酒を贈っているけれど、今年もやっぱりお酒かな(笑)。来年もよろしくお願ひいたします。(M.I.)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール

<https://www.nagase-landauer.co.jp>
E-mail: mail@nagase-landauer.co.jp

■ 当社へのお問い合わせ、ご連絡は

本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8440
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.540
2022年(12月号)

毎月1日発行 発行部数：41,700部

発行 長瀬ランダウア株式会社
〒300-2686

茨城県つくば市諏訪C22街区1
浅川 哲也