

- トップコラム／高エネルギー加速器研究機構 放射線科学センター 教授 三浦 太一
- 医療診断と放射線／〔シリーズ5〕X線検査における介助者の被ばく
- New Horizon of Radiation Therapy／〔その4〕治療結果の紹介
- お願い／報告書の保管について
- 製品紹介／InLightシステム〈microStar[®]〉

ト
ツ
ブ
コ
ラ
ム
176



三浦 太一

高エネルギー陽子加速器施設とトリチウム

私が生まれたのは、第五福竜丸の乗組員の皆さんが被ばくした、米国水爆実験によるビキニ事件の数か月後である。地球の大気中放射能濃度が最も高かった時代を生きてきたことになる。

はじめて放射性同位元素(RI)あるいは放射線を扱ったのは、大学3年時の学生実験(放射化学実験)であった。⁹⁰Srと⁹⁰Yの分離やGe半導体検出器による γ 線測定を行ったと記憶している。卒研で放射化学研究室に入り¹⁸⁹OsのNEET(Nuclear Excitation by Electron Transition)の研究に携わって以降約40年間、RI、放射線を利用した実験、研究を続けている。高エネルギー加速器研究機構に助手として就職した後は、加速器施設の放射線安全管理業務に約30年間従事し、今では業務、研究の両面で深くRI、放射線とかかわっている。

業務研究等で扱ったRIは、トリチウム、Beから核燃料物質であるU、Pu、超ウラン元素であるCfまで多岐にわたる。また直線加速装置からベータトロン、ファン・デ・グラーフ型加速装置、コッククロフト・ワルトン型加速装置、サイクロトロン、シンクロトロンとこれまた多種の加速器を利用あるいは管理してきた。エネルギーの観点からも、法令上は放射線発生装置に該当しない電子顕微鏡を改造した電子加速器からJ-PARCの陽子シンクロトロンまで、keVオーダーからGeVオーダーまで大小様々な加速器に関わってきた。

この様に今まで多種のRIおよび加速器を取り扱ってきたが、最も長く付き合っているのが、高エネルギー陽子加速器とトリチウムである。高エネ研に就職以来約30年、陽子加速器の放射線管理をしながらまた研究対象にもしてきた。

放射線安全の観点から、今は廃止された高エネ研の12GeV陽子加速器やJ-PARCの様な高エネルギー陽子加速器が、医療用加速器等の一般の加速器と異なる点としては次の3点を挙げることができる。①加速器停止後の加速器構成機器の放射線レベルが高い、②トンネル内空気、加速器冷却水中に生成する放射能濃度が高い、特にトリチウム、⁷Beの生成量が多い、③標的の放射能インベントリが高く、生成核種が多様である。これらの問題点に対する対策としては、加速器運転に伴うビームロスを抑えることが極めて重要である。12GeV陽子加速器の時代に比べJ-PARCでは、放射線Gと加速器Gの残留放射線レベルの情報共有や加速器技術の進展も相まってビーム増強をしてもロスは低く抑えられているが、標的、ビームダンプおよびその冷却水、周辺空気の放射化は、出力上昇に伴い増加することは避けられない。中でもトリチウムは、主として核破砕反応で生成するが、生成断面積が大きく全ての安定同位体から生成するため、トンネル内空気中および冷却水中ではその生成量は長半減期核種の中では最も多い。電磁石、シールド等加速器構築物は、管理区域から持ち出されることはなく、従って構築物中に生成した放射性核種が環境中に放出されることはないが、放射化した空気や冷却水は、短半減期核種消滅後、生成した長半減期核種をフィルターやイオン交換樹脂で除去した後、環境中へ放出される。しかしながらトリチウムは空気中ではHTOまたはHT、冷却水中ではHTOとして存在するため除去が困難である。従って冷却水に関しては、適時トリチウム濃度を測定し、排水時に濃度限度を超えないよう交換し、場合によっては希釈放流する必要がある。空気に関しては、高エネルギー陽子加速器では高濃度の短半減期核種を環境中に放出しないよう、通常運転中は空気を閉じ込め、運転停止後排気しているが、トリチウムが濃度限度を超えないよう排気計画を立てる必要がある。この様にトリチウムは、放射線管理上は手間がかかる核種であるが、加速器トンネル内空気中のトリチウムの化学形、コンクリートシールド中のトリチウムの濃度分布、土壌および地下水中のトリチウムの挙動等研究対象としては、面白い核種である。いずれにしても30年も付き合っているとトリチウムに愛着がわいてくる。

.....

みうら たいち (高エネルギー加速器研究機構 放射線科学センター 教授)

プロフィール●1954年大阪生まれ。大阪大学理学部化学科卒業後、東京都立大学理学研究科で理学博士取得。理化学研究所核化学研究室で博士研究員をした後、1986年高エネルギー物理学研究所(現在の高エネルギー加速器研究機構)に助手として採用され、その後、助教授、教授となる。J-PARC設立時より7年半、放射線取扱主任者を務めた後、昨年度より高エネ研つくばキャンパスの放射線管理室長。この間、主として高エネルギー陽子加速器の放射線管理に従事。

医療診断と放射線

〔シリーズ5〕 X線検査における介助者の被ばく

徳島大学大学院 医歯薬学研究部 助教 林 裕晃



今月は、医療スタッフの皆さんがどのような状況で被ばくをするのか、また、少しでも被ばくを減らすための方法についてお話したいと思います。多くの教科書や指導書で教えられている被ばく低減方法の基本は、①遮蔽をする、②距離をとる、③時間を短くする（回数を減らす）ということです。今回は①および②について、少し深く考えます。

X線撮影装置は遮蔽された部屋の中で使用しますので、撮影室の中に入らない限り、被ばくすることはありません。しかし、X線撮影をする際に“介助”が必要となる場合には注意してください。例えば、お子さん（乳幼児）のお腹の調子が悪く、長い間お通じが出ない。このようなときに、腸の様子をX線で撮影して画像診断をするという状況が起こりえますが、乳幼児は1人ではじっとしていられないので医療スタッフや親が介助者として、撮影室に同行することになります。

X線撮影の場合、放射線源としては2種類あり、1つはX線管から放出される1次X線、もう1つは、散乱X線です。空気中のように原子があまり存在しない場所では、散乱X線は発生しません。しかし、人体のように多くの原子が存在している場所からは多く発生します。つまり、乳幼児のX線撮影の場合には、乳幼児が散乱X線の発生源となり、この発生源に対して適切に①遮蔽し、②距離をとることが大切です。



Bad
被写体（乳幼児）に近い
防護衣を着ていない

Good
被写体（乳幼児）から遠い
防護衣を着用

図1 腹部一般撮影検査における介助者の例

図1は、乳幼児の腹部一般撮影の概念図です。親と医療スタッフの2名が足と腕を押さえており、乳幼児の腹部だけに1次X線が照射されるように設定されています。乳幼児の背面にX線検出器があり、診療放射線技師もし

くは医師が部屋の外から装置を制御して、X線を照射します。左図は悪い例であり、2名の介助者は散乱X線の発生源である乳幼児に近く、遮蔽もおこなっていません。一方、右図は良い例であり、X線防護エプロン（鉛エプロン）を着用し、散乱X線の発生源（乳幼児）からも適度な距離をとっています。



Bad
被写体（乳幼児）に近い
防護衣を着ていない

Good
被写体（乳幼児）から遠い
防護衣を着用

図2 頭部CT検査における介助者の例

図2は、乳幼児の頭部CT検査の概念図です。X線CT検査では、ガントリーと呼ばれるトンネルの中に被写体が移動したときに、その部位の断層像を取得します。左右の図に示した悪い例と良い例を見比べれば分かると思いますが、基本は一般撮影と同じで、鉛エプロンを着用した状態で、腕をできるだけ伸ばして介助することが理想です。

私も長男の腹部一般撮影の介助をした経験がありますが、暴れる長男を固定することに精一杯で、散乱X線による被ばくを考える余裕がありませんでした。このような苦い経験から、できるだけよいイメージを持って検査に臨めるように、との願いを込めてこの記事を書いています。介助には様々な要素があり、例えば乳幼児との距離感は、乳幼児を安心させるために大切な要素であることも多く、距離をとることだけが重要ではないと思います。幸いにも散乱X線による被ばくは直接X線の1/100程度と微量です。このような知識を有した上で、少しでもイラストの良い例を再現できるように、臨機応変に対応していただくことを望みます。本稿が皆様の被ばく低減に繋がれば幸いです。

New Horizon of Radiation Therapy

〔その4〕 治療結果の紹介



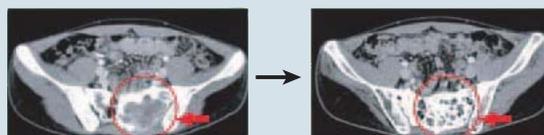
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所 放射線治療品質管理室 深堀 麻衣

放射線治療は主にX線やガンマ線を用いた光子線治療と、荷電粒子線を用いた粒子線治療に分けられます。粒子線治療は陽子を用いる陽子線治療と、それよりも重い荷電粒子を用いる重粒子線治療に大別されます。ここでは、放射線医学総合研究所（放医研）における炭素線を用いた重粒子線治療結果を紹介いたします。

放医研では1994年6月に重粒子線がん治療装置（HIMAC）を用いた重粒子線治療が開始され、約10年間にわたる臨床試験を行ってきました。さまざまな部位での臨床試験によって、重粒子線治療の安全性および有効性が確認され、2003年10月に現在の先進医療にあたる高度先進医療として承認されました。それ以降、先進医療と臨床試験を並行して重粒子線治療を実施しています。臨床試験は、更なる適応範囲の拡大と効果向上等を目的とす

子線の優れた生物学的特徴から、副作用の減少と治療効率の向上を目指した短期小分割照射法が行われており、治療期間の短縮が可能となっています。

治療の有効性には様々な尺度がありますが、放射線治療では外科手術と同じく、局所のがんを制御することができたかどうか重要な評価基準となります。治療により腫瘍が縮小した、もしくは腫瘍の成長が止まった割合を「局所制御率」と言い、この割合が有効性を示す指標の一つとなっています。重粒子線治療の場合の例では、早期非小細胞肺がんの5年局所制御率は90%、前立腺がんでは95%であり、他の治療法と比較しても非常に高く、十分に有効な治療法であると言えます。その他の部位においても、高い局所制御率が示されており、優れ



治療前 治療後

図2 重粒子線による治療症例（仙骨肉腫）

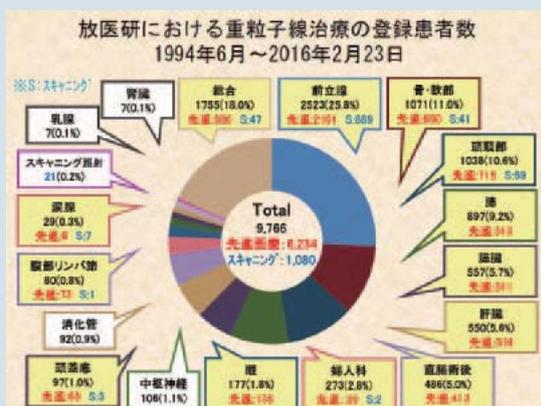


図1 放医研における重粒子線治療の患者数および疾患別内訳

るものです。図1に1994年6月から2016年2月までに放医研にて治療が行われた患者数と疾患別内訳を示します。これまでの治療患者数は約1万人であり、これは世界一の症例数となります。内訳では、前立腺がんが最も多く、次いで、骨・軟部腫瘍、頭頸部がん、肺がんの順となっています。

重粒子線治療は、光子線治療では十分な効果が得難い腺がん（頭頸部がん、前立腺がん、肺がん等）、脳腫瘍や骨・軟部腫瘍、悪性黒色腫等に有効です。また、線量集中性の高い照射が可能なおから、重要臓器に近接したがん、あるいは周囲の組織をできるだけ保護したい肝臓がん等にも有効です。前立腺がん、肺がん、肝臓がん等については、重粒

た治療成績が得られています。図2に実際に重粒子線治療を行った仙骨肉腫症例を示します。治療後、がん細胞は消失しており、骨破壊部分は仮骨を形成していることがわかります。

スキャンニング照射については、2011年5月から臨床試験が行われ、2012年9月に治療が開始されました。スキャンニング照射では、より複雑な形状のがんにも照射が可能となっており、これまでにスキャンニング照射により治療を行った患者数は約千人にのぼっています（図1）。また、2015年3月より世界初となる呼吸移動を伴う肺がんや肝臓がん等を対象とした呼吸同期スキャンニング照射の臨床試験が開始されました。

さらに、2016年度には炭素線を任意の角度から照射できる回転ガントリーを使用したスキャンニング照射が開始される予定です。重要臓器を避けて多方向から照射することで、治療後の障害や副作用を低減しつつ、腫瘍への線量集中性をより高めることが可能です。治療時および治療後の生活の質が向上し、患者さんにとってより優しい治療が実現できると期待されています。

お願い

報告書の保管について

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

個人被ばく線量の測定結果は、30年間または永久保存の保存義務が法令で定められています(一部の特例を除く)ので、着用を中止された方、退職された方の分も含め、「外部被ばく線量測定報告書」はそれぞれの事業所で大切に保存してください。

また、報告書の紛失等により再発行が必要な場合は当社までご連絡ください。但し、再発行につきましては別途発行手数料を請求させていただきますのでご了承くださいますようお願いいたします。

[基本料金2,000円+報告数(バッジ毎)×10円] ※税別

氏名	性別	年齢	測定線種	測定線量	測定線量範囲	測定回数	測定日	測定場所	測定結果	測定結果の範囲	測定結果の平均	測定結果の標準偏差	測定結果の最大値	測定結果の最小値	測定結果の検出限界	測定結果の検出率	測定結果の検出精度	測定結果の検出感度	測定結果の検出時間	測定結果の検出コスト	
0000	11000	男	5.2 X-γ線	1.0	0.0	1.0	1	2015.10.10	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0000	11000	男	5.2 X-γ線	1.0	0.0	1.0	1	2015.10.10	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

製品紹介

InLightシステム **microStar**®

microStar(マイクロスター)は汎用化された小型のOSL線量計測定システム(写真1)で、インライトバッジ(写真2)を用いることにより線量をその場で測定することができます。

10×10×2mmで金属フィルターを持たないnanoDot(写真2)は、小型でX線画像に写らないという特徴から、従来では線量測定が困難であった場所の線量評価を可能にしました。

専用キャリーケース(写真3)による容易に持ち運びができ、家庭用100V交流電源で動作できるmicroStarは、線量測定の新たな可能性を広げます。

- ☆特長
- 1) 小型、軽量で可搬型(リーダー本体)
(110×325×245mm 13.6kg)
 - 2) シンプルな操作方法
 - 3) 繰り返し測定が可能
 - 4) 高精度、高信頼性のOSL法
 - 5) 測定データ管理を専用PCで管理

- ☆仕様
- 測定線種 X-γ線、β線
測定線量範囲 0.1mSv~10Sv



写真1 PCおよびリーダー本体

お問い合わせは営業部まで
Tel. 029-839-3322

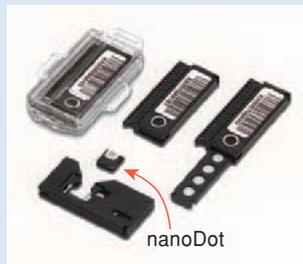


写真2 OSL線量計



写真3 専用キャリーケース

編集後記

もう20年以上前の話になりますが、私は学生の頃、ラドン(Rn-222)の測定を行っておりました。内容は電離箱や他の線量計を使ってラドンを測定した結果と、環境変化の要因(雨、風、気温)のデータとの比較をし、その因果関係を求めるというものでした。そのためか、今でもラドンという言葉を知ると、何か首を突っ

込みたくなってしまう。これが愛着なのかも知れません。大学卒業後は、弊社でサービスを行っていたフィルムバッジや現在も皆様にお送りしているクイクセルバッジ(OSL線量計)にずっと関わってきました。そのため、これらの線量計にも非常に愛着を持っております。今後もこの愛着のある線量計を使って、より良いサービスを行なっていこう、努めてまいります。(N.Y.)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール
<http://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.464
平成28年<8月号>

毎月1日発行 発行部数：37,800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
の場 洋明