

- トップコラム／京都大学 エネルギー理工学研究所 教授 木村 晃彦
- ラジオアイソトープを利用した核医学／〔その2〕
治療効果判定と創薬への貢献
- よくある質問／Q&A〔Vol.2〕
- お願い／ご連絡の際は、事業所番号を！
- お年玉クイズ／当選者発表

ト
ツ
ブ
コ
ラ
ム
208



木村 晃彦

欠陥で欠陥を制す！

原子炉や核融合炉の構造材料の開発研究に取り組んできました。始まりは、東北大学金属材料研究所附属材料試験炉利用施設（現在：量子エネルギー材料科学国際研究センター）の助手に赴任した時で、施設は茨城県大洗町にあります。JAEAの材料試験炉（JMTR）で材料試験片に中性子照射し、照射した試験片を東北大学のホットラボに移送して照射後試験を行う、いわゆる材料の「照射効果」を調べることが主な研究でした。現在は、JMTRを廃炉にすることが決まっていますが、海外炉を恒常的に利用する取り組みが東北大学大洗センターにおいて実施されており、今後も照射効果研究は継続されます。当然のことながら、試験片は放射化しますので、放射能を低減するため、微小試験片や低放射化材料を用いた研究が主流となっています。例えば、材料の脆さを評価する破壊靱性試験法においては、通常の試験片は約 $50 \times 50 \times 25 \text{ mm}^3$ の寸法ですが、照射影響評価においては、 $10 \times 10 \times 6 \text{ mm}^3$ まで小型化したものを用いており、試験片の体積は1/150に減少します。また、高放射化する元素であるMoやNbの添加を極力避けて、低放射化する必要があります。実は、この「低放射化」の概念は核融合炉材料開発において原則とされており、照射を受ける大量の構造材料が高放射化しない様に適切に添加元素を選択して合金設計する必要があります。

材料は中性子照射を受けると材料を構成する原子配列に乱れ（弾き出し損傷）が生じ、いわゆる損傷組織が形成されて、脆くなったり（照射脆化）、膨らんだり（スウェリング）します。材料の種類により、その程度が変化するため、照射に強い材料の開発が望まれています。従来の鉄鋼材料は、中性子照射を受けると延性が顕著に低下したり、体積が数

10%も膨張したりしますが、最近我が国で開発された酸化物分散強化（ODS）鋼はほとんど照射の影響を受けないため、特に高照射量の照射を受ける核融合炉や高速炉の構造材料としての利用が期待されています。

先日、照射後試験を実施するため、学生と一緒に大洗センターに行ってきました。ODS鋼の優れた耐照射性を目の当たりにした学生から、「何故、ODS鋼の耐照射性は良いのですか？」という質問を受けました。私は「試験片に聞いて！」と答えました。学生は、初めは意味を解さなかったようですが、すぐに悟った様子で、「問診ですね！」と言いながら笑っていました。試験片は人間とは異なり、無口ですが、あれこれ尋ねると必ず何らかの反応を示しますので、答えを貰えたりします。むしろ、無口な分だけやり易いかも知れません。耐照射性発現機構は、「もともと材料に内在する微細組織（格子欠陥）が、照射によって生じた照射欠陥を吸収するため」と表現することができます。ODS鋼の耐照射性は、鋼中に高密度に分散されているナノスケールの微細な酸化物粒子に起因するもので、酸化物粒子の界面に照射欠陥が吸収され、正味の照射欠陥数が減少することで説明できます。つまり、「欠陥で欠陥を制す」と言えます。

ホットラボでの実験では、当然のことながら被ばく量に制限が設けられ、ALARAの原則に基づき作業する様にと指導してきましたが、大学のホットラボ施設の貧弱さは今も昔と変わっていないのは嘆かわしいことです。一昨年、英国のOxfordに新設された照射後材料試験センターを見学してきましたが、その現代的な造りは勿論のこと、設置されている先端装置の充実さには大変に驚かされました。先日、福島事故処理に関連して、軽くて柔らかい放射線遮蔽材料を開発したいという業者の方のお話を伺う機会がありました。γ線の遮蔽は我々研究者にとっても大変に重要ですが、照射後試験においては重い鉛ブロックを重ねて遮蔽壁を組み上げて作業しているのが現状です。原子力先進国を謳う我が国の現場の実態は、とても感心できるものではありません。今後の発展的な展開を期待しています。

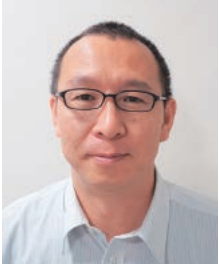
きむらあきひこ（京都大学エネルギー理工学研究所 教授）

プロフィール●1953年石巻市生まれ。1975年東北大学工学部金属材料学科卒。1981年同大学院工学研究科金属材料学科博士課程修了後、東北大学金属材料研究所研究生、1983年より、米国伊利ノイ大学博士研究員。1987年東北大学金属材料研究所附属材料試験炉利用施設助手、その後、室蘭工業大学工学部助教授、東北大学金属材料研究所助教授を経て、1997年より現職。趣味は、卓球、テニス、スキー、歌唱など。

ラジオアイソトープを利用した核医学

〔その2〕 治療効果判定と創薬への貢献

日本メジフィジックス株式会社 総務人事部 アソシエイト 中村 壮一



1. はじめに

前号では、核医学の基本的なお話として、放射線や核医学検査について紹介いたしました。放射性薬剤の特徴や放射線の特徴をうまく利用すると、治療方針の決定に影響する治療の効き具合を確認したり、開発途上にある薬の性能を評価することができますので、これらについて紹介したいと思います。

2. 治療効果判定

臓器や組織の機能異常は形態変化に先行して認められることが多く、核医学検査は機能異常を検出することが出来るため、より早期の診断に繋がる検査となります。図1の論文^{※1}では、腫瘍モデルに1日2回、治療薬とコントロールとして治療薬の溶解に使用した溶媒 (Vehicle) を7日間投与し、その治療薬の効果を確認するために、投薬前と投薬2日後、投薬7日後にPET^{※2}イメージングとCT^{※3}を行った結果です。核酸代謝を反映して腫瘍に集積する¹⁸F-Fluorothymidine (¹⁸F-FLT) の集積が投薬前と比べて投薬2日後には減少していることが分かるのに対して (図1上の赤矢印)、腫瘍の体積縮小は投薬2日後では有意に判別できず (図1下の赤矢印)、投薬7日後に有意差が出るという結果となっています (図1下の青矢印)。

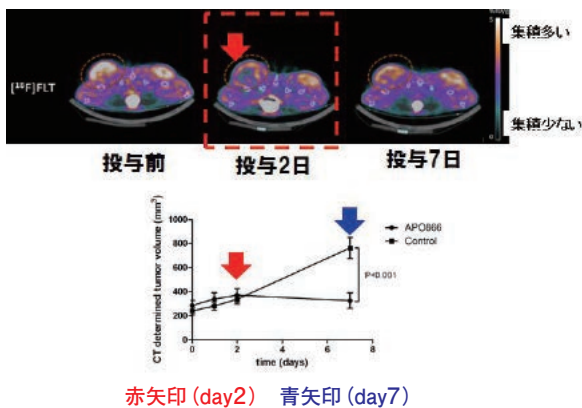
図1上 ¹⁸F-FLTのPETイメージングの画像

図1下 投与後、日数あたりの腫瘍体積 (縦軸: 体積 横軸: 日数)

このように、治療薬の効果が早期に判定されることは、仮に治療薬の効果が認められない場合に、別の治療方法をより早く提供できる機会を与えることに繋がるため、PETイメージングは早期診断や予防診断への展開が期待されている技術となります。

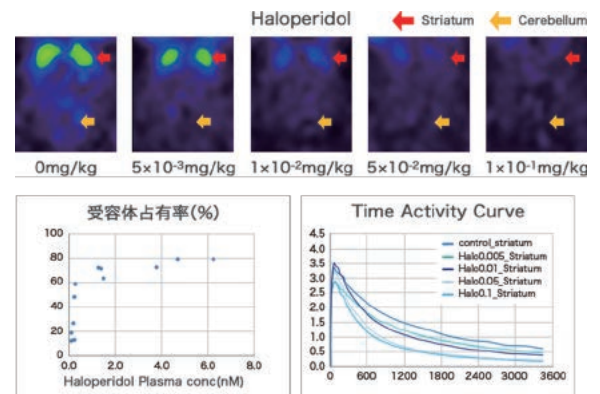
「核」医学という名称で安全面を心配されるかもしれませんが、PETイメージング検査では一般の医薬品と比べて遥かに少ないナノ〜ピコグラムオーダー量の有効成分を含む放

射性薬剤で検査ができます。有効成分の量が極微量であるため、副作用の要因となりえる薬剤由来の薬理作用はほとんどありません。また、検査による放射線の影響は、日常生活で人が自然界から受ける年間放射線量と同程度であり、検査によって直ちにデメリットを受けるような量ではありません。

3. 創薬への貢献

近年、腫瘍免疫領域でのバイオ医薬品のように、病原の標的指向性が強い医薬品が次々と開発されています。このため、薬の効果が強力になることから、標的部位への結合量を正確に評価し、適切な用量を設定することが重要になってきます。

図2に示す事例では、統合失調症の治療標的の一つである、脳内ドパミンD2受容体の放射性薬剤である¹¹C-Racloprideの結合量より、薬物であるHaloperidolの各用量の受容体占有率を評価しています。ドパミンD2受容体は線条体に多く発現しており、Haloperidolの投与量が増加するに従い、¹¹C-Racloprideの集積が低下しています (図2上)。線条体および小脳の放射能集積量から受容体結合率を計算し、Haloperidolの各投与量における受容体占有率が算出できます (図2下)。

図2 ¹¹C-RacloprideのドパミンD2受容体占有率の評価。Haloperidolの用量依存的に、線条体でのシグナル低下がみられる。

このように、薬物の標的となる受容体に拮抗する放射性薬剤を使用し、受容体への放射性薬剤の結合量を算出することで、受容体に対する薬物の結合量を定量的に評価することができるため、開発中の薬物の至適な薬効量や副作用が生ずる用量を核医学によって予測することが可能となります。

今号は、治療効果判定と創薬への核医学の貢献について紹介しました。次号では、最近最も注目を集めているテーマである治療薬への応用について紹介いたします。

※1 Mette Munk Jensen et al. PLOS ONE (2013) より一部改題

※2 Positron Emission Tomography (陽電子放射断層撮影法)

※3 Computed Tomography (コンピュータ断層撮影法)

よくある質問 Q&A [Vol.2]

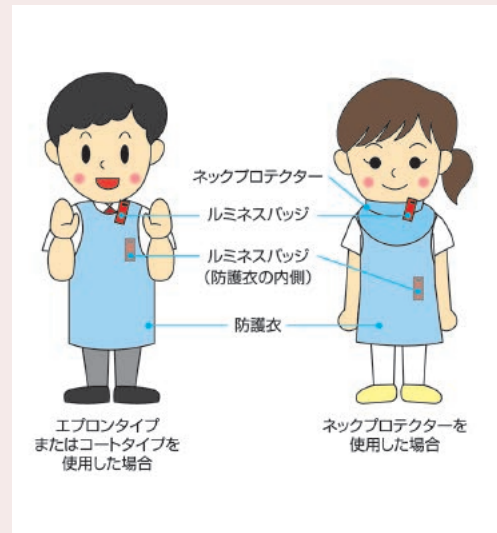
Q1 正しいバッジの着用位置を教えてください。

放射線の感受性は臓器や組織毎に異なり、その影響も様々です。性別によりどの部位にバッジを着用したら放射線被ばくに対する影響をより正しく評価できるかを考慮して、着用部位は法令で定められています。

基本的には、体幹部均等被ばく（手足を除いた部位を指し、頭頸部、胸部、腹部の三つに分類されます。）の場合、**男性は胸部、女性は腹部**にルミネスバッジを1個着用します。

しかしながら、体幹部不均等被ばくの場合、右図のように「男性は胸部、女性は腹部に1個」+「体幹部のうち、最も多くの放射線を受けるおそれのある部位にもう1個」（図では頭頸部）の合計2個のルミネスバッジを着用します。

また、末端部被ばく（手足など）が体幹部よりも多くの放射線を受ける場合は、「体幹部にルミネスバッジ」+「末端部にリングバッジ」を着用します。



Q2 報告書に記載されている“M”は、どういう意味ですか？

測定値や算定値の欄に表示される“M”は、Minimumの略で、線量の測定値がルミネスバッジの最小検出限界値であることを意味しています。

最小検出限界値は着用されているバッジの種類や条件により異なっておりますが、線量計の精度や環境の誤差等を考慮した、当社が保証できる最小の値です。“M”は0～最小検出限界値で、X・γ線では全く被ばくがなかった場合も含まれます。（β線で有意な被ばくがない場合は、Mではなく、空欄になります）

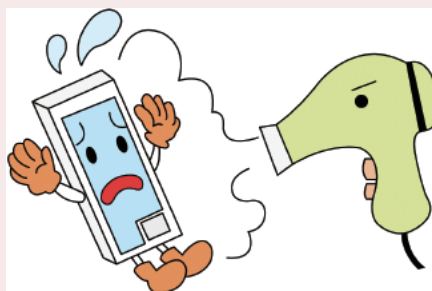
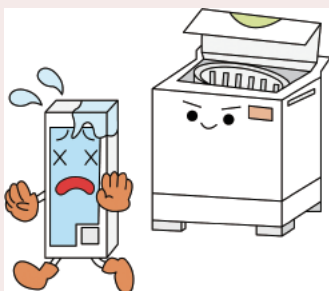
最小検出限界値は個人被ばく線量当量の実質の最低値です。測定値や算定値の値が“M”であれば、適切な被ばく線量管理が行われている一つの証と言えます。被ばく線量が多い方はできるだけ被ばくを抑え、“M”になるように努めてください。

また、測定値や算定値の横に記載されているM数とは、これまでに“M”という報告結果が何回あったかを表わしています。毎月ルミネスバッジを着用し、一年の間、毎月の測定結果が全て“M”であると、M数は「12」になります。

Q3 バッジを洗濯してしまいました。測定できますか？

ルミネスバッジ本体は、水が入りにくい構造になっておりますが、洗濯機などにより水圧がかかりますと内部に水が浸入し、測定できなくなる恐れがあります。

白衣等を洗濯する場合は、ルミネスバッジを取り外してあるか確認してください。万一、洗濯してしまった場合は、自然乾燥し、乾燥機やドライヤーは使用しないでください。高い熱がかかると、バッジ自体が変形し、測定できなくなりますので、ご注意ください。



以上2回にわたり“Q&A”を掲載してまいりましたが、今後もご質問の多い内容につきましては、紹介してまいります。

お願い

ご連絡の際は、事業所番号を！

(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

バッジの追加や取消などを電話でご依頼される場合には、最初にお客様の事業所番号をお伝えください。

当社では、お客様の情報は「事業所番号」を、ご着用者の情報は「個人番号」をキーとして管理しております。事業所番号をお知らせいただけると検索時間が少なく、お客様をお待たせすることなくスムーズにお問い合わせやご依頼事項に対応できます。

また、ご着用者を取り消す場合や以前着用されていた方を復活する場合にも、個人番号がわかりやすくとミスを防ぐことができ、より正確なバッジサービスを提供することができます。

事業所番号は「登録変更依頼書」「外部被ばく線量測定算定報告書」の左上、「請求書」の右上に記載しております。ご連絡の際には、今一度ご確認くださいませようようお願い申し上げます。

お年玉クイズ 当選者発表

NLだより1月号「お年玉クイズ」へのご応募ありがとうございました。総数660通、うち正解者数643通(A賞184通、B賞349通、C賞110通)で各賞の中から厳正な抽選の結果、下記の方々が当選されました。おめでとうございます。抽選は、つくば市商工会会長 桜井よう子様と当社の的場社長の二人でハガキをひいて当選者を決定いたしました。



的場社長(左)、桜井会長(右)

答え **改元**

A賞(2名) T-fal 電気圧力鍋

静岡県 桑原様 北海道 向様

B賞(3名) Nintendo Lab スイッチ本体+ドライブキット

大阪府 澤田様 千葉県 神田様
山形県 長谷部様

C賞(5名) 音声翻訳機 ポケットーク

新潟県 中澤様 群馬県 佐藤様
岩手県 高橋様 兵庫県 田村様 茨城県 中島様

*編集担当から：今回も、重複応募および商品名、氏名の記入もれのハガキが目立ちました。残念ながら無効票といたしました。

編集後記

春と言えば桜が咲く季節ということで、去年は某CMを見て思い立ち、京都までお花見に出かけました。ちょうど開花したの頃でしたが、各所で立派な桜が咲いており、十分に堪能することができました。中でも京都御苑にあるしだれ桜は見頃となっており、とても綺麗で印象深いものでした。しかし、まだ小さい娘は桜よりも公

園にある滑り台やブランコに夢中で、「花より団子」ならぬ「花より遊具」といった具合で、こちらがヘトヘトになるまで遊んでいました。この時期は人も多く移動も大変でしたが、気持ちをリフレッシュできるような有意義な旅行でした。今年もできればぜひ行きたいと考えています。皆さまも気分転換にお出かけしてみたいはかがでしょうか。

(S.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.496
2019年(4月号)

毎月1日発行 発行部数：39,400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