

- トップコラム／横浜国立大学 大学院工学研究院 名誉教授
東京科学大学理学院 特別研究員・理化学研究所 客員研究員 小林 憲正
- 最先端の放射線治療について／[シリーズ1]
Linacの高精度治療の最新動向
- 歯科におけるX線撮影／[第1回] 歯科放射線科特有の3つの撮影法
- 製品紹介／V-tect (X線遮断メガネ)
- お年玉アンケート／各賞の抽選について

ト
ッ
プ
コ
ラ
ム
280



小林 憲正

生命の起源と放射線

昨年(2024年)はA. I. オパーリンがロシアで「生命の起源」という小冊子を発表し、生命の起源に関する研究が本格的に始まってから、ちょうど100年目となる年でした。オパーリンは、生命の存在しない太古の地球上で、有機物が徐々に「化学進化」して複雑な有機物となり、生命が誕生したと考えたのです。

その証明は困難と考えられていましたが、1953年に報告されたS. ミラーの実験が研究の方向を変えました。彼はフラスコにメタン・アンモニア・水素と水蒸気を詰め、そのガス中で火花を飛ばした(雷の模擬)後、生成物を分析すると、アミノ酸が見つかったのです。タンパク質を構成するアミノ酸が簡単にできてしまったことから、多くの科学者が衝撃を受け、生命の起源研究に次々と参入しました。そして、メタン・アンモニアを用い、さまざまなエネルギー(太陽紫外線・火山熱など)を想定した実験が行われ、いずれのエネルギーでもアミノ酸などの有機物の生成が確認されました。ミラーは、原始地球上でのエネルギーフラックスを考え、雷が最も重要だと考えました。宇宙線もエネルギーのひとつに考えられますが、ミラーらは「宇宙線のエネルギーは無視できる」と考えていました。

1980年頃になると、原始地球大気はメタン・アンモニアをあまり含まず、二酸化炭素・一酸化炭素・窒素などからなる「弱還元型」ものと考えられるようになりました。この場合、雷や紫外線ではアミノ酸の生成が難しくなります。この窮地を救ったのが、無視され続けた宇宙線です。宇宙線を模擬して、加速器からの陽子線を弱還元型の模擬大気に照射することにより、アミノ酸が効率的に生成することがわかったのです。さらに近年になって、若い太陽が従来の想定以上に

巨大なフレアを起こし、その時に生じた「太陽高エネルギー粒子」によって、量的にも十分なアミノ酸の生成が期待できるようになりました。

有機物の起源としては、もうひとつ、地球外での生成も注目されています。隕石の中に炭素を多く含むものが知られており、アミノ酸や核酸の材料もそこに含まれることがわかりました。さらに、近年、小惑星リュウグウの試料を探索機はやぶさ2が持ち帰り、そこからもアミノ酸が検出されたことは記憶に新しいところです。

このような地球外の有機物の起源には諸説がありますが、私たちは、次の2つの可能性に着目しています。一つは、太陽系の誕生する前の星間(分子雲)です。そこは極低温のため、水・一酸化炭素・アンモニアなどからなる氷があり、そのような氷に宇宙線が作用すると、アミノ酸が生成することが模擬実験からわかりました。二つ目は小惑星の内部です。小惑星の内部に、ホルムアルデヒドやアンモニアを含む氷が取り込まれた時、それが小惑星内の放射性元素(^{26}Al など)の壊変熱によって氷が融け、そこでの反応により複雑な有機物ができたことが示唆されています。私たちは、 γ 線などの放射線が有機物生成に寄与するのではないかと考え、 γ 線照射実験を行ったところ、アミノ酸や糖が効率的に生成しました。このように、宇宙や原始地球での化学進化において放射線が重要な働きをしていることがわかってきました。

生命の起源研究において、非生命から生命にどのように移行したかについては、RNAワールド仮説など種々の説が提出されています。一方、放射線を用いると単純な分子(窒素や一酸化炭素)から高分子態の有機物が容易に生成することがわかりました。このような特定の構造を持たない高分子態の有機物を私は「がらくた分子」とよんでおり、これが生命誕生に重要な寄与をしたのではないかと考えています。いずれの説もその証拠は地球上に遺されていません。今後の太陽系の探査により、化学進化の過程の痕跡や、「第二の生命」が発見され、生命誕生の謎を解き明かす重要な鍵が得られることが期待されます。

.....

こばやし けんせい

横浜国立大学大学院 工学研究院 名誉教授

東京科学大学 理学院特別研究員・理化学研究所 客員研究員

プロフィール●1954年愛知県岡崎市生まれ。1982年東京科学大学理学院理学系研究科化学専攻博士課程修了。理学博士。米国メリーランド大学化学進化研究所研究員などを経て2003年横浜国立大学大学院工学研究院教授。2020年より同名誉教授。研究テーマはアストロバイオロジーで、放射線などを用いた生体有機物の前生物合成や、地球外生命探査法の検討などを行っている。著書は「生命と非生命のあいだ」(講談社)、「地球外生命」(中央公論新社)など。

最先端の放射線治療について

(シリーズ1) Linacの高精度治療の最新動向

筑波大学附属病院 放射線部 主任 小林 大輔



皆さんは、放射線治療がどれくらいの精度で照射可能だと思いますか？ 現在の技術を用いることで、放射線治療は1mmの精度で照射範囲を設定し、目的とする放射線量誤差を2-3%以内に抑えて処方することが可能な時代に入ってきています。

今回は、医療用直線加速装置(Linac)を用いた高精度治療について紹介したいと思います。

そもそも放射線治療とは、放射線を照射してがん細胞を死滅させることを目的とした、がんの三大治療法の一つです。放射線治療の最大の特徴は、非侵襲的(外科的切除なし)に臓器の機能と形態を温存できる点にあり、患者のQOLの維持が期待できます。また、今後はがん患者の高齢化も進むことが予測され、身体への負担がより少ない非侵襲的な放射線治療が注目を集めています。

がん治療に使われる放射線の種類は、実に様々です。放射線治療で最も多く使用されているのが、電磁波の

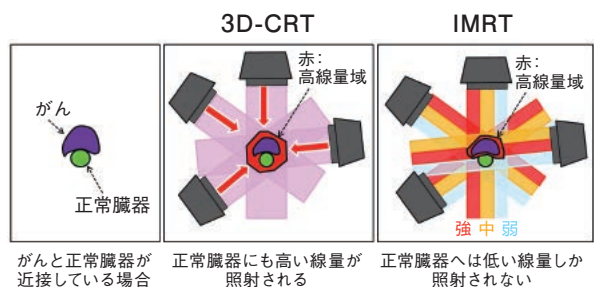


Linacの外観

一種であるX線です。近年では、陽子を使用した陽子線治療、重粒子を使用した重粒子線治療、中性子を使用した中性子捕捉療法(boron neutron capture therapy: BNCT)なども注目を集めています。照射方法も様々であり、体外から照射して治療を行う方法(外部照射)や、体内から照射して治療を行う方法(密封小線源治療など)があります。本邦における最も主流な

放射線治療は、Linacによって実施される、X線を用いた外部照射です(写真)。

Linacを用いたX線治療において、照射する範囲は、金属製のマルチリーフコリメータ(multi leaf collimator: MLC)と呼ばれる照射野整形器具を用いることによって、照射部位の形状に応じたX線ビームを整形し、mm単位で照射範囲を調整します。従来は、MLCを用いた三次元原体照射法(three dimensional-conformal radiation therapy: 3D-CRT)が主流でしたが、現在ではさらにこの3D-CRTを発展させた強度変調放射線治療(intensity modulated radiation therapy: IMRT)が主流になりつつあります。IMRTではMLCを複雑に制御することによって、照射野内のX線量に強弱をつけて照射します。さらにこれを、がんに対して多方向から照射することにより、従来の3D-CRTと比べ、正常臓器の線量を抑えつつ、



がんに対してのみ高線量を投与することが可能となります(図)。一方、がんの位置と照射範囲が一致しない場合、がん以外の部位に高線量が照射されるおそれが生じます。Linacの高精度化に伴い、高い精度での位置照合(セットアップ)技術が必要となります。セットアップの精度を向上させる技術として、画像誘導放射線治療(image guided radiotherapy: IGRT)が広く普及しています。IGRTは、照射の直前や照射中に患者の画像情報(X線画像やCT画像など)を取得し、骨、正常臓器、および、がんの位置をリアルタイムに確認する方法です。IMRTのような高精度な放射線治療を正確に実施するためには、IGRTのような高精度な位置照合システムを組み合わせることが必須であり、これによりLinacにおける高精度治療を可能にしています。

歯科におけるX線撮影

〔第1回〕 歯科放射線科特有の3つの撮影法

日本大学歯学部 歯科放射線学講座 研究特命教授 新井 嘉則



これから、医科にはない歯科特有の3つの撮影法をご紹介します。

歯科における放射線の利用の最大の特徴は“口内法X線撮影”が多用されることです。この撮影方法は3cm×4cmほどの小さなイメージング

プレート (IP) あるいはCMOSやCCDなどの平面検出器を使用します。この撮影は頻度が非常に高く、本邦では年間8000万件ほどの撮影が実施されています。これは、国民一人当たり0.7枚/年の頻度になります。さらに、ユニークなのは医科歯科を総合しても、体内(口腔)にX線検出器を挿入して撮影する唯一の撮影法であることです。口腔は非常に敏感な



口内法X線撮影

組織です。食物の中に小さな砂粒がたったの1つあったとしても、それを検出し異物として外に出すことができます。この敏感な口腔内に上手に検出器を挿入するのは“熟練の技”が必要となります。また、術者は唾液に接することから、感染の危険性があり、標準予防策(スタンダードプレコーション)を実施しなければなりません。これは、パンデミック下では特に重要でした。

さらに特徴的なのは、桁違いに先鋭な画像が得られることです。その理由は、被写体-X線検出器間距離(ODD)が非常に短いことにあります。この撮影法では歯に検出器が密着した状態で撮影されるために、ODDは1cm程度となります。一般的なX線撮影法ではODDは10cm程度になるので、非常に短いことがわかります。これによって、X線焦点の大きさによる画像のボケが大きく低減されています。

もう一つの特徴は“パノラマX線撮影”と呼ばれる回転断層撮影法が多用されていることです。こちらでも年間600万件程度の撮影が実施されています。この撮影法は、スリット状のX線ビームが顔面の周

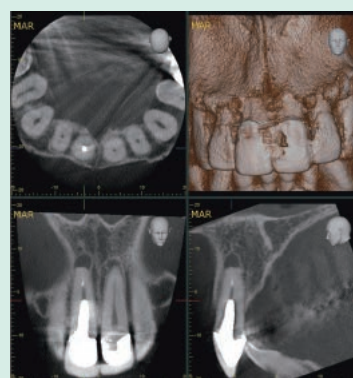
囲を回転しながらスキャンすることで、左右の顎関節、左右の臼歯部および正面の前歯部を一枚の画像として構成します。ひとつの撮影法でありながら断層撮影とスリット撮影および曲面撮影の3つの特徴を同時に持っています。



パノラマX線撮影

そして、“歯科用コーンビームCT”がこれらに加わりました。前述の“口内法X線撮影”は単純X線撮影法ですので、3次元的な画像情報を得ることができないという問題点がありました。これを、“パノラマX線撮影”を発展させることで、解決しました。その原理は、直径4cm高さ4cmの円柱状の限局した領域に対して、180度あるいは360度方向からの投影データを得て、画像再構成をする方法です。CTでありながら照射領域が狭いことから、低被ばくと高解像力を実現しています。

従来のCTでは被写体全体にX線ファンビームを照射することで、完全な投影データを得ることができ、そこから正確なCT値を求めていました。一方、



歯科用コーンビームCT

“歯科用コーンビームCT”は被写体の一部分にしかX線が照射されないことから、不完全な投影データしか得られず、正確なCT値を求めることができないという欠点がありました。したがって、軟組織の描出はできませんでしたが、歯科では、X線コントラストが大きい歯や骨が対象でしたので、歯科領域の診断には十分に実用化することができました。

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

お客様サポートセンターへお問い合わせいただく際は、事業所番号をお伝えください。

またご着用者についてのご連絡は、併せて個人番号をお伝えください。

当社では事業所番号と個人番号でお客様の情報を管理しています。

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」の右上に記載されています。

正確なバッジサービス提供のため、何卒よろしくお願いいたします。

製品紹介

V-tect

X線遮蔽メガネ



- ・安心素材の鉛フリーレンズを採用
- ・側面まで覆う形状で側方からの散乱線を効果的に遮蔽
- ・オーバーグラスタイプで、メガネの上から装着可能
- ・付属品により快適な装着をサポート

※弊社ビジョンバッジ（フックサイズ M・L）も装着可能です。

◆価格：50,000円（税込価格：55,000円）

V-tectのお問い合わせ

Tel:029-839-3322

2025年NLだより
お年玉アンケート

NLだより1月号「2025年NLだよりお年玉アンケート」にA賞442通、B賞475通、C賞243通の総数1,160通のご応募がありました。誠にありがとうございます。

厳正なる抽選の結果、A賞2名、B賞3名、C賞6名の方々が当選されました。おめでとうございます。誌面の都合上、当選結果は当選者の方へ連絡をもって代えさせていただきます。

引き続き、NLだより編集会では皆さまのご意見、ご要望に添ってコンテンツを企画（情報発信）してまいります。

今後とも貴重なご意見、ご要望をお待ちしております。

お知らせ

お年玉アンケートにて、毎年、多くの読者の方から「放射線の基礎知識について知りたい」と、ご要望をいただいております。こちらにつきましては、弊社ウェブサイトに掲載しておりますので、ぜひ、ご活用ください。

Q サイト内検索

基礎知識



編集後記

今月のトップコラムでは生命の起源についてのお話がありました。なんと生命の誕生に放射線が関与していたとは!?ここでまさか放射線が関係してきたとは思えない縁を感じます。

新年度が始まりました。新社会人、新入生となり、我が社のルミネスバッジを初めて使用する方もいらっしゃるでしょう。

放射線を正しく安全に利用するためにも被ばく管理は必要です。またウェブサイトには放射線についての説明もございますのでご利用ください。弊社一同、皆様の被ばく管理をお手伝いさせていただきます。

今月号から本紙の発送数の改訂をさせていただきました。これは近年の様々な値上げの影響とSDGsへの取り組みによるものです。どうぞご理解いただけますようお願いいたします。（M.F.）

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

■弊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.568
2025年〈4月号〉

毎月1日発行 発行部数：28,000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
発行人 浅川 哲也