

## ガンとたたかう加速器

あまり日常生活に関係していないように思える「加速器」。実は、案外身近な存在なのだ。例えば、一昔前のテレビに使われていたブラウン管や、会社や家庭でつかわれている蛍光灯なども、加速器の仕組みが利用されたもの。そんな「実は身近な加速器」の中でも、最近特に注目されている、医療用加速器について特集しよう。

人が生涯にガンと診断される割合は、なんと男性の場合2人に1人、女性は3人に1人に及ぶそうだ<sup>\*</sup>。しばらく前までは「ガン」は不治の病と考えられており、本人への告知すらためらわれるような大病だった。現在でも、男女ともに、ガンの死亡数は増加し続けており、2007年のガン死亡数は、1975年と比較して約2.5倍。深刻な病気であることに違いは無い。しかし、新しい診断装置や治療法の研究が進むにしたがって、早期発見によるガンの治癒率も大幅にアップしてきている。

※ 国立がんセンターがん対策情報センター調べ

現在主流になっている、ガンの治療法としては外科療法、放射線療法、化学療法などがある。ガンは多種多様であり、そのガンにあった治療法を選択することが重要だ。また、最近、治療法を選択される際に重視されるのがQOL (Quality of life)。単に治りさえすれば良い、というのではなく、臓器や身体の形をあまり損なわない治療法や、精神的・肉体的な負担が比較的軽い治療法を適用して、その人の治療後の「生活の質」に配慮する、という考え方だ。そこで注目されているのが「放射線治療」だ。

放射線治療とは、ガン細胞に放射線を照射して死滅させる療法のこと。一番の特徴は、身体にメスを入れなくて済む、ということだ。また、身体のだのの部分にも照射することができるため、リンパ節や頭頸部などの切除手術の困難な部位や、白血病などにも対応できる。ガン細胞に局所的に照射するため全身的な影響が少なく、高齢者や心肺機能や腎機能に問題のある場合にも適応できる。現在行われている放射線治療の大半は、電子を加速し電子線やX線を作る直線加速器(リニアック)を使って行われている。正常な組織への影響が懸念される放射線治療であるが、この10

数年で、加速器技術とコンピュータ制御技術が格段に進歩し、ミリ単位の正確さでガン病巣だけをたたかうという、ピンポイント照射が可能となっている。

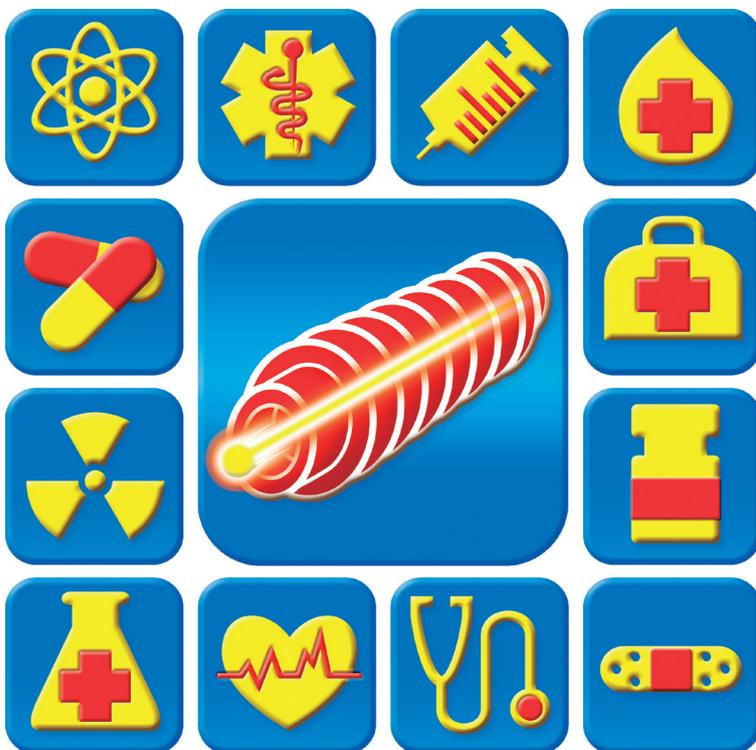
最近入院保険などの広告でもよく目にする「先進医療」。新しい医療技術の出現や医療に対するニーズの多様化に対応して、先進的な医療技術と一般の保険診療の調整を図るため厚生労働省が定めた制度である。平成15年に先進医療<sup>\*1</sup>として認められたのが、ガンの重粒子線治療である。重粒子線は、炭素やネオンなどの原子核(イオン)を、加速器を用いて光の速度近くまで加速させたもの。ガンマ線、X線、電子線などは、身体

の表面近くでもっとも強くはたらし、深く進むにつれて減弱する。一方、重粒子線は、身体の中の一定の深さで線量が最も強くなるようにエネルギーをコントロールすることができるのが特徴だ。また、腫瘍の形状に重粒子線を合わせることもできる。ガンの形に合わせたためには、ビームの形を決める「コリメータ(真ちゅう製)」や、重粒子線が到達する深さを決める「ポータス(ポリエチレン製)」と呼ばれる器具が使われる<sup>\*2</sup>。これらの器具は、診断データに基づいて製作され、病巣だけに重粒子線を集中させるのだ。こうして、ピークの部分をガンの患部に合わせることで、体の表面や他の組織への影響を最小限に抑えて、ガン病巣を狙い撃ちすることができるというわけだ。

※1: 承認当時は「高度先進医療」と呼ばれていた。先進医療は、その医療技術が広く普及すれば、一般保険診療の適用が受けられることとなる。

※2: 直径10cmを越える大きなガン、および高いエネルギーを要する深いガンの治療には、照射装置に備えられている「多葉コリメータ」と呼ばれる金属板の装置を使用する。

治療中は、患者はベッドにしっかりと固定される。照射中に患者が動いてしまうと、せっかく狙い撃ちできる準備が整っていても、病巣に重粒子線が当たらなくなってしまうからだ。照射位置を決めるさいにも、患者は一切動かない。ベッドが高精度で動かされ、位置が確定すると、照射装置が体の近くまで降りてくるのである。ここで課題になるのが、肺などの動く臓器。いくら身体を固定しても、呼吸をすることで位置や形が変わってしまう。そこで、ちょうど形成した重粒子線の形になるタイミングで照射するために使われているのが、加速器のコントロール技術だ。素粒子の実験で使われている加速器のコントロール精度は、ナノ秒レベル。この技術を呼吸同期センサーに応用して、動く臓器に対応しているのである。





三菱重工の開発した放射線治療装置には、ILC計画の前身であった常伝導加速技術を使う直線型衝突加速器計画で開発された技術をベースに、三菱重工と高エネルギー加速器研究機構（KEK）が共同で開発した小型加速管が搭載されている。  
画像提供：三菱重工株式会社

重粒子線ガン治療の対象となるのは、主にガン病巣が局所にとどまっているものだ。しかし、ガンの中には、臓器の中に広く分布するやっかいなタイプのものもある。そのようなガンに対応するために臨床試験が進んでいるのが、「ホウ素中性子捕捉療法」である。ガン細胞が取り込みやすいホウ素化合物をあらかじめ患者に投与し、中性子線を患部に照射する治療法だ。中性子とホウ素が反応してできるアルファ線が、ガン細胞のDNAを断ち切り、死滅させる。この時、正常な細胞を傷つけることのない「次世代の放射線治療」なのだ。現在、中性子の生成には、原子炉が使われているため、日本国内の治療拠点は2カ所に限られている。原子炉を使わずに中性子線を発生させるための「小型加速器」の研究開発も進んでおり、将来的には大学病院などへの設置が期待されている。

加速器の技術は、治療装置だけでなく、PET（ポジトロン断層法）やCTスキャンなどの診断装置にも使われている。加速器は、患者と、「ガン」という人類の強敵との戦いに、診断と治療の両面から強力なサポートをしているのだ。今後、国際リニアコライダー（ILC）の研究開発から生まれる技術を活用すれば、医療用加速器の小型化につながる事が期待できる。そうなれば、加速器がガンとの戦いにおける、さらに強力な武器となるのは間違いないだろう。

## どうして「ガン」になるの？

日本のガン患者数はどうして増え続けているのだろうか？その主な原因は、人口の高齢化だと言う。「ガン」とは、悪性腫瘍の総称だ。細胞は通常、死ぬまで分裂を繰り返すが、このときDNAの遺伝子コードが新しい細胞へとコピーされる。繰り返される細胞分裂の途中で、時々「DNAのコピーミス」、つまり突然変異が起きる。この「DNAのコピーミス」があるからこそ、生物は進化を遂げてきたのだが、これによって生まれた「制御することのできない細胞」が「ガン」であると考えられている。長生きすればするほど、コピーミスの確率は上がり、ガンの発症率も上がる、という訳だ。さらに「ガン」がやっかいなのは、もともと自分が産み出した細胞なので、体内で異物だとみなされない種類のガン細胞もあり\*、体内をパトロールしている白血球に攻撃されることなく生き延びてしまうのである。放射線治療では、ガン細胞にビームを照射して、そのDNAの鎖を断ち切る。すると、白血球が異物であることを認識し、ガン細胞を排除するというわけだ。

\*ガン細胞は人の身体の中で日々発生しているが、その多くは発生してすぐに白血球によって排除されている。

## 最近の話題

### アジア連携加速器科学ワークショップ、北京で開催

12月22～23日、「アジア連携加速器科学ワークショップ（JAAWS: the Joint Asian Accelerator Workshop）」が、北京の中国科学院高能物理研究所（IHEP）で開催された。このワークショップは、加速器科学の今後の展開と応用において、アジアとしての連携を図ることを目的としたもので、今回が初めての開催。ILCなどの次世代超大型加速器計画に対して社会的な認知を深めていくためには、加速器科学がもたらす直接的な成果

も最大限社会へ還元していくべきであるという共通認識がその根底にある。

加速器技術は基礎科学分野のみならず、放射光・中性子による物質・生命研究や、医療・産業応用に至る広範な分野での活用が進んでいるが、その将来的な発展に、世界の三極の一つとして、アジア諸国の連携は欠かすことができない。今回のワークショップは、インド、韓国、中国、日本、ロシアの5カ国から、主要研究所の所長と、各国を代表する加速器科学の専門家が一堂に会し、連携研究の可能性を探った。



JAAWSの参加者ら

今回議論されたのは、先端の加速器技術の開発研究、放射光など・X線利用のための開発研究、中性子などハドロンビームを利用するための開発研究、医療・産業利用のための開発研究、放射線測定器システムの開発研究など5つの分野。アジア各国における加速器科学の展開、とりわけさまざまな量子ビームの応用に向けた開発研究のめざましい進展を互いに確認するとともに、それぞれの得意分野を組み合わせることで、経済と同様アジア地域の加速器科学・応用分野の飛躍的な発展が期待できるとの認識を共有できた。

今後は、持ち帰った情報を各国で検討を加えた後、5つの分科でそれぞれに会合を持ち具体的な連携のテーマを設定する。そして2010年中に開催される第二回のJAAWS（開催地未定）において、連携プロジェクト提案の総合報告・議論を深めることが予定されている。

### 「S1-グローバル」試験用の装置、イタリアから到着



コンテナから取り出される、S1-グローバル試験用イタリア製クライオモジュール

12月25日、KEKにイタリアからクライオスタットが到着した。「クライオスタット」とは、空洞とよばれる加速管を超伝導状態にするために極低温まで冷却し、温度を保持するための装置で、ILCなどで必要となる主要技術の一つ。今回到着したクライオ

スタットは、「S1-グローバル」と呼ばれるシステム実証試験に使われる。

1月中旬より、米フェルミ国立加速器研究所、ドイツ電子シンクロtron研究所から技術者が訪れ、空洞の組込み作業が開始される予定。

## ILC関連記事など

掲載日	媒体	内容
1/1	胆江日日新聞	ILC計画-2年後に詳細設計完成
'09/12/26	読売新聞	宇宙に挑む最先端技術「宙博2009」 惑星探査ロボットなど紹介
12/21	日本経済新聞	暗黒物質らしき粒子検出 米研究所など
12/9	朝日新聞	仕分けに反発…科学界反省も「納税者の共感」得る試み
12/9	読売新聞	事業仕分け 科学技術費削減 亡国の道
12/4	科学新聞	研究者コミュニティが猛反発 事業仕分けで 大学、研究所、学会等 相次いで緊急声明発表

## 今月の滞在者

KEKには、毎月世界各地から学生や研究者が訪れ、共同研究を行っています。ILCの技術開発のために訪れた滞在者はこちら

## ビジター・カウンター

10

国/地域から

33

名