



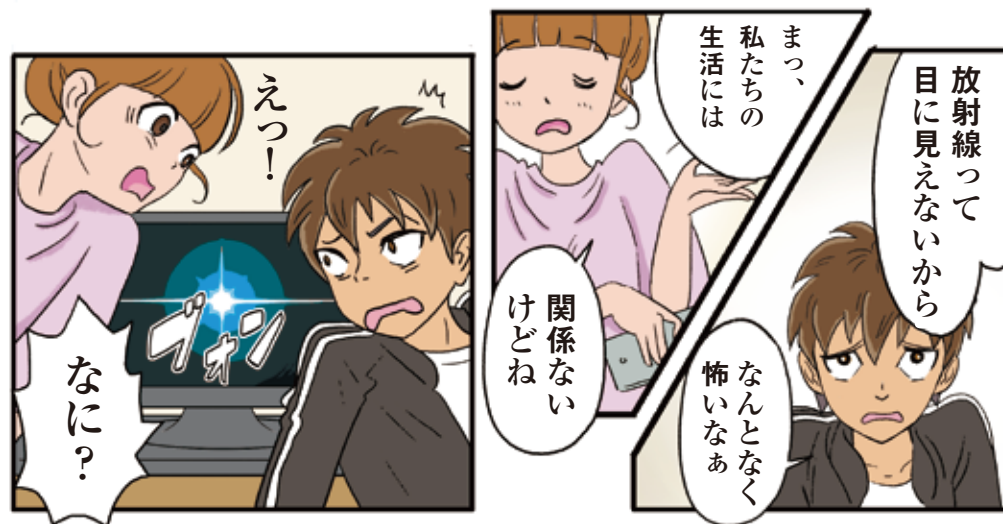
放射線のことならおまかせ!

放射戦隊

快答ラジエ

RADIATION







放射線のことならおまかせ！

放射戦隊

快答ラジエ

※

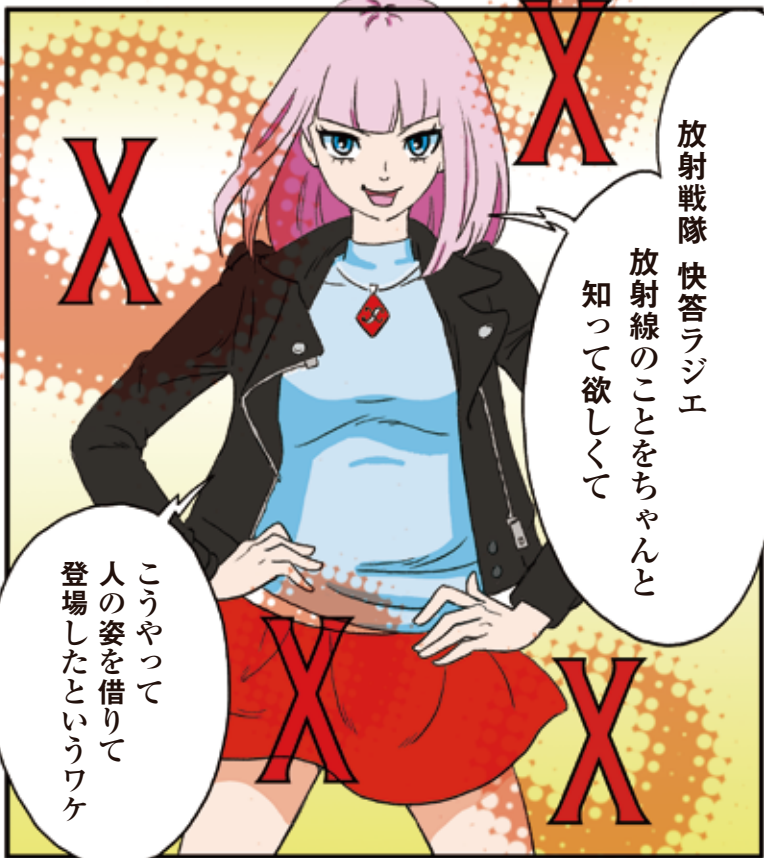
5人そろって



放射戦隊 快答ラジエ

放射線のことをちゃんと  
知って欲しくて

こうやって  
人の姿を借りて  
登場したというワケ



まだまだ知られてないからさ…



誰？



はあゝ



この後、

兄妹は知ることになる。

放射線が

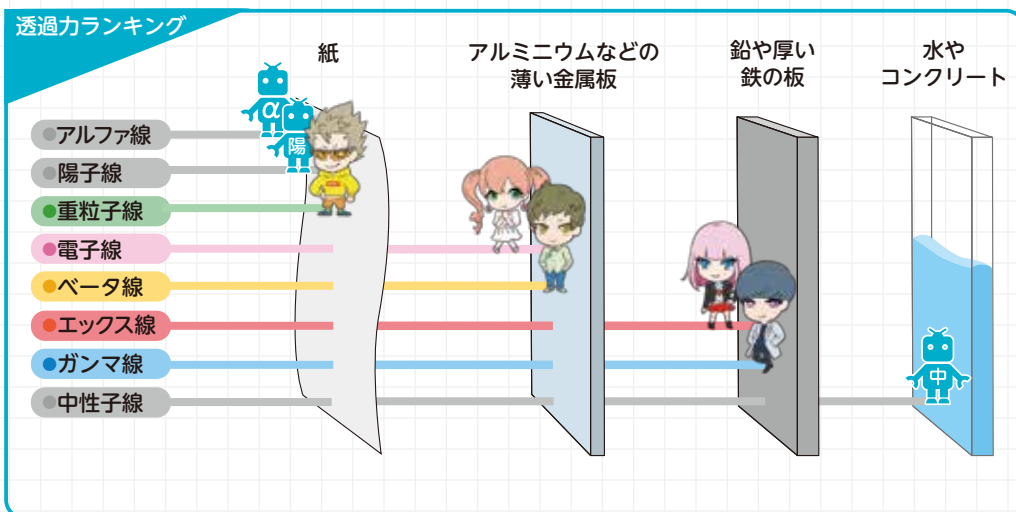
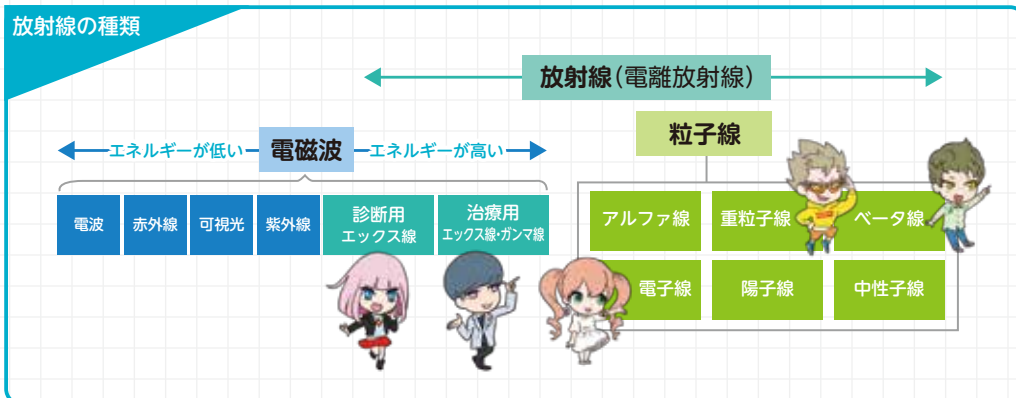
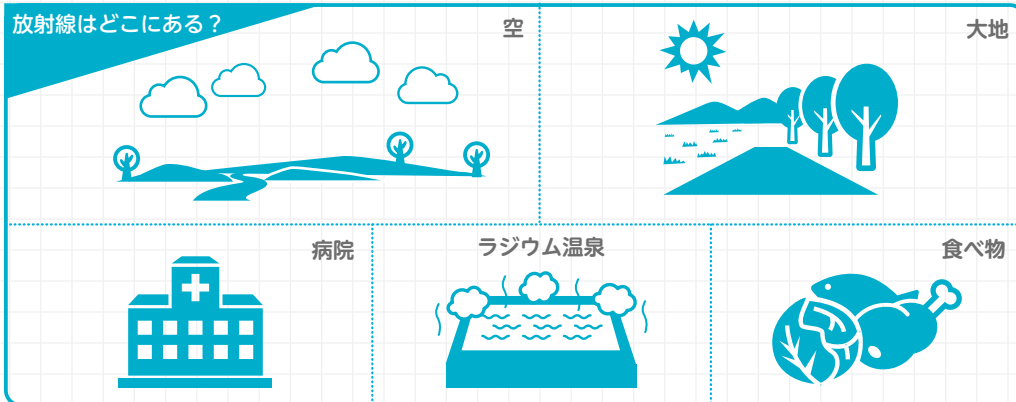
自分たちの生活に

どれだけ深く

関わっているかを…







メンバー紹介



重粒子線

ベータ線

電子線

ガンマ線

エックス線



快答ラジエに  
選ばれた  
幸運!?!な兄妹

彼らはこの透過作用、電離作用、励起作用を使って、私たちの生活にさまざまな貢献をしています。

快答ラジエは、数ある放射線から選ばれた5人の代表メンバーで構成されています。「原子よりも小さな粒子線」と「波長の短い電磁波」、2つのグループからなる、このチームのメンバーは高エネルギーを有する精鋭ぞろい。物質を通り抜けた(透過作用)、物質を構成している原子から電子を放出させたり(電離作用)、原子にエネルギーを与えたり(励起作用)する力を持っています。

放射線のことならおまかせ!  
快答ラジエのメンバー紹介







東京国立博物館 調査分析室

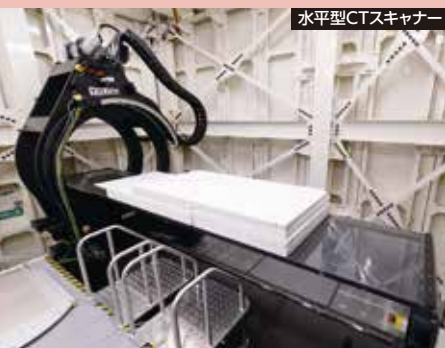


X線撮影した菩薩立像

菩薩立像



微小部観察用 CTスキャナー



水平型CTスキャナー



東京国立博物館 皿井さん



## File 1

# タイムカプセルを開けよう！ エックス線による光学調査

## エックス線



## 西洋の技術を日本へ導入の巻

東京国立博物館 学芸研究部列品管理課  
平常展調整室長 皿井 舞さん



日本の美術研究は「非破壊・非接触」が原則のため、保存修理時を除いては、彫刻（仏像などの内部）や構造の詳細を調べることができません。



1930年、帝国美術院附属美術研究所（現・東京文化財研究所）が設立され、本格的な光学調査がスタート。1950年には、フランスからエックス線を用いた光学的手法を導入しました。



エックス線は透過力が強いので、彫刻などの美術品に照射し、透過したエックス線を検出器で可視化することで、内部の様子を知ることができます。



日本では原則的にサンプリングによる美術品の材料分析が禁止されているため、エックス線による光学調査がとて進歩しました

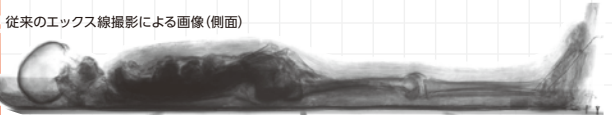
## 見えないものを見る

エックス線を使用した美術品の光学調査を行うことで、肉眼では得られない数多くの情報を入手することができます。木で作られた作品であれば、樹種、年輪製作年代、構造製作過程に加え、納入品\*の有無も確認可能。内部亀裂や釘の有無・腐食などもわかるので、保存修理時に有効な情報として活用でき、安全な輸送方法の調査にもつながります。

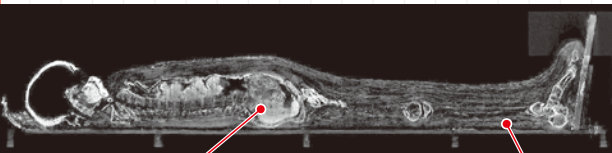
※仏像の内部に納められた小仏像・舍利・経典などのこと



従来のエックス線撮影による画像（側面）



エックス線 CT スキャナーによる画像（側面）



### 高解像度

従来のエックス線撮影では不鮮明だった腹部の塊が、ミイラ作成時の詰め物と判明。

### 3次元情報

CT撮影なら文化財の構造を3次元的に確認可能。



### 大型エックス線CTスキャナー

東京国立博物館では、2015年に文化財の状態や調査目的別に、文化財用CTスキャナー3台を導入。高さ2.5m、回転直径2.5mまでの大型文化財が撮影できる垂直型、文化財を寝かせたまま撮影できる水平型、細かな観察撮影ができる微小部観察用を使い分け、調査研究や保存修理に活用しています。

洋画家 黒田清輝の遺産と遺言がきっかけとなって、日本で本格的な美術品の光学調査が始まったんだって。



ガンマ線照射減菌を利用している医療機器



照射容器の搬送風景



放射線源(ガンマ線)



照射工場内部(イラスト)



放射線照射工場(株式会社コーガイソープ)



## File 2

新たな製品や機能を生み出します

# ガンマ線で抗菌加工

## ガンマ線



### ナノなことからコツコツとの巻

日用品、家電品、住宅建材など、私たちは数多くの抗菌加工製品に囲まれて生活しています。



繊維の抗菌製品を作る場合、従来は抗菌剤を接着剤で取り付ける「バインダー法」や生地に練り込む「練り込み法」が主流でした。



大阪大学が考案した新技術「放射線還元法」により、繊維の種類を問わず、耐久性の高い抗菌加工製品を作り出すことが可能になりました。



さまざまな繊維と銀ナノ粒子を複合化することで、私たちが身につけるものすべてを抗菌化できるようになりました。



## ナノテクが可能性を開く

ガンマ線を使用した放射線還元法<sup>※1</sup>によって、さまざまな物質と貴金属ナノ粒子を複合化することが可能になりました。セラミックス、カーボン、樹脂などと複合化することで、水道のカラン、コンタクトレンズの洗浄容器からアルツハイマーの治療・診断薬まで、新たな製品や機能を生み出すことができます。

<sup>※1</sup>貴金属イオン水溶液に放射線を照射し、貴金属ナノ粒子の合成・固定を同時に行う化学的手法

### 超抗菌マイクロファイバークンタークロス

掃除用ダスターと銀ナノ粒子を複合化することで、これまでには抗菌性と洗濯耐久性を兼ね備えたダスター「Ag Bullet<sup>※2</sup>」を生み出すことに成功しました。安全性<sup>※3</sup>や環境負荷低減にも配慮した製品となっています。

<sup>※2</sup>大阪大学と株式会社ケイ・エス・プレインズの共同研究開発品  
<sup>※3</sup>閉鎖性皮膚貼付試験 株式会社生体科学研究所にて実施 無刺激性と判定



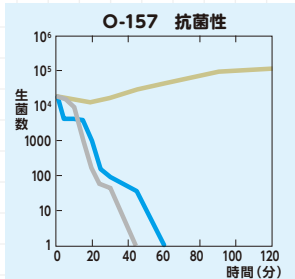
**抗菌**  
食中毒の原因となる大腸菌やサルモネラ菌などに対する高い抗菌性を発揮。

**洗濯耐久性**  
繊維と繊維の隙間にまで銀ナノ粒子が入り込み、洗濯100回後も効果を発揮。

### 防臭効果

細菌の繁殖を抑えて、臭いを防止。

■抗菌性試験結果(大阪大学にて実施)



商業用放射線照射設備は、医療機器の滅菌などで広く利用されている。照射容器1個分で数千円から照射できるって知ってた？







旭化成株式会社 本社外観

ペットボトル充填(イメージ)

電子線滅菌部

電子線発生装置

高速無菌充填システム

電子線照射(イメージCG)



## File 3

水使用量を減らして、環境負荷を軽減します

# ペットボトルの電子線滅菌

電子線



### ありのままでキレイになるの巻

工業利用されている主な滅菌法として、高圧蒸気滅菌法、ガス滅菌法、放射線滅菌法があります。



#### 高圧蒸気滅菌法の場合



高圧蒸気滅菌法は最も汎用的な滅菌方法です。運転コストは安いですが、高温・高湿に耐えられる容器にしか用いることができません。

#### ガス滅菌法の場合



ガス滅菌法は耐熱性の低い容器に用いられる滅菌法です。滅菌には薬剤と熱を使用する必要があります。

ボトルの中に薬剤が残ることを防ぐために、滅菌後に水で洗い流す必要があります

#### 放射線滅菌法の場合



放射線滅菌法は温度上昇が小さいうえ、残留物がなく、短時間で滅菌処理が可能です。

## 持続可能な社会のために

ペットボトルの販売本数は年々増加しています。2018年度の国内実績は252億本で、前年度比7%増加※1。環境への影響も大きなものとなっています。そんな中で実用化された技術が、飲料用ペットボトルの電子線滅菌です。これまでの滅菌法と違い、水の使用量を大幅に削減し、環境負荷軽減を実現。工場排水も減るため、法令や条例で定められた排水基準を満たすことも容易になりました。

※1 出典 P E T ボトルリサイクル推進協議会 統計データ

### 電子線滅菌方式無菌充填システム

ペットボトル飲料を製造する自動生産ラインの無菌充填システム※2に電子線滅菌技術を組み込んだもの。節水だけでなく、CO<sub>2</sub>排出量削減にも貢献。管理も簡単でワーマン・オペレーションが可能。旭化成株式会社製の無菌充填システムは、世界中に170システム以上が納入され、安全・安心な飲料の提供に貢献しています。

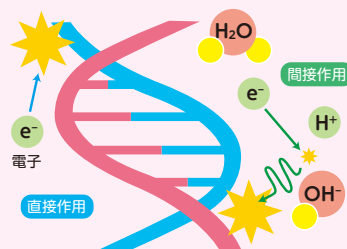
※2 飲料を常温のまま充填できるように充填環境や資材を滅菌する機能を付加した高度な充填システム

### 高速安定搬送

1分間に600  
〜1200本の  
ペットボトル飲  
料を生産でき、  
200時間連続  
稼働も可能。

### ・2つの作用で滅菌を実現!・

#### 電子線滅菌の原理



直接作用

電子線が DNA に直接作用(電離)して、DNA 鎖を切断

間接作用

電子線が DNA 近隣の水分子と化学反応し、反応性の高いラジカルを発生させ、DNA を損傷

### 滅菌

電子線照射により微生物のDNAまたは細胞にダメージを与え、物質中の微生物の数を100万分の1以下にします。



加速電圧30万ボルト以下の低エネルギー電子線を使用しているので、法令上は放射線発生装置には該当しません。よって、専任担当者も必要ありません。







## File 04

ミクロの厚さを測ります

# ベータ線を使った厚さ計測

ベータ線



スマートフォンや携帯ゲーム機などで使用されているリチウムイオン電池は、私たちの生活に欠かせない存在となっています。

### 電池なしでは生活できないの巻



電池の品質管理に「破壊検査」を用いていた時代は、手間、時間、費用がとてもかかっていました。



ベータ線厚さ計など放射線を活用した装置が登場したことで、電池の検査方法は非破壊・非接触に。

リチウムイオン電池の製造工程において、電極シートの厚みをオンラインで計測



ベータ線厚さ計などの普及によって、品質管理はスピーディーに。さらに電池の品質は安定、コストダウンにもつながりました。

ボクのおかげだっことを忘れないでね

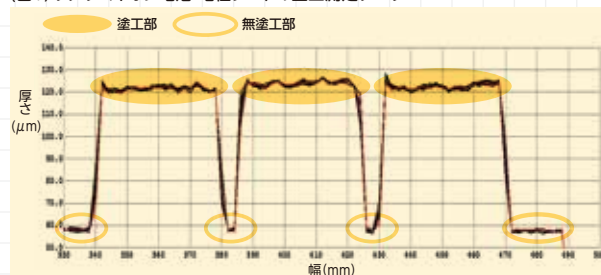
## 僅かの差が大きな違いに

プラスチックフィルム、プリプレグシート※1、不織布、壁紙、電極シートなどは、放射線を用いた計測器を使用しなければ正確な厚み(坪量※2、密度)を測定することができません。特に電極シートは塗工した金属箔が剥離しやすい性質をもっているため、非接触で測定できる放射線厚さ計は生産ラインに欠かせない存在です。厚みムラを無くすことで、電池の品質向上、コスト削減に大きく貢献しています。

### 高精度

ベータ線源と高感度の放射線検出器を使用することで、マイクロメートルの世界まで計測可能。測定データを見ると、塗工部、無塗工部の違いがはっきりと確認できます。(図1)

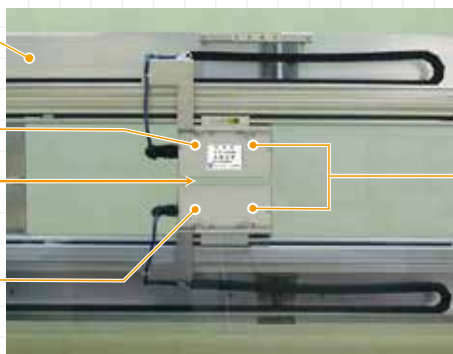
(図1)リチウムイオン電池 電極シートの塗工測定データ



### ベータ線厚さ計(表示付認証機器※3)

ベータ線の透過減衰量を電気信号に変換し、非接触で素材の厚さ(坪量、密度)を測定するナノグレイ株式会社製のベータ線厚さ計。ベータ線源と検出器はそれぞれ80×235×120mmとコンパクトサイズで製造ラインに簡単に設置することができます。

ベータ線源  
電極シートはこの間を通ります  
検出器

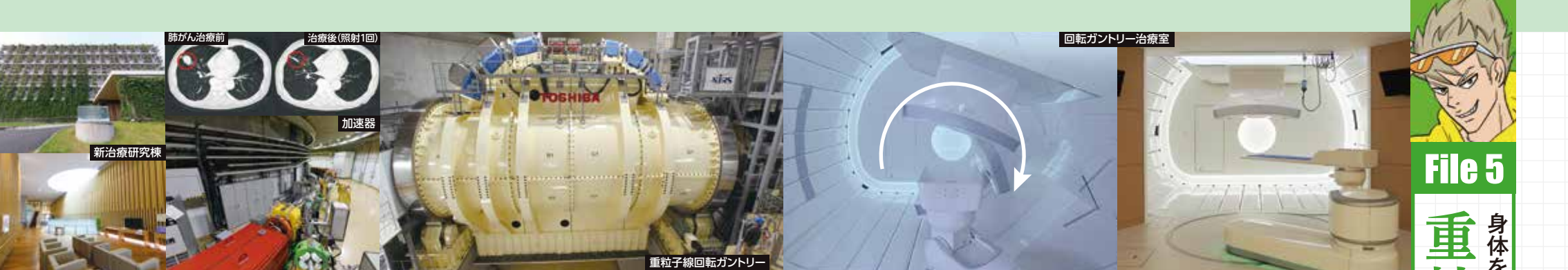


低エネルギーのベータ線を使用した表示付認証機器なので、管理区域の設定や専任担当者は不要だよ。



※1炭素繊維に樹脂を含ませたもので、航空機やロケットのボディなどで使用  
※2紙1枚当たりの重量のこと。単位はg/m<sup>2</sup>  
※3原子力規制委員会または登録認証機関の「財原子力安全技術センター」で設計認証を受けたもの



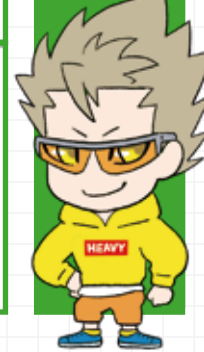


# File 5

## 重粒子線がん治療

身体を切らずに治します

### 重粒子線



### 麻酔も入院も不要の巻

がん治療に必要な重粒子線を生み出すためには、炭素イオンを光速の70%まで加速する必要があります。

重粒子線がん治療装置 HIMAC (ハイマック)  
サッカー場サイズ  
外形: 120×65m

ひびく... 加速

放射線医学総合研究所のがん治療装置HIMACは巨大な加速器を用いて、強力な重粒子線を生み出します。

重粒子線は、力のピークを病巣に合わせることで、重要な臓器が近くにあっても、がん細胞をねらい撃ちできます。

重粒子線はX線や陽子線に比べ、高い殺傷能力を持つため、少ない回数でがん細胞を死滅させることができます。

入院も無しだって

目標はがん死ゼロの健康長寿社会!

## 病巣に厳しく、人に優しい

重粒子線がん治療では、放射線のがんの細胞核のDNAに分子レベルの傷をつけ、細胞分裂をできないようにして、がん細胞を死滅させます。重粒子線は殺傷能力のピークをがん病巣に合わせることができ、病巣にいたるまでの部分では人体にあまり影響を与えません。外科手術と違い、痛みなどの負担が少ない点もメリットです。このためほとんどの場合、入院の必要がありません。

### 回転ガントリー照射装置

患者の負担軽減と治療効果の向上を目的に開発された重粒子線の照射装置。「呼吸同期3次元ビームスキミング照射法」との組み合わせにより、がん病巣に対する重粒子線のさらに正確な照射が可能となりました。

### 負担軽減

照射装置自体が回転するため、患者さんは楽な姿勢で治療を受けることが可能。

X線透視と画像処理によって臓器の動きと照射を精密に同期させているよ。

### 小型化

超伝導電磁石の採用により、照射装置の軽量化、小型化を実現。

### 重粒子線治療の主な適応

頭蓋底腫瘍  
眼腫瘍  
頭頸部がん  
食道がん  
肺がん  
乳がん  
肝臓がん  
脾臓がん  
腎臓がん  
前立腺がん  
子宮がん  
直腸がん  
骨肉腫 (特に骨髄・脊髄)  
軟部組織腫瘍

日帰りがん治療の実現!

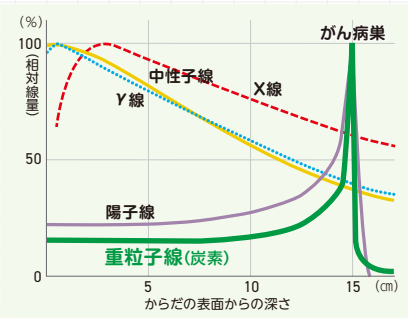
他の治療は困難だが重粒子線が有効な腫瘍

- 局所進行頭頸部がん (腺がん系、黒色腫、肉腫等) 保険診療
- 頭蓋底腫瘍 保険診療
- 直腸がん術後骨盤内再発 保険診療
- 切除非適応骨軟部肉腫 保険診療

重粒子線での短期照射有効な主な腫瘍

- 1期非小細胞肺がん...1回照射
- 肝細胞がん...2回照射
- 脾臓がん...12回照射
- 前立腺がん 保険診療...12回照射
- 子宮腺がん...20回照射
- 眼球悪性黒色腫...4回照射

(図1) 各種放射線の線量分布の比較







澁谷工業株式会社  
グループ生産・情報統轄本部  
開発本部 EB技術部 EB技術課  
竹中 裕一 さん

## 一緒に世界を良くしよう 03

電子線(放射線)は悪いイメージが邪魔をして、世間の理解が進んでいません。実際、放射線についてはさまざまな研究が行われていて、その性質も十分解明されています。放射線を上手に使えば、もっと世の中は良くなる。私たちは飲料製造を通して、そのことを世に伝えていきたいと考えています。

電子線による滅菌は、製薬設備など幅広い領域での利用が可能なおえ、節水やCO<sub>2</sub>削減につながる環境保全に役立つ技術です。澁谷工業では「世界を良くしたい」という志のある方をお待ちしています。私たちと一緒により良い世界を築きましょう！



ナノグレイ株式会社  
代表取締役 社長  
宮下 拓 さん

## 唯一の測定法 04

リチウムイオン電池の電極シートや炭素繊維複合材の表面には凹凸があったり、色によっては光を反射しないことがあります。そのため、赤外線やレーザーでは厚み測定を行うことができません。しかし、ベータ線を使った放射線厚み計なら、表面の凹凸や色に影響されず、原子レベルのふるまいを捉えることが可能です。放射線による計測は、他の計測法では決して真似のできないもので、これからも廃れることはありません。

放射線応用技術は私たちのような中小企業でも大企業と競いあえる分野です。ものづくりに興味のある人にはきっと面白いと思いますよ。



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 理工学部  
主任研究員 博士(理学)  
水島 康太 さん

## 世界中に普及させたい！ 05

放射線は“正しく使えば”有用なものです。科学技術の社会還元を考えても、放射線の医療利用には大きな可能性があります。確かに研究・開発には失敗がつきものですし、時間と費用もかかります。しかし、医療は研究成果がわかりやすく、やりがいのある分野です。

中でも「重粒子線によるがん治療」は、誰が担当しても同じクオリティで施術ができるという大きなメリットがあります。私たちの目標は、重粒子線がん治療装置の小型化・低価格化を進めて、世界中に普及させること。そのためには、10年後には、装置の小型化実現を成し遂げたいです！

## 01 活用と保存のバランス

放射線を用いた調査には数多くのメリットがあります。ただ、作品も人間と同じように被ばくするということを忘れてはいけません。得られるものと失うもの、両者のバランスを常に意識しておくことが大切です。目的に合った調査方法を選択する中で、必要に応じてエックス線を使用するといった感覚を持つことが重要なのです。

私たちには作品の品質を維持しながら、後世に引き継ぐという重要な使命があります。将来も今と変わらず作品が存在するように、放射線に対する知見を積み重ね、活用と研究、保存のバランスを上手く取っていききたいと思います。



東京国立博物館  
学芸研究部 保存修復課  
調査分析室長  
荒木 臣紀 さん

# Interview

## 放射線に対する率直な思いをお聞きしました

## 02 大切なインフラ技術

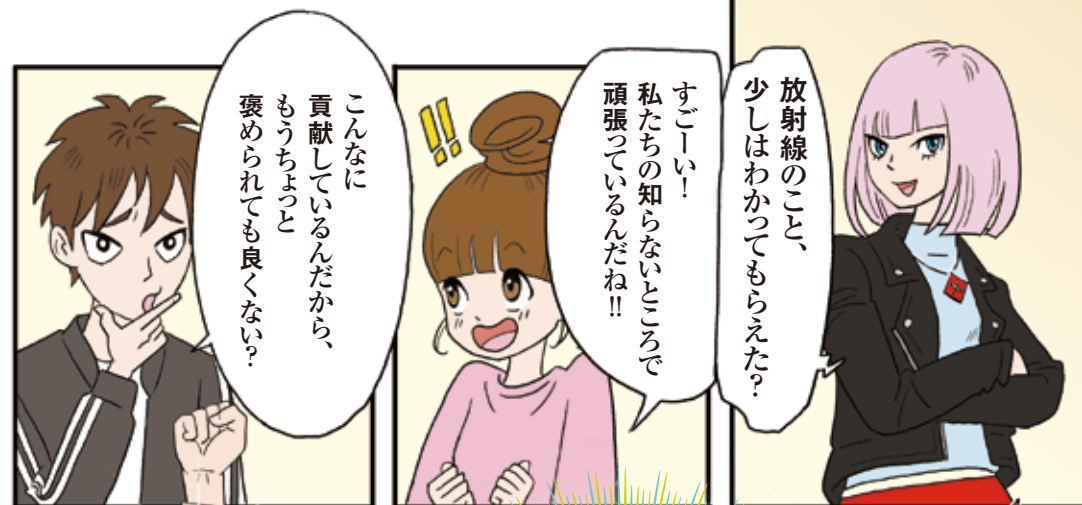
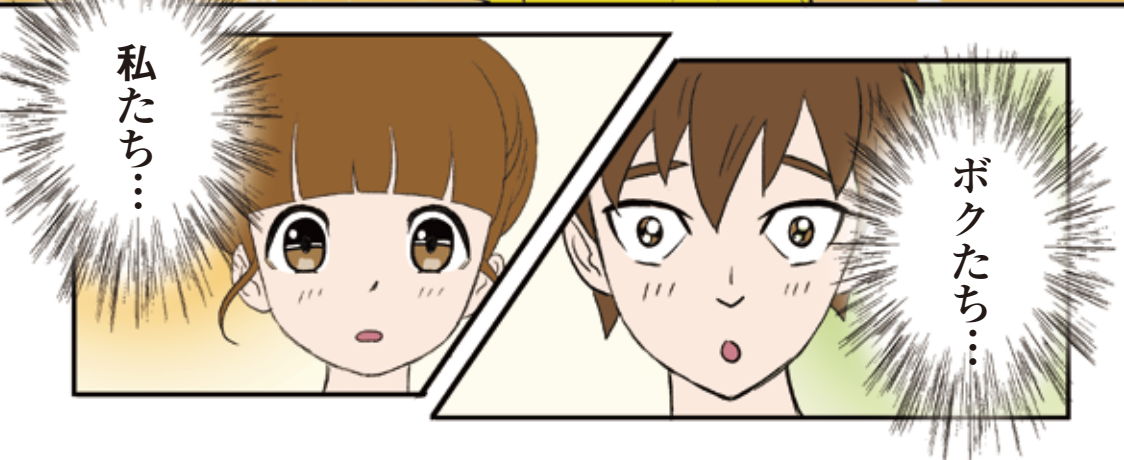
ガンマ線や電子線といった放射線は、隠れたインフラと言えます。なぜなら半導体材料の改質や食品照射など、数々の実用材料を生み出している要素技術だからです。放射線はハイエンドな技術のように見えて、実は誰にでも利用できる一般的な技術なのです。

大阪大学が開発した独自ナノ粒子合成技術もその一つ。本学ではこの技術を広く社会に還元したいと考え、2009年に大学発のベンチャー企業「株式会社アクト・ノンパレル」を立ち上げ、これまでに30件を超える引き合いがありました。今後も幅広い場面で社会に貢献していききたいと思います。

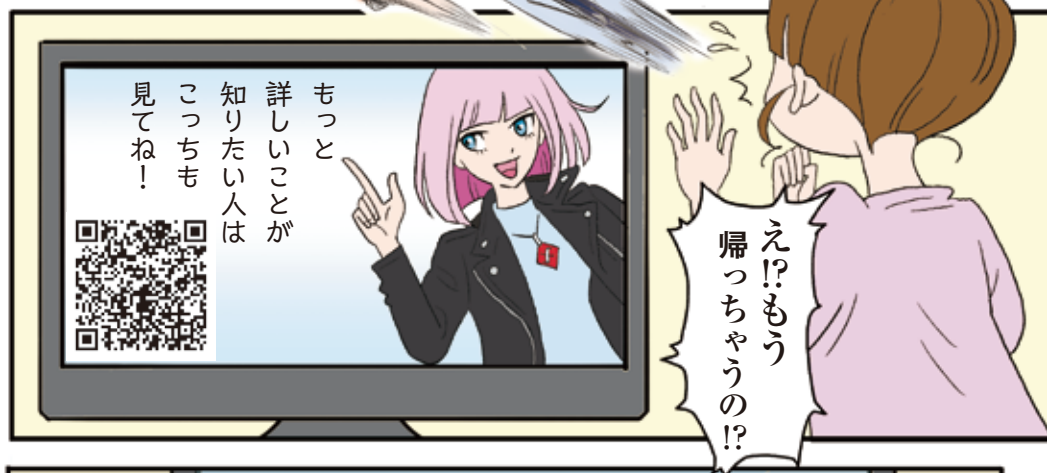
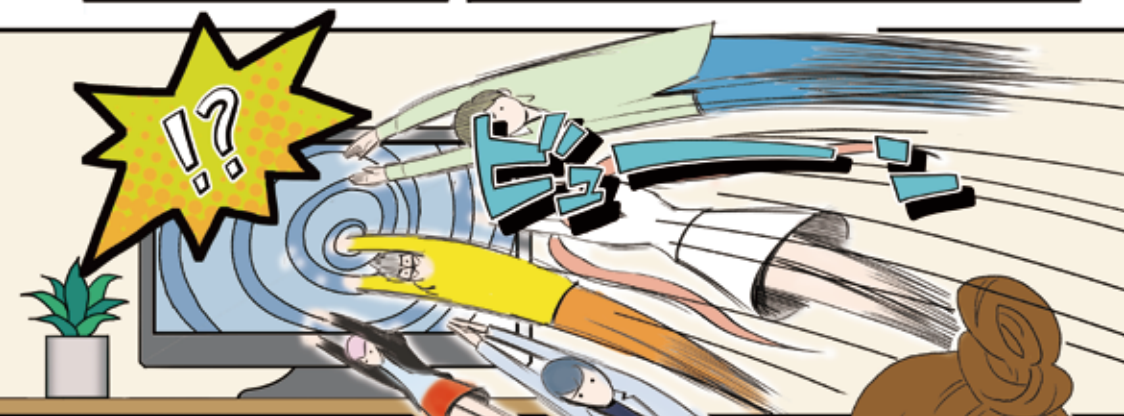
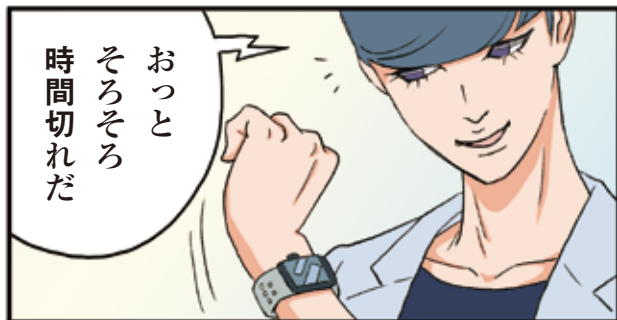
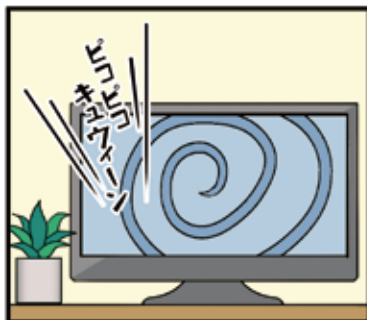


大阪大学 大学院  
工学研究科 准教授  
博士(工学)  
清野 智史 さん

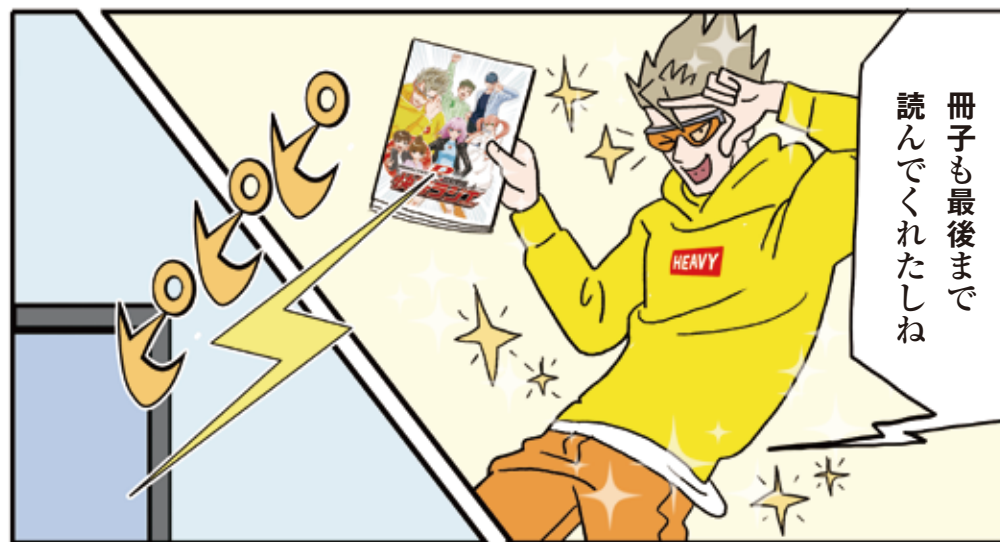








放射線の産業活用  
おしまい







## 核のゴミから、 がん治療薬・診断薬を創製！

東京大学大学院工学系研究科  
原子力専攻 教授

上坂 充

皆さん、こんにちは。私は、原子力工学の一分野「放射線の発生と利用」の研究を行っています。本冊子を読んで、放射線のことと、その思わぬ社会貢献のことを知って頂けたと思います。私たちは、東京大学・東海キャンパスで電子線形加速器を使った研究を40年以上実施しています。最近は、高速電子ビームを金属ターゲットに照射してγ線を取り出し、それをMo(モリブデン)に照射して、世界で最も多く使われているγ線放出医療用診断薬 $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ (テクネシウム)を生成する研究を行っています。さらに、そのMoを原子力発電所で発生する放射性廃棄物から抽出する研究も行っています。

一方、U(ウラン)鉱石からU燃料を取り出した後の廃棄物(鉱さい)から $^{226}\text{Ra}$ (ラジウム)を抽出し、それに電子線形加速器で作ったγ線を照射して $^{225}\text{Ac}$ (アクチニウム)を生成する研究も行っています。 $^{225}\text{Ac}$ は将来世界で最も多く使われると期待されているα線放出がん治療薬です。このように、多くの皆さんがとっても心配されている核のゴミから、がんを含めた病気の治療薬・診断薬を作ることができるのです。「逆転の発想」ですね。皆さんも日頃の学習・生活の中で、大いに「逆転の発想」でチャレンジしてみてください。



東京大学運動会  
軟式野球部長として活躍中



一般社団法人日本電機工業会

THE JAPAN ELECTRICAL MANUFACTURERS' ASSOCIATION

〒102-0082 東京都千代田区一番町17番地4 TEL. 03-3556-5886 FAX. 03-3556-5890(原子力部)

