

## その偉業は婦唱夫隨の化学反応から

失恋しなかったらパリへ行かなかった

博士号を目指した研究が歴史的な発見に

歴史で「もしも…」という仮定は意味がありません。しかし、「放射能」と「放射性元素」という概念を発案し、ポロニウムとラジウムを発見し、女性初・史上初の2度のノーベル賞(物理学・化学)受賞という偉業とともにキュリー夫妻の生涯を振り返ると、「もし、あの時…がなかったら…」と考えずにいられません。

ワルシャワの教育者の家に生まれたマリは、幼い時から勉学好きでしたが、国を離れるつもりはありませんでした。しかし、24歳の時に失恋の痛手を機に、姉夫婦の誘いを受けてパリ大学に留学。卒業後、磁気の研究場所を探していた時に知り合ったのが、後に伴侶となる気鋭の科学者ピエールでした。彼は生涯にわたり、献身的な夫であり共同研究者であり続けます。

二人が放射線の研究を始めた動機は、マリが博士号取得にあり、その過程で多くの歴史的発見がありました。しかし、数トンの鉱石くずから微量のラジウムを精製する作業は過酷で、ピエールは自らの研究を中断してマリに協力します。この間、彼はリウマチの発作に襲われ、マリも睡眠障害や流産に見舞われますが、1903年に論文が完成。アンリ・ベクレルの後押しを受けてマリは博士号を取得し、同年に3人揃ってノーベル物理学賞を受賞します。ところが、その3年後、雨の中を横断中にピエールが荷馬車に轢かれて事故死してしまいます。片翼をまがれたような喪失感の中で、マリはラジウムや放射能の研究を続け、1911年に2度目のノーベル賞に輝いたのです。



●参考文献(ホームページ) 科学者辞典、キュリー夫妻(ウィキペディアほか)、やさしい放射線の話など

What's Up?

## そこが知りたい! 浜岡原子力発電所のいま

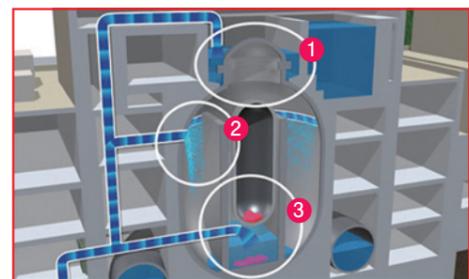
中部電力(株)浜岡原子力発電所では、大きな津波の襲来に備えて「まず敷地内への浸水を防ぐ」「仮に敷地内が浸水しても建屋内への浸水を防ぐ」「さらに冷やす機能を確認する」という深層防護の考え方に基づいて対策強化を進めています。

### ここにフォーカス! さらに重大事故の発生に備える

重大事故に至らない対策を講じていても、もし何らかの理由で燃料が溶けるような重大事故に至った場合も想定し、放射性物質の放出・拡散を低減します。

#### 格納容器の破損を防ぐ

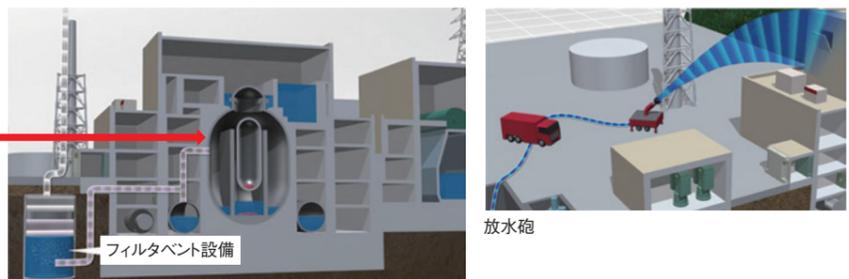
格納容器の上ぶた接合部を冷やす設備(1)原子炉ウエル注水系)の設置、格納容器内の蒸気を冷やす設備(2)格納容器代替スプレイ系)の強化、格納容器内に溶け落ちた高温の燃料を冷やす設備(3)格納容器下部注水系)の設置などを実施します。



#### 放射性物質の放出を抑制する

格納容器内の圧力を下げるため、気体を外部へ放出する際は、放射性物質を吸着するフィルタを通して排気(フィルタ付きベント設備)します。これによりセシウムなどの粒子状の放射性物質の放出量を1,000分の1以下に抑えることで、大規模な土壌汚染などを防止します。

このほか、原子炉建屋の水素爆発を防ぐため、水素濃度計の設置や建屋から水素を排出する対策を実施します。水素を排出する際に放射性物質の拡散を抑えるため、建屋に放水して放射性物質を地上に落とす放水砲を配備します。



詳しくは中部電力HP「浜岡原子力発電所の今、これから(安全性のさらなる追求)」を [重大事故の発生に備える](#) [検索](#)

中部原子力懇談会

〒460-0008 名古屋市中区栄2-10-19 名古屋商工会議所ビル6F  
TEL:052-223-6616 FAX:052-231-7279  
<http://www.chugenkon.org>

放射線出前教室・出張授業を実施します。お気軽にお問い合わせください。詳しくはHPをご覧ください。

ホームページから本誌の定期送付のお申し込みが可能です。

この印刷物に使用している用紙は、森を元気にするための間伐と間伐材の有効活用に役立ちます。



この冊子は地球環境保護のため、植物性大豆油インクを使用し、有害な廃液の発生が少ない水なし印刷をしています。



特集 エネルギーの明日を考える

## 放射線と健康への影響

福島の復興と現状

エネルギーサイト 訪問記 第5回

東日本・西日本の電力周波数を変換して相互に融通

電源開発株式会社

佐久間周波数変換所 (静岡県浜松市)

これはな〜に?

詳しくは4ページをご覧ください



vol. 103

2015年1月発行(年2回刊)

発行/中部原子力懇談会  
名古屋市中区栄2-10-19名古屋商工会議所ビル6F



長崎大学による福島県川内村の復興支援(左:土壌モニタリング、右:専門看護師の戸別訪問)



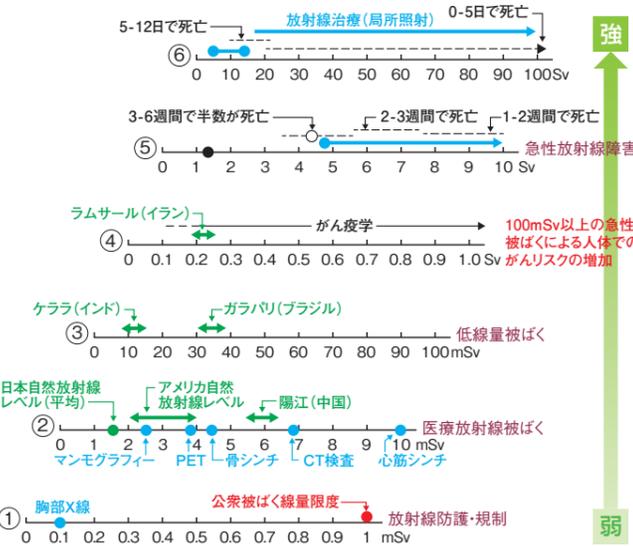
### 最も重要なのは人体に受けた放射線の量

長崎大学医学部は原子爆弾の投下で多くの先輩が犠牲になり、直後から被ばく者の治療と健康影響調査を行ってきました。その経験をもとに、放射線被ばくに関わる専門医療の人材育成やチェルノブイリ原子力発電所事故後の医療支援に取り組んでいます。私も被ばく医療の専門家としてこれらの活動に携わり、福島第一原子力発電所(福島第一原発)の事故後は福島県放射線健康リスク管理アドバイザーとして、住民の方々の健康影響調査や支援活動を行っています。

福島第一原発の事故直後は、原爆と原発事故との混同、放射線に関する誤った情報がインターネット上に氾濫し、福島県民をはじめ日本中が混乱しました。ここでまず念頭に置くべきは、**放射線による健康影響を観る時、最も重要なのは「どれだけ線量(単位:シーベルト=Sv)を受けたか」**です。

**●被ばく線量の単位と大きさ**  
1シーベルト(Sv)=1000ミリシーベルト(mSv)=100万マイクロシーベルト(μSv)  
※公衆被ばく線量限度(年間)=1ミリシーベルト(自然界の放射線・医療被ばくを除く)

#### 被ばく線量と人体への影響



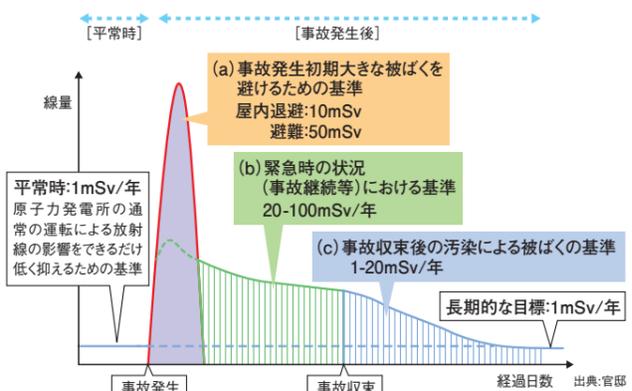
### まず「外部被ばく」、次に「内部被ばく」を防ぐ

原爆では、大量の放射線を一度に「外部被ばく」し、急性放射線障害を発症した人が多数犠牲になりました。被ばく者の

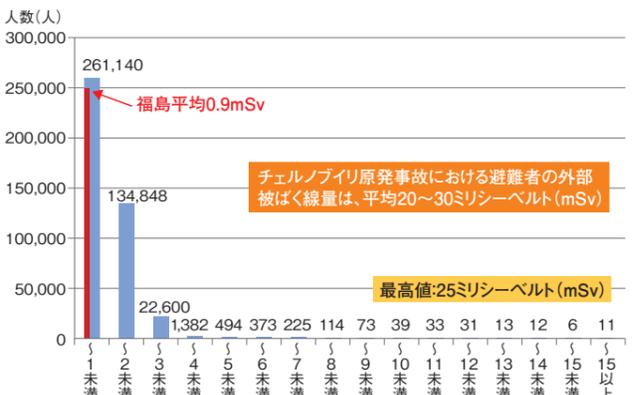
追跡調査では、1000mSv(=1Sv)被ばくすると、後年に白血病をはじめ様々ながんを発症し、100mSvではがんで死亡するリスクが0.5%高まるとの調査結果が出ています。しかし、それ以下の線量では、がんのリスクと放射線との因果関係は証明できません。それほどリスクは低いのです。

ICRP(国際放射線防護委員会)では、こうした調査をもとに放射線災害の緊急時に避難・屋内退避する線量の基準を設け、まず外部被ばくを防ぐよう勧告しています。福島で100mSvや50mSvなどの数値が話題になったのは、このためです。**実際、福島県で42万人余を対象に行われたアンケート調査(外部被ばく)では、線量の平均値は0.9mSv、最高値でも25mSvでした。**これに対して原発事故で最も懸念されるのが、放射性物質を吸引したり汚染された食品などを通じて体内摂取し、ベータ線やガンマ線を受ける「内部被ばく」です。

#### 放射線防護の線量基準の考え方



#### 福島県(421,394人、放射線業務従事経験者を除く)における外部被ばく線量



# 特集 エネルギーの明日を考える 放射線と健康への影響

## 福島復興と現状

汚染や健康影響について多くの報道や情報が発信されていますが、**く知って正しく怖がる**ことが大切です。今回はチェルノブイリや福島を続ける高村昇氏による情勢講演会(2014年9月12日)を再構成 ※本文中の数値等は講演時点のものです。



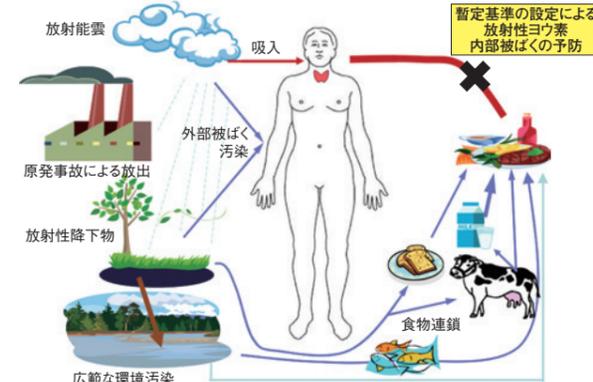
長崎大学原爆後障害医学研究所 国際保健医療福祉学研究分野 教授 **高村 昇氏**  
長崎大学大学院医学研究科修了(医師、医学博士)。長崎大学原爆後障害医学研究所入所。2008年より同研究所教授、現在に至る。WHO(世界保健機関)本部技術アドバイザー。

### 福島とチェルノブイリとの対策の違い

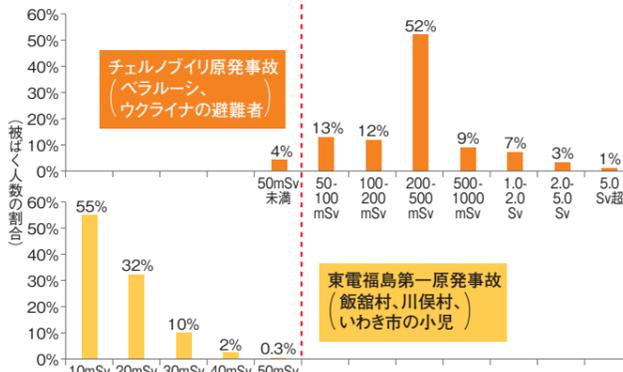
チェルノブイリの事故では、30km圏内に避難指示が出たものの食品の摂取・流通規制はされなかった。そのため広範囲に飛散した放射性ヨウ素131が牧草を汚染し、牛乳を通じて育ち盛りの小児たちにヨウ素131が摂取されました。放射性物質は細胞分裂の盛んな若い世代に取り込まれやすく、ヨウ素は甲状腺に集積されやすいのです。風向き関係で最も影響を受けたベラルーシ共和国では、多くの小児が内部被ばくし、1990~95年にかけて小児甲状腺がんが顕著に増加しました。

一方、**福島の場合は内部被ばくの低減策として、事故発生1週間後の3月17日に暫定基準値(500ベクレル/kg)を設定し、これを上回る食品や水の摂取・流通制限**が行われ、原乳なども大量に廃棄されました。この迅速な対策が小児の甲状腺被ばくを防ぎ、多くの科学者が「チェルノブイリとは異なり、顕著な健康影響は見られないだろう」との見解を示しています。

#### 福島第一原子力発電所周辺地域における内部被ばく予防



#### 福島第一原発とチェルノブイリの事故における小児甲状腺被ばく線量の評価



### 放射線の健康影響を理解してもらう難しさ

一方で、福島県では実際には低い被ばく線量であるのに、放射線による健康影響に不安を抱いている方々が多数いらっしゃいます。例えば「これまでの被ばくで急性の放射線障害(皮膚のただれ・脱毛・鼻血など)を発症する可能性が高い(2割)」「後年にがんなどが高い確率で発症する(4割)」「子や孫への遺伝的影響が起こる(5割)」など(福島県民健康調査より)。

**急性の放射線障害は一度に500mSv以上を被ばくしない限り発症することはない。これまでの被ばく線量ではがん発症のリスクが高まるとは言えません。**また、哺乳類などの高等生物は、精子や卵子が被ばくすると受精できず正常な出産ができないので遺伝もありません。

しかし、こうした**誤った認識が被災地から人を遠ざけ、復興を遅らせる一因となっている**のです。

### きめ細かな対応で安全・安心の担保を

長崎大学では、東日本大震災の直後から緊急医療に携わりましたが、復興支援の一環として放射線と健康影響に関する知識の普及にも力を注いでいます。福島県川内村は、福島第一原発から30km圏にあり全村避難しましたが、除染や生活インフラの整備に注力し、2012年1月に自治体で最も早く帰村宣言を出しました。

私たちは帰村前から土壌モニタリングによる除染の評価、食品・水の放射性物質測定、検診や個別の健康相談、運動不足の改善活動などに取り組んでいます。活動を通じて痛感するのは、**深刻な事故を二度と起こさないために万全を期すことはもちろん、万一事故が起きた時の急性期の対応整備、復興に向けた専門人材の育成が急務**であることです。そのために少しでも多くの人に放射線に関する正しい認識を持っていただきたいと思ひます。



農作業ができないため住民の肥満が課題となり専門スタッフが運動指導(左) 長崎大学の学生と地元小学生との交流活動(右)。

中部地方を中心に、エネルギーの安定供給や次世代に向けた先端研究に関わる施設をシープレス編集部が訪問し、その取り組みをご紹介します。



ナビゲーターの横田です  
今回は日本の電力を広域的に運用する上で欠かせない重要な施設を紹介します。

# 東日本・西日本の電力周波数を変換して相互に融通

電源開発株式会社 (Jパワー)

## 佐久間周波数変換所

(静岡県浜松市)



天竜川の上流にある佐久間周波数変換所

### なぜ日本には2種類の電力周波数があるのか?

家庭用の電気は「交流」といって電気の流れる方向が1秒間に何十回も変化し、その回数を周波数 (Hz:ヘルツ) で表します。日本では静岡県の富士川と新潟県の糸魚川を境に、東側は50ヘルツ、西側は60ヘルツの電気が使われています。なぜ2種類の周波数があるのでしょうか。発電機が輸入された明治時代、関東の電力会社はドイツから50ヘルツの発電機を、関西の電力会社はアメリカから60ヘルツの発電機を導入し、それぞれ発展しました。その後、利便性を図るため何度も周波数の統一が試みられましたが、莫大な費用がかかることから実現しませんでした。そのため現在も2種類の周波数が使われているのです。

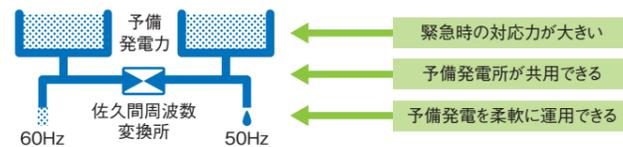


### 周波数を変換して電力の広域的な運用を

東西を統一できないなら、周波数を変換して電気を相互に融通してはどうか。火力・水力発電が主役の経済成長期に、2種類の電力系統を結ぶヨーロッパの技術に着目した視察団が大胆な構想を立案。こうして電源開発 (Jパワー) が主体となり、天竜川に建設した日本最大級の発電能力を誇る佐久間ダムの近くに、周波数変換所を建設することになりました。

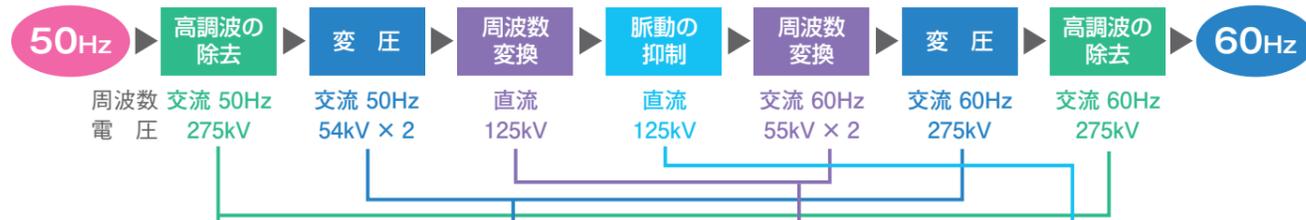
そして電源開発は1965年10月にスウェーデンの水銀整流器 (周波数の変換装置) を導入し、日本初の30万kW規模の「佐久間周波数変換所」を完成。50/60ヘルツの2系統を繋ぎ、電力の広域的な融通を可能にしました。これによって東日本・西日本の予備電力の効率的な融通、水力の有効利用を図るとともに、系統の事故などの緊急時には迅速に電気を供給して大停電を防げるようになったのです。

### ◆周波数変換による相互融通のメリット



### ◆周波数変換の流れ (50ヘルツを60ヘルツに変換する場合)

佐久間発電所から取り入れた交流電流をいったん直流に変換し、さらに供給先の交流に変換して系統を結ぶ。



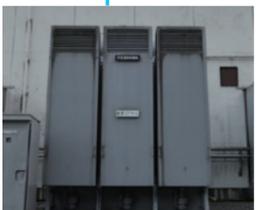
波形のひずみで生じる不要な高調波を交流フィルタで取り除く



変圧器で周波数変換装置の運転に適した電圧まで下げる



周波数変換装置 (サイリスタバルブ) で直流を交流に、交流を直流に変換する



直流リアクトルで、直流電流の脈動を平滑に

これは驚き!  
変換所の制御・監視は遠く離れた愛知県春日井市で行われています。



周波数を変換した60ヘルツの電力は佐久間西幹線 (送電線) 経由で愛知県春日井市へ、50ヘルツの電力は東幹線を経由して西東京変電所へ送られる。

### 心臓部の変換装置を国産のサイリスタへ

佐久間周波数変換所は今年10月に運転開始50年を迎えますが、転換点となったのが1993年の変換装置の更新です。28年間稼働した水銀整流器の老朽化に伴い、国産のサイリスタバルブに置き換え、性能・信頼性を大幅に向上させたのです。その意義を佐久間電力所の坪田所長は次のようには語ります。

「水銀整流器は、真空中に無機水銀の蒸気を満たし、電気を放電させて電力を変換させる仕組みで、装置が巨大なう

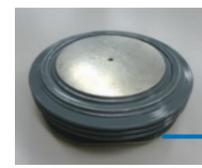


### 28年間、主役を担った水銀整流器

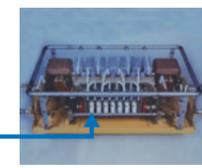
かつて1基2トンの整流器が26基 (バイパス用も含む) も並んでいた。ヒーター、モーター、真空ポンプ、冷却装置など構成機器が多く、定期点検のため年間21~25日 (各基) は停止せざるを得なかった。

### 半導体素子による周波数変換で、大幅な性能・信頼性向上と省スペースを実現

装置の信頼性が高く周波数変換所は遠隔制御による無人化が図られ、設置スペースも半分になった。



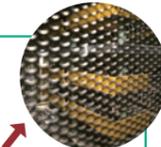
サイリスタ素子



サイリスタモジュール



サイリスタ変換装置



変換装置は金属ネットで防護されている (表紙の写真)

高さ14m



え、メンテナンスが大変です。部品1個が故障しても装置全体が停止するため、当直要員2名が3交代で24時間見守るのです。それが半導体素子で電力を変換するサイリスタバルブとなり、基本的にメンテナンスフリーになりました。」



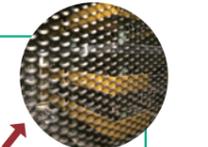
坪田吉和所長に周波数変換所の役割や仕組みを丁寧に教えていただきました。

### 東日本大震災では瞬時の融通で停電回避

周波数変換所は、大きな事故や災害によって消費地で電力の需給ギャップが生じた時、「緊急時融通装置 (EPPS)」が作動して50/60ヘルツの周波数を維持するために応援します。2011年3月11日の東日本大震災が、まさにその時でした。

東日本の需給ギャップを感知した佐久間周波数変換所は、瞬時に60ヘルツの電力を50ヘルツに変換して30万kWの電力を送電。周波数変換設備を備えた東京電力の新信濃変電所 (60万kW) と連携し、約80日間にわたりフル稼働して大停電を回避するとともに、西日本の余剰電力を東日本に送り続けました。その後、大震災を教訓に2013年に中部電力の東清水変電所が変換能力30万kWになり、現在では合計120万kWの電力を東西どちらの地域にも電力融通できる体制が整備されています。

### ◆東西をつなぐ周波数変換施設



高さ14m

電源開発 (株) の詳しい情報は、こちらへアクセス

電源開発 検索

<http://www.jpowers.co.jp>

# 陽子線照射で、からだにやさしい「がん治療」を目指して



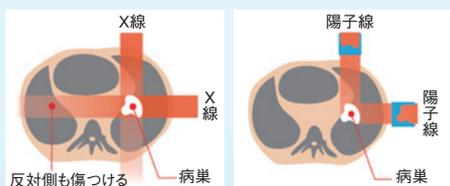
名古屋市北区にある都市型施設の「名古屋陽子線治療センター」(右手前の建物)

## 陽子線の特徴と他のがん治療との違いは？

陽子線は放射線の一種で、X線やγ線と異なり、ある深さで線量が最大となり、それ以上先に到達しない性質があります。そのため腫瘍に放射線を強く当てて**がん細胞を死滅させながら、正常組織に当たる放射線を減らせる**ので、重要な臓器の近くにあるがんなど、X線で治療しづらいがんにも高い効果が期待できます。

治療装置は、この特性を活かしたもので、陽子を高速で加速させ、病巣に向けて0.5ミリ単位の精度で正確に照射します。**手術(外科療法)や抗がん剤(化学療法)と違い、治療中の痛みがなく、正常細胞への影響が少ないため、通院治療やスムーズな社会復帰が可能です。**

### ■陽子線照射(右)とX線照射(左)の違い



反対側も傷つける 病巣

## 日本で初めて導入したスポットスキャンニング照射とは？

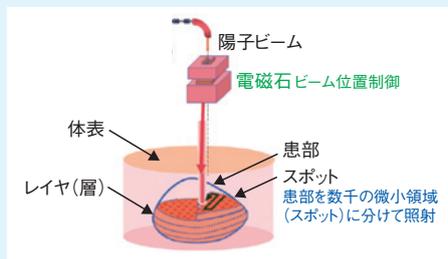
先進的な陽子線治療も日々進歩しています。名古屋陽子線治療センターでは、2014年1月に照射精度をより高めた「スポットスキャンニング法」を日本で初導入しました。従来の陽子線治療は面で照射し(ブロードビーム)、呼吸中にも部位が動く肺がんや肝臓がんにも有効です。

一方、神経が集中している頭頸部(のど・鼻など)や脊椎にできた腫瘍は、より高精度な照射が望まれます。スポットスキャンニング法は、**陽子線ビームを電磁石で走査し、がんの形に沿ってペンで塗るように照射。従来の照射では難しかった部位のがんも、より高精度に正常な組織への影響を抑え治療ができます。**



陽子線治療科 部長 荻野浩幸さん

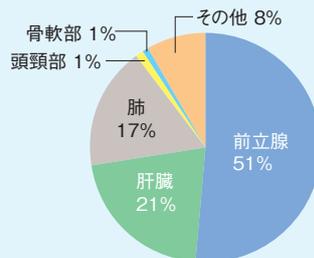
### ■照射のイメージ



## どんな種類のがん治療に適しているの？ 治療期間・費用は？

陽子線治療にも得手・不得手があり、常に活発に動く胃や白血病などの全身性がんの治療には適しません。照射時間は1~2分/回ですが、身体の位置をミリ単位で調整するのに20~30分要します。そして、約2週間~2カ月間(週5日照射)通院して照射を続けます。

■治療実績(2014年9月30日現在) 治療患者数/517人



治療費は健康保険の対象外のため全額自己負担となり1件あたり約288万円かかります(陽子線治療以外の診察費は公的医療保険の対象)。また、民間のがん保険の多く



に先進医療特約として陽子線治療を組み入れています。

固定照射室は、水平方向から陽子線を照射可能な照射室で、主に前立腺がんの治療が行われる。

## 巨大な装置で構成されている陽子線治療施設



陽子線をどの方向からも自在に高精度照射するための回転装置(重さ約200トン)。



がんの種類に応じて3つの部屋を装備。患者はベッド上で照射部位の精密な位置決めを行った上、陽子線治療を受ける。(写真はガントリー照射室)



入射器から取り込んだ陽子線を光の速度の60%まで加速する装置。



水素ガスを原料に電気力で陽子線を生成して加速。



陽子線治療技術科 主幹 磯山 茂さん

# 原子力の安全性について —リスク低減のために考えるポイント—

一部の原子力発電所で新規規制基準への適合性審査が行われ、九州電力川内原子力発電所では新たな進展が見られます。そうした中で関心が高まる福島第一原子力発電所の現状と廃炉作業および適合性審査について山本章夫教授に講演いただきました。



やまもと あきお  
山本 章夫 氏

名古屋大学大学院 教授  
京都大学大学院工学研究科原子核工学専攻修了。原子燃料工業(株)を経て、名古屋大学大学院助教授に就任。現在、同大大学院教授。

## 福島第一原子力発電所の現状と廃炉作業

現在、4号機は使用済み燃料プールから使用済み燃料を取り出し、リスクは大きく下がった状態です。1~3号機は溶けて固まった燃料を取り出す準備と技術開発を行っていますが「汚染水」が課題となっています。1~3号機では原子炉の冷温停止状態を保つため、燃料の崩壊熱を冷やすための注水が続いています。水はセシウムを除去して循環させていますが、約400t/日の地下水が建屋に流入して汚染水が増え続け、これを汲み上げて地上にタンクを建設・貯蔵しています。また、汚染水の放射性物質をフィルターで吸着して、できるだけ取り除く作業も行っています。ただ、貯蔵スペースには限界があり、これ以上汚染水を増やさないため、



4号機から使用済み燃料を取り出し屋外の共用プールへ移動 (撮影日:2013年9月19日) 出典/東京電力ホームページ

周囲の土を壁状に凍らせたり、建物に流入する前に地下水を汲み上げる対策のほか、海沿いに鋼管製の杭を打って壁を作り海への漏えいを防ぐ対策も講じつつあります。

このほか大量の放射性廃棄物(燃料・瓦礫・土壌など)をどのように処理・処分するか技術開発も含め検討中です。今後の長期的な対応を考えると、技術開発に携わる人材育成も含む人員確保が重要課題となっています。

## 新規規制基準と適合性審査について

原子力規制委員会は福島の事故を教訓に、IAEAなど国際的な安全基準も参考にして、設備だけでなく過酷事故が起きた場合の体制・対応能力にも留意した「新規規制基準」を策定しました。ここでは、複数の異なる安全対策(深層防護の徹底)、潜在的な自然・人為災害による故障の想定と対策、深刻な事故に対する多段階の対策、使用済み燃料プールの安全性強化、航空機テロ対策、電力事業者による「安全性向上の評価」実施と結果の届出・公表などを求めています。

現在、新たな安全対策の基本的な設計が新基準に適合している旨を説明した申請書を規制委員会が審査している段階です。そして改善すべき指摘を受けた電力会社は対応策を盛り込んだ申請書を再提出し、再審査されます。これまでに川内原子力発電所(九州電力)と高浜3・4号機(関西電力)がこの段階を終え、今後、工事計画や運転時の保安規定の妥当性が審査されます。審査会は、2014年10月末までに154回開催されており、審査会の内容や審査資料は規制委員会ホームページで公開されています。

よくご質問をいただくのですが、新規規制基準の水準は国際的に見ても遜色のないレベルであると考えます。もちろん科学技術において絶対安全はあり得ませんが、福島第一原子力発電所のような事故の発生・被害のリスクは大幅に低減できるものと考えています。



事前に寄せられた質問に対して丁寧に解説する山本教授

## 今後の行事予定 詳細・参加希望については、当会ホームページまたはTEL052-223-6616 までお問い合わせください。

講演会 「エネルギーの明日を考える3」 [名古屋本部開催] 主催:中部原子力懇談会 <b>参加費無料</b>			
開催日	場所	演題	講師
平成26年2月11日(水・祝) 13:30~15:30(13:00開場)	名古屋商工会議所 2階ホール	誤解だらけの電力問題 ~自由化・再エネ・脱原発のドイツは理想郷か~	たけうち すみこ 竹内 純子氏【国際環境経済研究所理事・主席研究員】

※受付中

情勢講演会 【名古屋本部開催】 主催:中部原子力懇談会 <b>参加費無料</b>			
開催日	場所	演題	講師
平成26年3月13日(金) 15:00~17:00(14:30開場)	豊橋商工会議所 9階大ホール	誤解だらけの電力問題 ~自由化・再エネ・脱原発のドイツは理想郷か~	たけうち すみこ 竹内 純子氏【国際環境経済研究所理事・主席研究員】

※平成26年1月中旬受付開始