

## 放射線影響の総合的・包括的研究を推進

## - 独法後の中期計画を振り返って -

放射線安全研究センター長  
高橋 千太郎

放射線安全研究センターでは、現中期計画において、2つのプロジェクト研究課題と8つの基盤的研究課題を掲げて研究を進めている。すなわち、一般環境や医療などで受ける低線量放射線への被ばくによる健康影響を明らかにする低線量放射線影響研究、および未来の人類の活動場所である宇宙空間や利用者が急激に伸びている航空機搭乗時における宇宙放射線の計測や影響に関する宇宙放射線防護研究の2課題をプロジェクト的研究として実施している。また、環境中における放射線/放射能のレベルやその防護、放射線が生体に及ぼす様々な影響、放射線による障害の発生とその予防などに関する基礎・基盤的研究を8つの研究課題を掲げて実施している。(図-1)

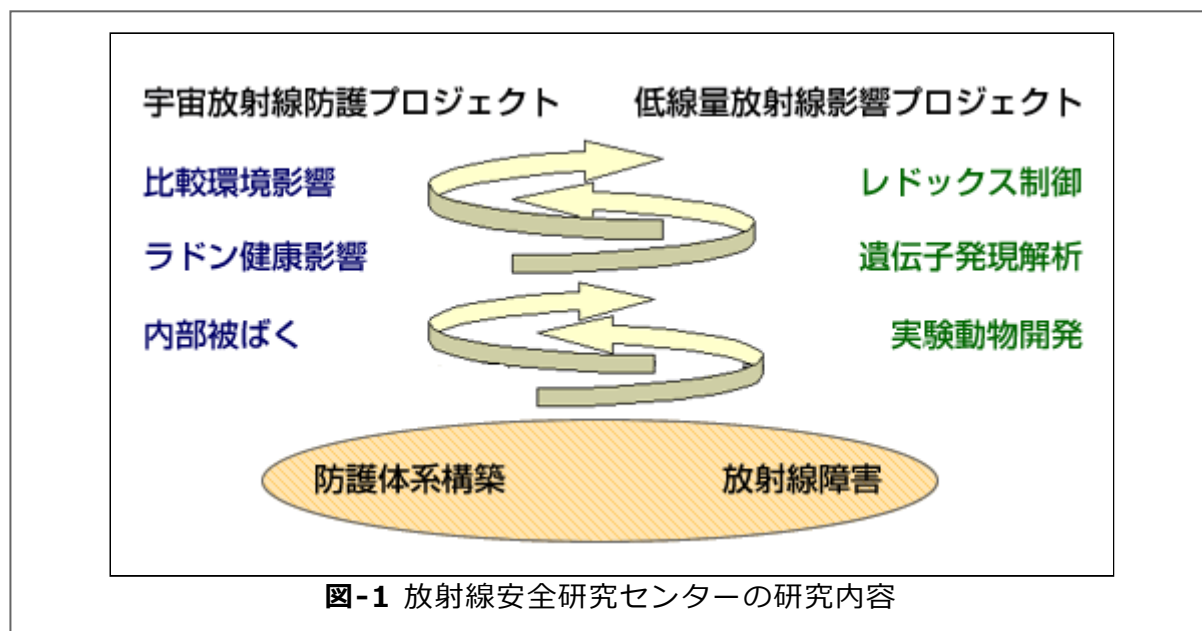


図-1 放射線安全研究センターの研究内容

## ■ 低線量影響や宇宙放射線防護を主テーマに

今回の中期計画では、環境での放射線レベルや放射性物質の動態研究からはじまり、生体への初期作用であるラジカル産成、分子・細胞レベルでの影響を経て、個体での発がんなどの障害研究までを網羅した基礎・基盤的研究を着実に実施しつつ、低線量影響や宇宙放射線防護といった重要問題には達成目標を明確にしたプロジェクト研究で取り組んでいる。

また、研究組織や運営もこれらの各課題に対応して設定されている。このため分子から個体、生態系に至る系統的なアプローチが可能となり、放射線影響に関して総合的、包括的な研究を進めることが可能である。この点が、現中期計画の大きな特徴であり、強みでもある。その結果、各グループの協力関係が良好なこともあり、中期計画は順調に進捗し、原著論文の発表数の増加や特許等の申請件数といった目に見える成果だけでなく、若手研究者の学会賞等の受賞、各種委員会等での当センターの研究者の活躍など、多くの面ですぐれた成果・実績が得られてきていると自負している。

### ■ 新たな発展を予見させる研究もスタート

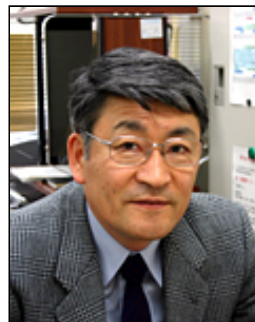
その成果を活用し、センター内の研究協力の輪が広がり、新たな発展を予見させる斬新な研究が立ち上がってきている。一例をあげれば、当研究所で独自に開発された網羅的遺伝子発現解析法(HiCEP法)を活用した、遺伝子発現レベルでの放射線影響解析研究がある。放射線に応答する微少な遺伝子発現の変化を捉えようとした遺伝子発現研究グループの試みは、HiCEP法という新しい研究手法の開発を促し、放射線影響の基礎的な研究から、環境評価のような応用研究に結びつき、さらには、ベンチャー企業による委託業務の開始にまで発展した。

### ■ 次期計画では国民の要請に応える研究を

一方、今回の中期計画の研究課題や組織は、さきに述べたように放射線影響の発現メカニズムを主軸に組み立てられたものであり、科学的で論理的はあるが、やや焦点の定まらない総花的な印象を与えるものであったことは否めない。また、一般の方がもつ疑問や要望に直截的に答えるような研究計画・体制になっていない点も反省すべき材料であると考えている。次期中期計画においては、独法としての存在意義を明確に示すような焦点を絞った研究の実施に留意しつつ、放射線の人体影響に関わる基礎・基盤的な研究の着実な実施と、国民の要請に的確に応え、独法としてのスケールメリットを活かした大規模なプロジェクト的研究を実施することが重要と考えている。

## 三次被ばく医療機関の業務と共に研究を推進

### - 独法後の中期計画を振り返って -

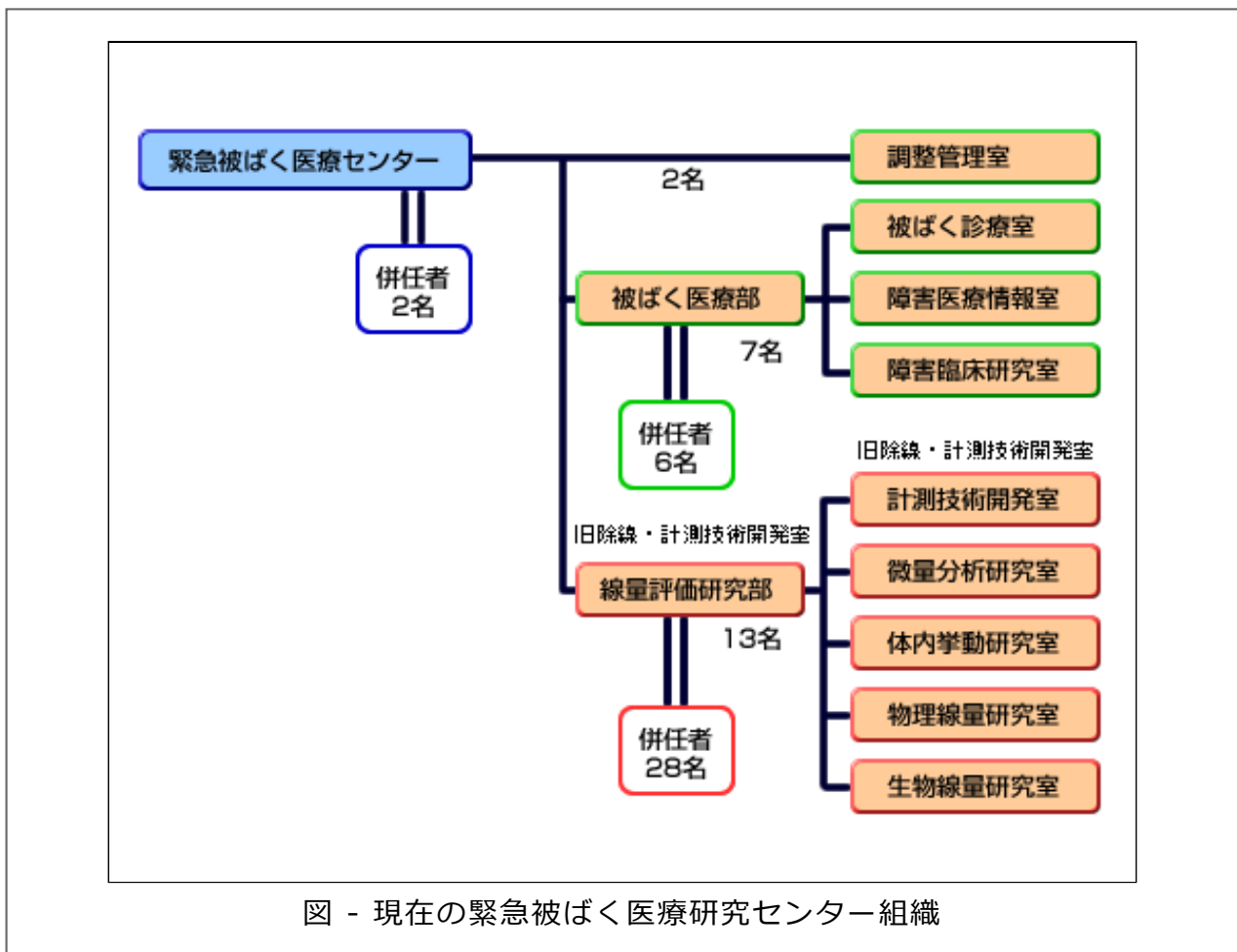


緊急被ばく医療研究センター長  
藤元 憲三

緊急被ばく医療研究センター(旧緊急被ばく医療センター)は研究活動と共に大きな任務、すなわち、国の原子力防災体制の枠組みの中で初期被ばく医療機関、二次被ばく医療機関を支える三次被ばく医療機関としての役割を担っている。この緊急被ばく医療研究センターは独立行政法人化に伴い大きな変貌を遂げてきた。独立行政法人化される以前は三次被ばく医療機関としての役割を放射線障害医療部が中心となり、他の必要な人材を放医研全体に広く求める形態を取っていた。

#### ■ 組織を改編して体制を強化

放医研が独立行政法人としてスタートした2001年にはこの三次被ばく医療機関としての役割を強固に支える体制に改組された。しかし、まだ、線量評価室は総て他のセンターの職員が併任する形態であった。当センターは2003年3月に再度組織を編成し、線量評価研究部も専任の職員を配置し、2研究部、1室で緊急被ばく医療を支える図に示す体制となった。このような組織変遷の中で三次被ばく医療機関としての業務と共に研究活動を推進してきた。



独立行政法人化以前の当研究センターにおいても社会的要請を受け、日本の緊急被ばく医療を支える業務と研究を緊急医療対策総合研究と題する枠組みの中で遂行してきた。この研究は、国の「防災基本計画」に従い、外部の高度専門医療機関と緊急時の被ばく医療のためのネットワークを形成し、治療技術等の情報交換、研究協力や人的交流を進め、原子力災害時の医療体制の充実が図れるように外部の研究者、医療関係者等の参加を得てプロジェクト的研究として実施してきた。その研究課題は(1)緊急時被ばく医療総合研究(2)緊急被ばく医療情報システム、(3)放射線事故治療研究である。この枠組みでは業務と研究を区別すること無く実行してきた。

また、放射線障害医療部として放射線による人体の障害に関する診断と治療に関する研究、緊急時被ばく医療に関する業務、施設・機器等、及び体制の整備も行ってきた。その研究課題は(1)放射線による血液障害を中心とする基礎的及び臨床的研究、(2)放射線による急性障害に対する治療の臨床的・基礎的研究、(3)造血機構及びリンパ系への放射線障害とその治療に関する諸因子の探索に関する研究であった。さらに実態調査として、ビキニ被災者の実態調査とトロトラスト沈着症例に関する実態調査を行ってきた。この実態調査は独立行政法人化による組織改変に関係なく、現在も続けられている。

さきに述べた緊急医療対策総合研究は独立行政法人化した際、緊急被ばく医療に関する研究として放医研の重点研究領域別プロジェクト研究として再出発することとなった。一方、それまで課題の中に含まれていた体制整備に関する内容は原子力災害対応業務として分離され、この業務は新たに設置された調整管理室において管理されることとなった。また、調整管理室では、それまで人材・研究基盤業務の一環として行われてきた緊急被ばく医療セミナーと緊急被ばく救護訓練課程を、さらには各地で開催される講習会・訓練についても掌握することとなった。

## ■ 医療機関としての業務と研究活動の有機的な融合が課題に

この緊急被ばく医療に関する研究は放射線安全研究センターの研究員の協力を得て、緊急被ばく医療研究センターが予算を管理するプロジェクト研究として推進してきた。この研究を行うプロジェクトの枠組みはさらに2004年4月から改組され、これまでとは異なる財源で、研究協力者、研究課題も拡大する形で遂行されることとなった。

放医研の研究はこれまでさまざまな風にさらされながら、例えば「ノーベル賞受賞者を輩出できる研究活動を行え」という号令や、「研究者の自由を追求すべきである」との主張など、研究所外部、内部におけるさまざまな意見の下に研究活動が行われて来ている。その中であって、特に当研究センターは、三次被ばく医療機関としての責務を全うするための業務と、それを支える研究活動の両者を有機的に融合した形で、しかも、研究者個人のやる気を引き出すように実行してゆく工夫が必要である。

## 重粒子線治療の普及を目指した研究を推進

### - 独法後の中期計画を振り返って -



重粒子医科学センター長  
辻井 博彦

重粒子医科学センターの4年間はいろいろなことがあった。なかでも、重粒子線治療が厚生労働省より高度先進医療として承認されたことは大きな収穫であった。また、小型加速器の要素技術の開発や、4次元CT装置、超高磁場MRI装置、次世代PET装置の開発、およびPETによる分子イメージング研究等々で見べき成果が得られた。以下、当センターの成果を網羅的に紹介する。

#### ■ HIMACの利用と機器開発

2003年度10月、重粒子線治療は厚生労働省より「固形がんに対する重粒子線治療」という名称で高度先進医療の承認が得られた。このことは、重粒子線治療が開始以来10年の歳月を経てようやく一般医療の仲間入りを果たしたことを意味し、感慨深いものがある。翌年、これに花を添えるかたちで「HIMAC10周年記念行事」が行われた。患者数は右肩上がりに増加してきたが、(図-1)、これは照射法がほぼ確立されたことに加えて、一人当たりの治療回数が平均13回と大幅に短縮されたことによる。2005年2月の時点で患者数は2,000人以上となり、このうち高度先進医療で治療された患者数は342人である(図-2)。

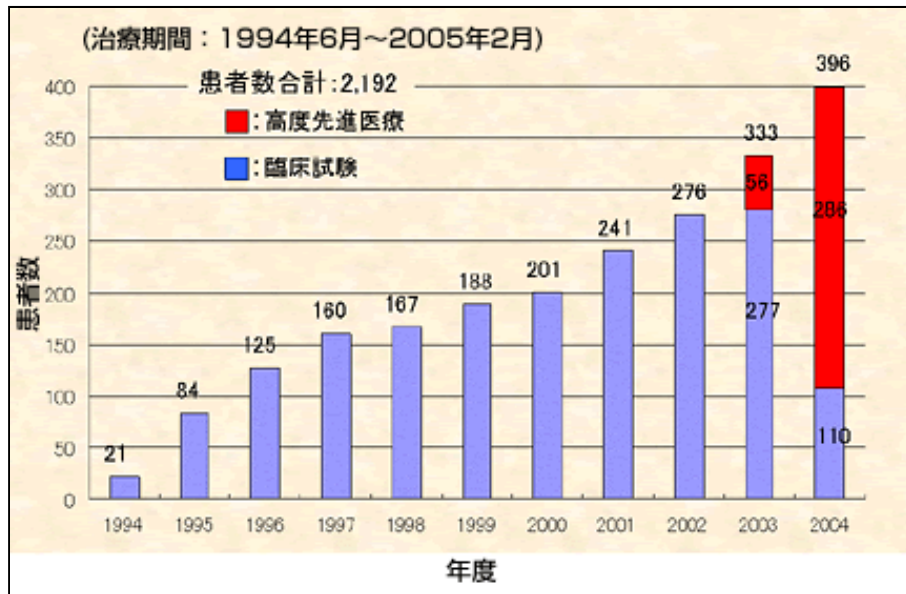


図-1 放医研における重粒子線治療の登録患者数

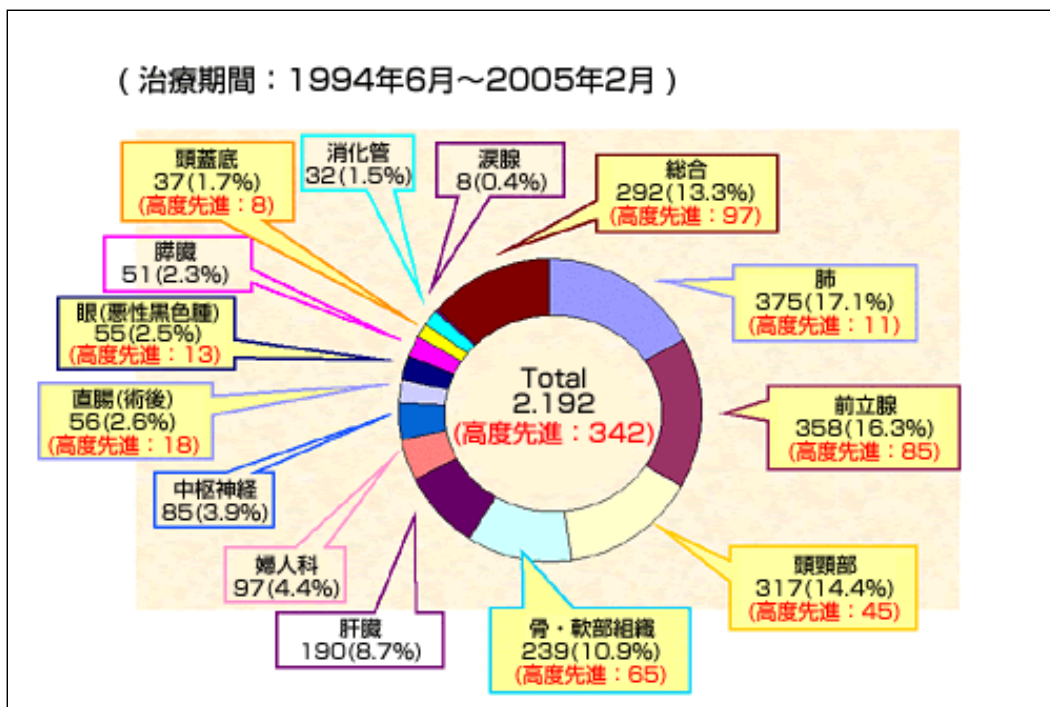


図-2 放医研における重粒子線治療の登録患者数

HIMACは、シンクロトロンリングを2台備え、入射器ビームが直接利用可能で、また陽子からXeまで加速可能であるなど豊富な機能を備えている。そのため、夜間や週末のがん治療を行わない時間帯は、共同利用施設として国内外の研究者に提供されてきた。最近の加速器の運転時間は年間約5,500時間で、毎年500人以上の外部研究者から申請のあった120以上の課題が採択されてきた。これまでHIMACは、ほとんど故障らしいこともなくビーム供給が行われてきたが、HIMACがかなりの大型装置であることを考えると、これだけでも立派な成果といえる。

治療関連の基盤研究では、粒子線治療のためのQAガイドラインの作成や、空間的線量分布の向上を可能にしてくれる積層照射法の開発など、多岐にわたっている。また、GSIのスキャンビームによる線量分布と、HIMACの散乱体方式による線量分布との比較研究

が、物理線量分布曲線やHSG細胞の生存率曲線の比較というかたちで実現した。このデータは今後、両施設の治療成績を比較する上で、非常に有意義な研究である。

重粒子線治療に対する関心は世界的に高まっており、より小型で安価な装置の開発が望まれている。わが国でも、多くの自治体から重粒子線治療の導入に向けて、放医研からの技術・人材支援が求められているが、何にも増して要望が強いのは小型普及型加速器の開発である。こういった背景のもとわれわれは、実際の重粒子ビームを用いて実験を行うための小型リングを設計・設置し、また治療装置の小型化に必要な設計の最適化と要素技術の開発を行った。

## ■ 放射線診断に関する研究

各種診断機器の中でCT技術の進歩は日進月歩であるが、現在、1本のX線ビームに対して複数の検出器で画像採取を行うマルチスライスCTが主流となっている。こういったなかでわれわれが開発を進めている4次元CT装置は、高速コーンビーム(円錐状ビーム)を照射し、2次元検出器で投影データを収集して3次元立体像を再構成、これに時間軸を加えることにより、動く臓器のストップモーション撮影やダイナミック診断などを可能にしてくれる装置である。すでに2号機が導入され、人を対象とした試験を実施するまでになった。なお、独法成果活用事業の一環として4次元ビューアーの開発も行っている。

MRIに関する研究も着実に進んでいる。独法成果活用事業の一環として、生体高分子イメージングや、核磁気共鳴スペクトロスコーピー、超高磁場MRIなどの計測に広く活用できる世界初の自己遮蔽型超伝導磁石を開発した。これは磁場が7T(テスラ)と高磁場で、マグネットの空間の大きさが400mmという大きさを誇り、サルまでの大きさの実験動物の生体内を50 $\mu$ mという分解能で観察することが可能である。

最近、診断機器の高度化に伴い医療被ばくが関心を集めているが、これに拍車をかけたのが、The Lancet(2004年1月31日号)に掲載された論文と、それを報道した新聞記事である。こういった国民の医療被ばくへの不安に対してわれわれは、日本人のCT検査による患者被ばく線量の実態調査に基づき、「患者が被ばくに関する報道記事を読むことにより、受けるべきX線検査を忌避して受けられるはずの健康上の便益を受けないことがあってはならない」との警鐘を鳴らした。



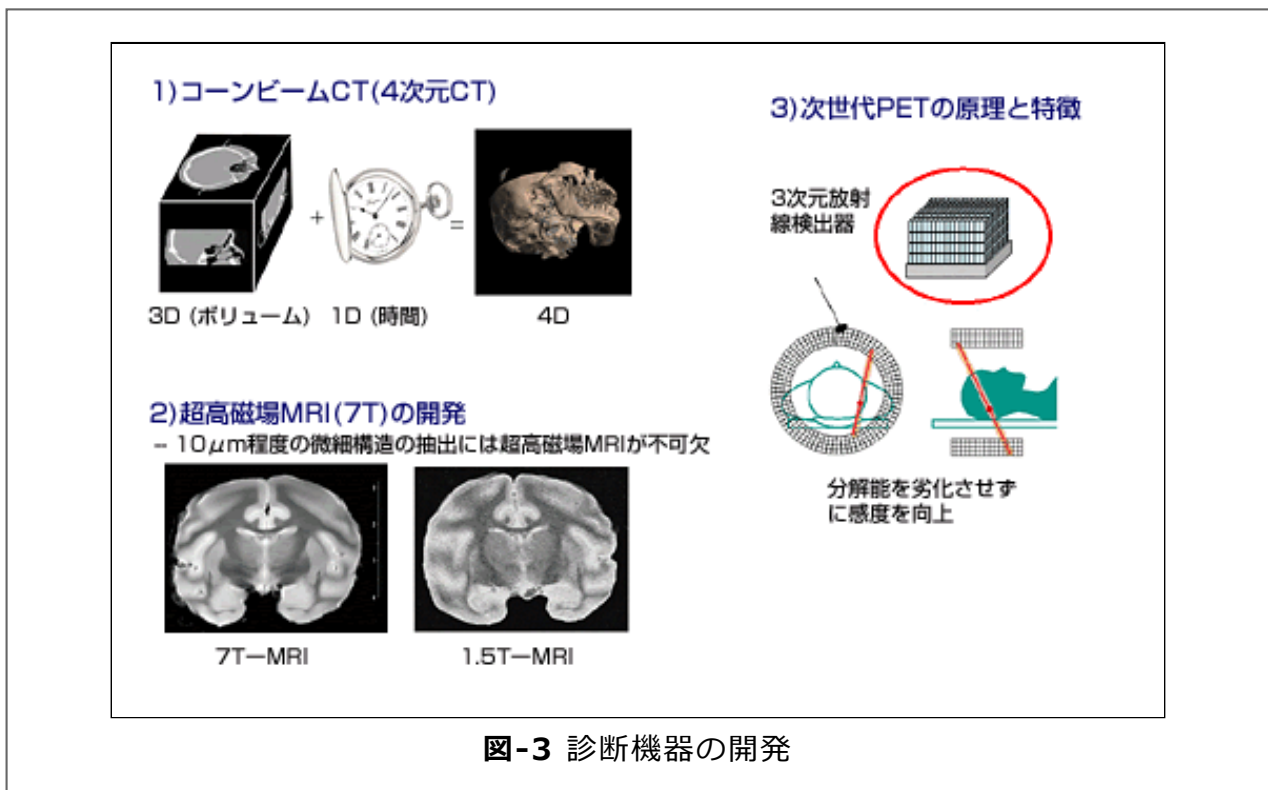


図-3 診断機器の開発

## ■ PET/SPECT関連の研究

国際的なPET開発競争の中でわれわれは、国内メーカーや大学の研究者・技術者と共同で、高感度と高解像度を両立する「3次元放射線検出器」を実装した次世代PET装置を試作、初めて高解像度PETの撮像に成功した。「jPET-D4」と名付けられた本装置は、従来の装置では達成不可能であった3mm以下の解像度と、3倍以上の感度を可能にしてくれる優れたものである。

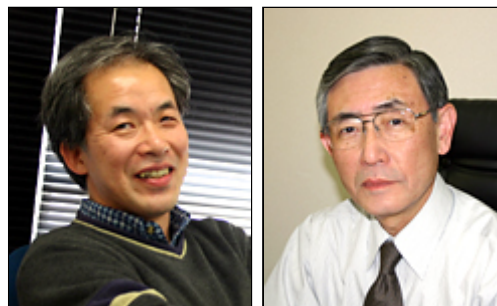
PET/SPECTとNMRの研究では、生体機能を画像化するための分子イメージング法を開発し、その臨床利用を推進した。多様な放射薬剤の製造・合成システムに関しては、汎用型多目的自動合成装置及び制御装置を開発した。また、 $^{18}\text{F}$ 標識化合物の超高比放射能化を行い、新たにいろいろな受容体リガンドやPET薬剤を開発した。臨床研究では、地下鉄サリン事件被害者を対象に、脳内アセチルコリンエステラーゼ活性測定を行い、心的外傷後ストレス症候群(PTSD)の病態解明の可能性を示した。

民間企業からの受託研究の一環として、新しい抗うつ薬(LY248686)の適切な用法・用量を決めるためのPETを用いた治験を実施した。これは、わが国で初めてのPETを用いた本格的な臨床試験である。従来の方法だと、多数の患者に薬を投与し、その血中濃度と薬の効果や副作用の相関性から用法・用量を推測するのであるが、本法ではPETにより薬の占拠率状況等を観察できるので、科学的根拠に基づいた用法・用量の設定が可能となる、画期的な方法である。PET利用により、安全で合理的な薬物療法の進展に大きく貢献することが期待される。

## 放射線感受性遺伝子研究に特化して推進

### - 独法後の中期計画を振り返って -

フロンティア研究センター長 村田 啓  
放射線感受性遺伝子プロジェクトリーダー 今井 高志



ゲノムは生命の設計図であり、生物種としての特徴をその中に読み取ることができる。しかし、同じ種であれば全く同じゲノムを持っているかということ実は非常に多様であって、種を構成する個々の身体的な特徴や、基本的な「体質」と呼ばれるような個性、また病気の罹りやすさや、薬に対する反応性なども個々のゲノムに規定されている。ヒト・ゲノムは2001年に概要が明らかにされ、個人間で異なるがんや生活習慣病などの病気の罹りやすさや、医薬品に対する応答性の違いを説明するゲノム研究が一気に加速された。「患者の身体的負担の少ない放射線治療の実現」を基本的目標のひとつとする放医研においても、放射線治療における個人間の反応性の違いをゲノム科学的に明らかにし、放射線治療における有害反応発症のリスクを予測することを目標とした「放射線感受性遺伝子研究」を開始するため、その研究の場としてフロンティア研究センターが新しく設置された。

本稿では、本センターの設立の経緯及びその制度としての特徴について述べる。放射線感受性遺伝子研究の進捗については、本ニュース2005年1月号よりフロンティア研究情報として紹介しているのでそれらを参照して頂きたい。

#### ■ 日本新生特別枠と放射線感受性遺伝子研究

森首相(2001年)は21世紀の発展基盤を構築し、日本経済の新生を図るため、2002年度予算において「日本新生特別枠」を設け、「高齢者対応」など重要4分野を中心に重点的な予算配分を行うことを決定した。ところで放射線治療は、がんの治療において外科手術に伴う痛みや化学療法に見られる吐き気、気力の低下などの症状も少なく、臓器や機能の温存性に優れ、高いQOL(Quality of life = 治療後の生活の質)が期待されている。

高齢化が進む我が国においては、高齢がん患者の比率が増加中であり、結果的に手術療法あるいは強力な化学療法の適応外となる症例が増加していることから、放射線療法に対する期待は大きい。このような背景のもと、放射線治療における有害反応発症の危険性をゲノムの多様性の解析から明らかにしようとする「放射線感受性遺伝子研究」が高齢化対応のひとつのテーマとして採択された。

#### ■ プロジェクトチームの発足

「放射線感受性遺伝子研究」プロジェクト(以下、本プロジェクト)に特化した研究の場として、具体的到達目標を設定し、分野の異なる専門家を集めた流動的研究組織であるフロ

ンティア研究センターが、2002年4月1日の独立行政法人化と同時に設立された。また、本プロジェクトと研究所内外の他組織との連携を円滑にし、研究を促進する目的でフロンティア研究センター推進室がセンター内に設置された。この体制は放医研が独立行政法人化したことにより理事長の強力なリーダーシップの下、初めて実現することが可能であった。

放射線感受性遺伝子研究を遂行するには、がん治療、放射線生物学、分子遺伝学などの専門を異にする研究員を集結させることが不可欠である。そこで研究所内外に研究スタッフを公募したところ多数の応募があり、数回の審査を経て人的体制を組むことができた。ほとんどのスタッフは毎年更新が必要な非常勤職員である(16年度フロンティア非常勤職員: グループリーダー 1名、主任研究員1名、研究員 4名、テクニカルスタッフ 13名)。

雇用にあたっては「フロンティア研究センター研究員等の俸給支給基準」を作成し、毎年度評価、面談を経て契約更新を行っている。研究活動は、本プロジェクトとして最終年度に結果がひとつにまとまるよう年度計画を立て、各スタッフが年度毎にどのように研究を進めていくか、役割分担を明確にした。

## ■ 助言委員会の設置

本プロジェクトは最初に述べたようにヒト・ゲノムの全塩基配列が解明されたことによって初めて可能になった研究であり、個人の体質と塩基配列の違いとの関係を総合的に解析する全く新しいテーマを掲げている。その遂行には新しい概念、技術の導入が不可欠であり、また放射線治療の現場で効果を上げるために、放射線治療医のニーズにどのように応えるべきか議論していく必要がある。そのため、森田皓三愛知がんセンター名誉院長を委員長とし、ゲノム統計学、分子遺伝学、放射線治療などの専門家からなる「放射線感受性遺伝子プロジェクト助言委員会」を設立した。2003年11月の助言委員会では、長時間の審議の中で、非常に多くの忌憚のない、そして有益かつ力強いご意見、ご助言を頂いた。議事録は70ページにも及ぶ大部のものであり、解析方法に関する詳細なコメントと、「晩期障害の予測に関する研究」「腫瘍の放射線感受性に関する研究」に発展させるよう強い要望がなされている。

## ■ 臨床現場に結びつく次なる研究に向けて

本プロジェクトでは、放射線治療における有害反応発症の危険性を予測可能な遺伝子マーカーを同定することを現中期計画の目的としており、乳癌における皮膚障害、子宮頸癌における腸管障害、前立腺癌における排尿障害などの発症と関連したマーカーの同定、予測スコアリングシステムの構築などが進みつつある。

これまでの成果でもっとも重要な点は、複数の遺伝子上の配列の違いを合わせもつことが、個人の有害反応発症リスクに大きく関わっていることを示せたことにある。すなわち放射線感受性に関わる個人差に遺伝的多因子が関わっていることを塩基配列の違いとして示した。しかしながら、放射線感受性に関する個人差のゲノム科学的研究は緒に付いたばかりで、生命に関わる重篤な有害反応や、数年を経て発症する晩期有害反応に関する遺伝子マーカーの同定と、これら多型による遺伝子機能の解明、さらには治療効果に直接関わる腫瘍の放射線感受性に関する研究など、ゲノム科学的な基礎研究だけではなく、臨床現場に結びつく多くの重要な研究シーズが産まれている。

研究の礎はまさしくフロンティアセンターの設置により築かれた。フロンティアセンター自体は時限付きのセンターであり2005年度を持って終了するが、将来この礎の上にどのような発展的放射線感受性研究が生まれるかが、真の意味での放医研におけるフロンティア研究センター設置の成果となるであろう。

小澤俊彦理事、松本恒弥前企画室長、菱山豊前総括研究企画官をはじめとするフロンティア研究準備委員会の皆様には、フロンティア研究センター設立に多大なご尽力を頂いた。新しい局面に入ったゲノム研究の計画策定とそれを最も効率よく実現できるための全く新しい制度、組織、新たに決まった「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」への対応等、非常に多くの事項について半年以上に渡り周到な準備が行われた。その結果、センター発足と同時に全く新しい研究をスタートさせることができた。この場を借りて感謝の意を表したい。

## 頭の体操

**西武バスに乗るか  
東武バスに乗るか**

私が理化学研究所に勤めている頃、家に帰るのに埼玉病院前と言うバス停から東武東上線の成増駅までバスに乗っていました。この路線には、東武バスと西武バスの2社が運行していました。当時、私は仕事の関係で帰宅時間は全くまちまちで、ランダムな時間に時刻表も見ずにバス停に行き、来たバスに乗っていました。ところが、どうも東武バスに乗る確率の方が西武バスに乗る場合より多いことに気がつきました(これは本当)。本当かどうか知るため、記録をとって見ると東武バスに2回乗ると西武バスに1回乗ると言う結果がでました。そこで運行数が違うと思い時刻表を調べてみると、私の帰る時間帯では西武も東武も1時間に4本のバスを運行していました。なぜ東武バスに乗る確率が西武バスに乗る確率の2倍になったのでしょうか。



(加速物理工学部 藤澤 高志) (答えは[最後のページ](#))

## 緊急被ばく医療研究センターの研究・業務

### ▼ 2月14日(月)「地域三次被ばく医療機関(広島大学)との連携に関する打ち合わせ」を開催

放医研は地域三次被ばく医療機関の広島大学と平成17年度に実施する医療セミナー、地域被ばく医療体制との連携等に関する具体的な打ち合わせが行われた。

### ▼ 2月15日(火)「平成16年度青森県原子力防災訓練救護所要員の事前講習会」

青森県で開催された上記訓練に参加する救護所要員に対して当センター職員が対象者10名に対し救護所活動についての事前講習会及び実習を行った。

### ▼ 2月16日(水)「平成16年度第4回緊急被ばく医療に係る防災訓練のあり方検討委員会」に出席

青森県で開催された原子力防災訓練を当センター職員が視察した後、上記委員会にオブザーバーとして出席し、原子力防災訓練の成果報告書の取りまとめ方針に関する議論に参加した。

### ▼ 2月17日(木)～2月21日(月)IRSNからDr.Marc Benderitterを招聘

2月18日に放医研で開催された緊急被ばく医療ネットワーク会議において「皮膚の放射線症研究」についての講演が行われた。また、2月21日、放医研職員に対して「IRSNにおける皮膚の放射線症の研究」の講演が行われた。

### ▼ 2月18日(金)「緊急被ばく医療ネットワーク会議」を開催

放医研で開催された上記会議で「放射線医学総合研究所における患者受入の基本方針」が決定された。

### ▼ 2月18日(金)「第47回原子力防災対策講座」に講師として参加

日本原子力研究所で開催された上記講座に当センター職員が参加し、「放射線の人体への影響」について講義を行った。

### ▼ 2月23日(水)「平成16年度救急標準課程」に講師として参加

千葉市消防学校で開催された上記教育訓練に当センター職員が参加し、消防学校関係者に対し、「急性放射線障害」に関する講義を行った。

▼ **2月24日(木)「第4回救護所活動講座テキスト検討サブグループ」に委員として出席**

(財)原子力安全技術センターで開催された上記サブグループに当センター職員が出席し、放射線の人体への影響ビデオシナリオの検討を行った。

▼ **2月28日(月)「染色体ネットワーク技術検討会」を開催**

放医研で開催された上記検討会では「標本作製装置とメタフェースファインダーの取り扱いについて」、「異常染色体の判定基準等の検討」について評価検討が行われ、判定基準の基礎情報を取りまとめた。

▼ **2月28日(月)～3月6日(日)「放射線被ばく事故等の国際協力に関するIAEAの会議」に参加**

ベルギー/ブリュッセル、オーストリア/ウィーンで開催された上記会議に明石部長が参加し、核と放射線事故に対するIAEAと米国DOEによる国際援助のための計画作成に当たるワーキンググループの一員として議論した。

▼ **2月28日(月)～3月2日(水)「医療従事者のための緊急被ばく医療セミナー」を開催**

緊急被ばく医療機関の医師・看護師などに対して、被ばくないし汚染を伴う被災者の受入に必要な知識と技術の習得を目的とし、セミナーを開催した。

▼ **3月4日(金)「消防職員を対象とした原子力防災講習会」に講師として参加**

福島県で開催された上記講習会に当センター職員が参加し、双葉地方広域市町村圏連組合消防本部等の消防職員に対し、原子力施設内事故の初動対応、放射線事故時のメンタルヘルスについて講義を行った。

▼ **3月4日(金)「平成16年度第2回緊急被ばく医療対策連絡会議」に出席**

福島市で開催された上記会議に当センター職員が出席し、福島県原子力防災訓練(緊急被ばく医療活動)のアンケート結果および緊急被ばく医療活動マニュアルの見直しに関する報告および議論に参加した。

▼ **3月8日(火)「千葉県原子爆弾被爆者健康管理手当等認定委員会」に委員として出席**

千葉県自治会館で開催された上記委員会に当センター職員が出席し、原子爆弾被爆者に対する健康管理手当等の審査を行った。

(緊急被ばく医療研究センター 調整管理室)

## お知らせ

## ジャーナルに紹介された放医研・研究者の発表論文(共著も含む)

発表原著論文のうち1月～2月ジャーナルに掲載された論文は以下のとおりです。

タイトル	発表者	ジャーナル	巻	頁	年
Production possibility of <sup>61</sup> Cu using proton induced nuclear reactinos on zinc for PET studies	Szelecsenyi Ferenc,Zoltan Kovacs,Kazutoshi Suzuki,Kazuhiro Okada,T.n.van Der Walt	Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B	263	539-546	2004
Development of a multi-channel waveform sampling ASIC for animal PET with DOI information	Yeom Jung,Hiroyuki Takahashi,Takaaki Ishizu,Masaharu Nakazawa,Hideo Murayama	Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section A	A525	221-224	2004
Immunohistochemical Study of Cell Cycle-Associated Proteins in Adenocarcinoma of The Uterine Cervix Treated with Radiotherapy Alone : P53 Status has a Storng Impact on Prognosis	Yoshiyuki Suzuki,Takashi Nakano,Shingo Kato,Tatsuya Ohno,Hirohiko Tsujii,Kuniyuki Oka	International Journal of Radiation Oncology Biology Physics	60	231-236	2004
Long-Term Results of High-Dose-Rate Intracavitary Brachytherapy for Squamous Cell Carcinoma of the Uterine Cervix.	Takashi Nakano,Shingo Kato,Tatsuya Ohno,Hirohiko Tsujii,Shinichirou Satou,Kenjirou Fukuhisa,Tatsuo Arai	Cancer	103	92-101	2004
CT-fluoroscopy guided interstitial brachytherapy with image-based treatment planning for unresectable	Hideyuki Sakurai,Norio Mitsuhashi,Koichi Harashima,Hitoshi Ishikawa,Takashi Nakano,et.al	Brachytherapy	3	222-230	2004



locally recurrent  
rectal carcinoma

Induced Radioactivity in CU Targets Produced by High- Energy Heavy Ions and The Corresponding Estimated Photon Dose Rates	Hiroshi Yashima, Yoshitomo Uwamino, Hiroshi Sugita, Sachiko Ito, Takashi Nakamura, Akifumi Fukumura	Radiation Protection Dosimetry	112	195- 208	2004
Sources of carbon which decrease the specific activity of [ <sup>11</sup> C]CH <sub>3</sub> <sub>1</sub> synthesized by the single pass <sub>12</sub> method	Zhang Ming- rong, Kazutoshi Suzuki	Applied Radiation and Isotopes	62	447- 450	2004
A Study on Radiation Exposure Management for Aircrews	Hiroshi Yasuda, Kazunobu Fujitaka, Shunji Takagi, Satoshi Iwai	Journal of Health Physics	39	345- 351	2004
Range verification system using positron emitting beams for heavy-ion radiotherapy	Yasushi Iseki, Tatsuaki Kanai, Mitsutaka Kanazawa, Atsushi Kitagawa, Hideyuki Mizuno, Takehiro Tomitani, Mitsuru Suda, Eriko Urakabe	Physics in Medicine and Biology	49	3179- 3195	2004
Differences in pO <sub>2</sub> Peaks of a Murine Fibrosarcoma between Carbon-ion and X-ray Irradiation	Takeshi Fukawa, Koji Takematsu, Kotaro Oka, Sachiko Koike, Koichi Ando, Hirosuke Kobayashi, Kazuo Tanishita	Journal of Radiation Research	45	303- 308	2004
Ectopic Neurons in the Hippocampus may be a Cause of Learning Disability after Prenatal Exposure to X-rays in Rats	Nobuhiko Takai, Sun Xue Zhi, Koichi Ando, Kenichi Mishima, Sentaro Takahashi	Journal of Radiation Research	45	563- 569	2004
Effects of long-term orally administered Zn-DTPA and CBMIDA	Satoshi Fukuda, Haruzo	Biomarkers and Environment		000-	2004

on Plutonium-induced cancers and shortening of life span in rats	Iida,Xueming Yan, Yuyuan Xie				
Involvement of Illegitimate V(D)J Recombination or Microhomology-Mediated Nonhomologous End-Joining in the Formation of Intragenic Deletions of the Notch1 Gene in Mouse Thymic Lymphomas	Hideo Tsuji,Hiroko Ishii,Takanori Katsube,Hideki Ukai,Shirou Aizawa,Masahiro Doi,Kyoji Hioki,Toshiaki Ogiu	Cancer Research	64	8882-8890	2004
Effects of CBMIDA and EHBP on removal of uranium and the side effects in rats	Satoshi Fukuda,Haruzo Iida,Xueming Yan,Yuyuan Xie	Biomarkers and Environment		000-	2004
Analysis of Small Amount of $^{13}\text{C}$ -Carbon Deoxide by Infrared Absorption Method	Kei Yanagisawa,Hiroshi Takeda,Kiriko Miyamoto,Shoichi Fuma,Nobuyoshi Ishii	Radioisotopes	54	11-14	2004
Water-Accelerated Radical-Scavenging Reaction of (+)-Catechin in an Aprotic Medium	Ikuo Nakanishi,Tomonori Kawashima,Kiyoshi Fukuhara,Hideko Kanazawa,Haruhiro Okuda,Shunichi Fukuzumi,Toshihiko Ozawa,Nobuo Ikota	ITE Letters on Batteries, New Technologies & Medicine	5	585-588	2004
An apparatus for measuring the energy and angular distribution of secondary electrons emitted from water vapor by fast heavy-ion impact	Daisuke Ohsawa,Hidetaka Kawauchi,Masataka Hirabayashi,Yuki Okada,Toshihiro Honma,Akio Higashi,Shigeru Amano,Yoshinori Hashimoto,Fuminori Soga,Yukio Satou	Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B	227	431-449	2004
Improvement of the yield of highly charged ions by a gas-pulsing	Tomohiro Miyata,Tomohiro Miyoshi,Tetsuya Sakuma,Mitsugu	Review of Scientific Instruments	75	1863-1865	2004

technique and the current status of the NIRS Penning source	Yamamoto,Atsushi Kitagawa,Masayuki Muramatsu,Yukio Satou			
New technique to trace [ <sup>15</sup> O]water uptake in a living plant with an imaging plate and a BGO detector system	Kazutoshi Suzuki,Keitaro Tanoi,Junko Hojo,Tomoko Nakanishi	Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	263 547- 552	2004

**お知らせ**

**一般公開  
みんなで探検!! 放射線の世界**

**場所** 放射線医学総合研究所

**日時** 平成17年4月24日(日) 10:00～17:00

## お知らせ

## 海外からの来所者

## 平成16年12月～平成17年3月

来所期間/用務	氏名	所属	国籍
<b>局所進行消化器がんに対する放射線化学療法に関する研究</b>			
H16年12月19日～ H17年3月24日	Hoang, Trong Tung	ベトナム 国立がん研究所	ベトナム
<b>最新の放射線治療及びカロリンスカ大学での重イオン線治療施設建設に関する講演</b>			
H16年12月7日 ～ 8日	Anders Brahme	スウェーデン カロリンスカ 研究所	スウェーデン
<b>宇宙放射線環境における宇宙放射線被ばく防護に関する共同研究を行う</b>			
H16年12月19日 ～23日	Vyacheslav A. Shurshakov	ロシア生物医学研究所	ロシア
	Tatiana N. Agaptseva	〃	〃
<b>施設見学・研究打合せ</b>			
H16年12月6日	Jeff Michalski	ワシントン大学	米国
	Jeffrey Bradley	〃	〃
	Paul Sokol	インディアナ大学	〃
<b>施設見学</b>			
H16年12月22日	Lee Min	Aum & Lee 建築事務所	韓国
	Seo Dae-Kook	〃	〃
	Kim Yeong Chan	〃	〃
	Bang Yun-Sang	〃	〃
	Huh Eun-Young	〃	〃
	Woo Yunsik	〃	〃
	Hwang Heon- Sang	Samoo総合エンジニアリン グコンサルタント会社	〃
	Yun Joung- Hyun	〃	〃
	Lee Song-Woo	Woowon M&E会社	〃
<b>KIRAMS/NIRS 緊急被ばく医療のためのセミナー</b>			
H17年1月11日 ～13日	Lim, Sang Moo	韓国原子力医学院(KIRAMS)	韓国
	Yang, Kwang	〃	〃

Mo		
Yang, Sung Hyun	"	"
Cheon, Gi Jeong	"	"
Cho, Seong Jin	"	"
Ma, Kum Hun	"	"
Ahn, Hee Yong	ソウル大学病院	"
Yang, Young Ran	"	"
Lee Kyu Chan	韓国 Gachon 医科大学 Gil 医療センター	"
Hwang, Kyung Hoon	"	"
Yoon, Seok Nam	Ajou大学病院	"
Jeong Byung Gon	"	"
Cho, Moon June	Chungnam 国立大学病院	"
Kim, Seong Min	"	"
Park, Haeng Ju	"	"
Jun, Haeng Man	"	"
Lee, Ji Ho	Ulsan 大学病院	"
Park, Tae Ho	Pusan 国立大学病院	"
Woo, Dong Uck	"	"
Bae, Jin Ho	Kyungpook 国立大学病院	"
Kay, Chul Seung	Halla 総合病院	"
Kang, Ki Mun	Gyeongsang 国立大学病院	"
Koong, Sung Soo	Chungbuk 国立大学病院	"
Jun, Young Hee	韓国科学技術庁	"

#### イラン高自然放射線地域住民の染色体調査に関する共同研究

H17年1月24日 ～3月19日	Mehdi Jafar Ahmadpoor	イラン原子力機構	イラン
---------------------	--------------------------	----------	-----

## TOPICS

## 粒子線の生物効果に関する研究で 安藤興一さんが平成16年度 放射線影響研究功績賞を受賞

本賞は、(財)放射線影響協会が生物、環境への放射線影響及び放射線の利用分野において優れた業績を上げた研究者と将来が嘱望される研究者に対し授与するもので、日本医学放射線学会長、日本放射線影響学会長及び日本保険物理学会長の推薦による学識経験者からなる選考委員会で選考され、平成16年度(第5回)は、研究功績賞1名、奨励賞2名を顕彰している。

安藤興一さん(放医研・粒子治療生物研究グループリーダー)は、中性子線、陽子線がん治療の実験腫瘍学的基礎を築くため、分割照射法による放射線効果の時間因子の研究や、増感剤、防護剤などの機序・効果の研究で、中性子線の治療に多大な貢献をしたことが評価された。また、平成6年からは重粒子線がん治療についても生物学的等価線量を理論的かつ実験的に推定、重粒子線の生物学的効果に関する研究では、分割照射による抗腫瘍効果を明らかにし、患者の負担を軽減しながら治療効果を上げる重粒子線治療の確立に貢献したことが、国内外の学会、IAEAなどの国際機関でも高く評価されている。

この賞を機に、放射線の生物影響に関する研究がいちだんと進められることが期待される。

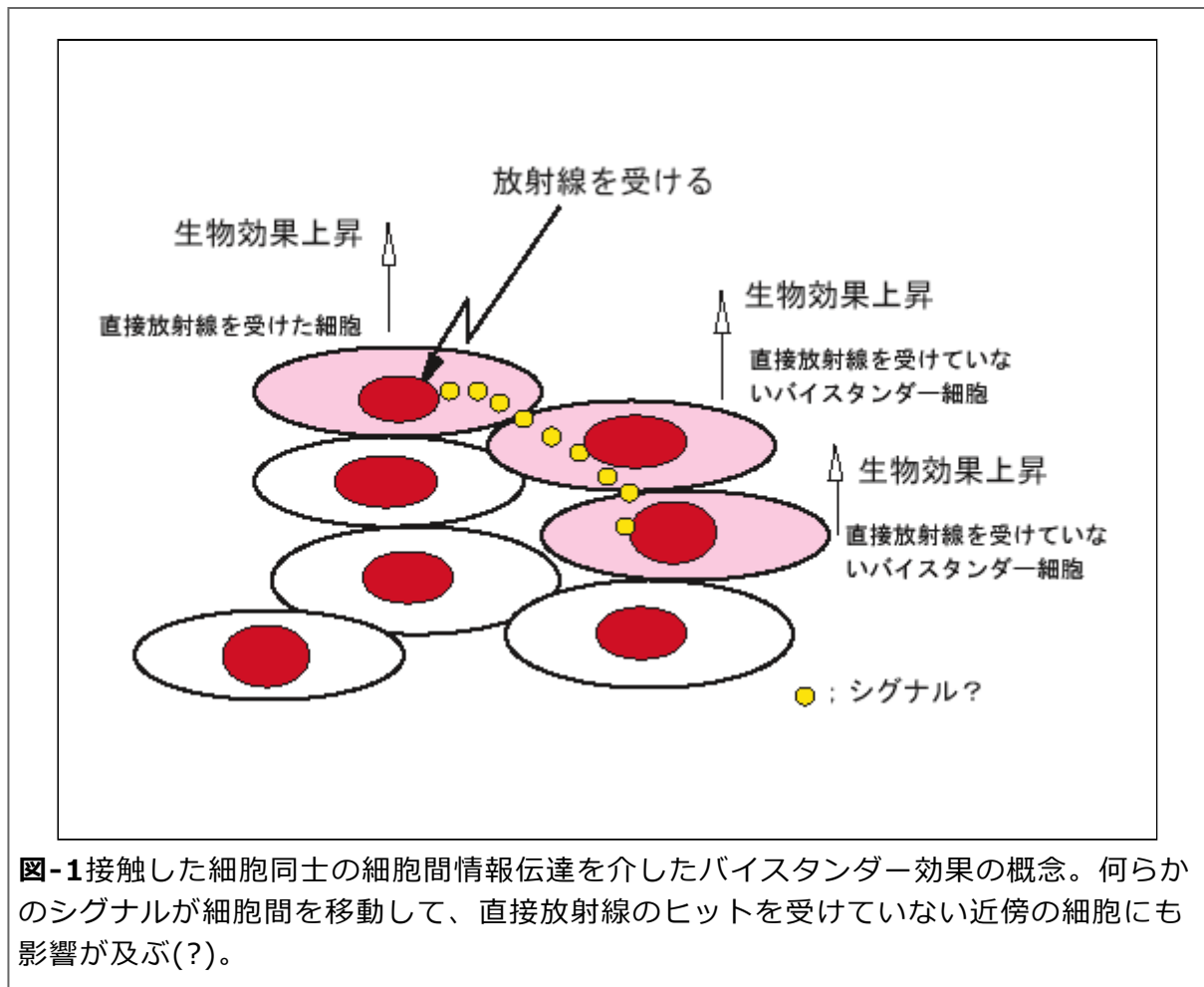


放射線影響研究功績賞を受賞

## 重粒子線のより効果的な照射法を目指して 炭素イオンビームで誘発されるバイスタンダー効果を検証実験

### ■ はじめに

近年、粒子放射線の低密度照射によって、直接粒子線のヒットを受けた細胞がそのストレスに対して“一次的”な応答をした結果、その近傍にある直接粒子線のヒットを受けていない細胞に何らかのメカニズムによって“二次的”な応答が生じ、細胞集団として放射線生物作用を修飾する、とするバイスタンダー効果と呼ばれる現象が、特に低線量放射線生物影響研究の分野で注目されています(図-1)。この現象は、粒子線を含んだ低線量放射線被ばくや重粒子線のがん治療で起こっていると考えられる細胞レベル・分子レベルでの生物応答解明に対して重要な鍵を握るものであると考えます。



バイスタンダー効果を検証する実験法として粒子線マイクロビームを用いることは非常に強力な研究手段の一つです。実際アメリカやイギリスの研究グループから、マイクロビームを用いたバイスタンダー効果に関する興味深い研究成果が報告されてきています。しかしながら、それらは主にヘリウムイオンを用いた研究に限定されており、ヘリウムよりも原子番号の大きな核種のイオンビーム、たとえば放医研でがん治療に適應されている炭素イオンビームを用いて、生物効果のバイスタンダー効果を明確に検証した実験は非常に限られています。そこで我々の研究グループでは、HIMAC中エネルギービ

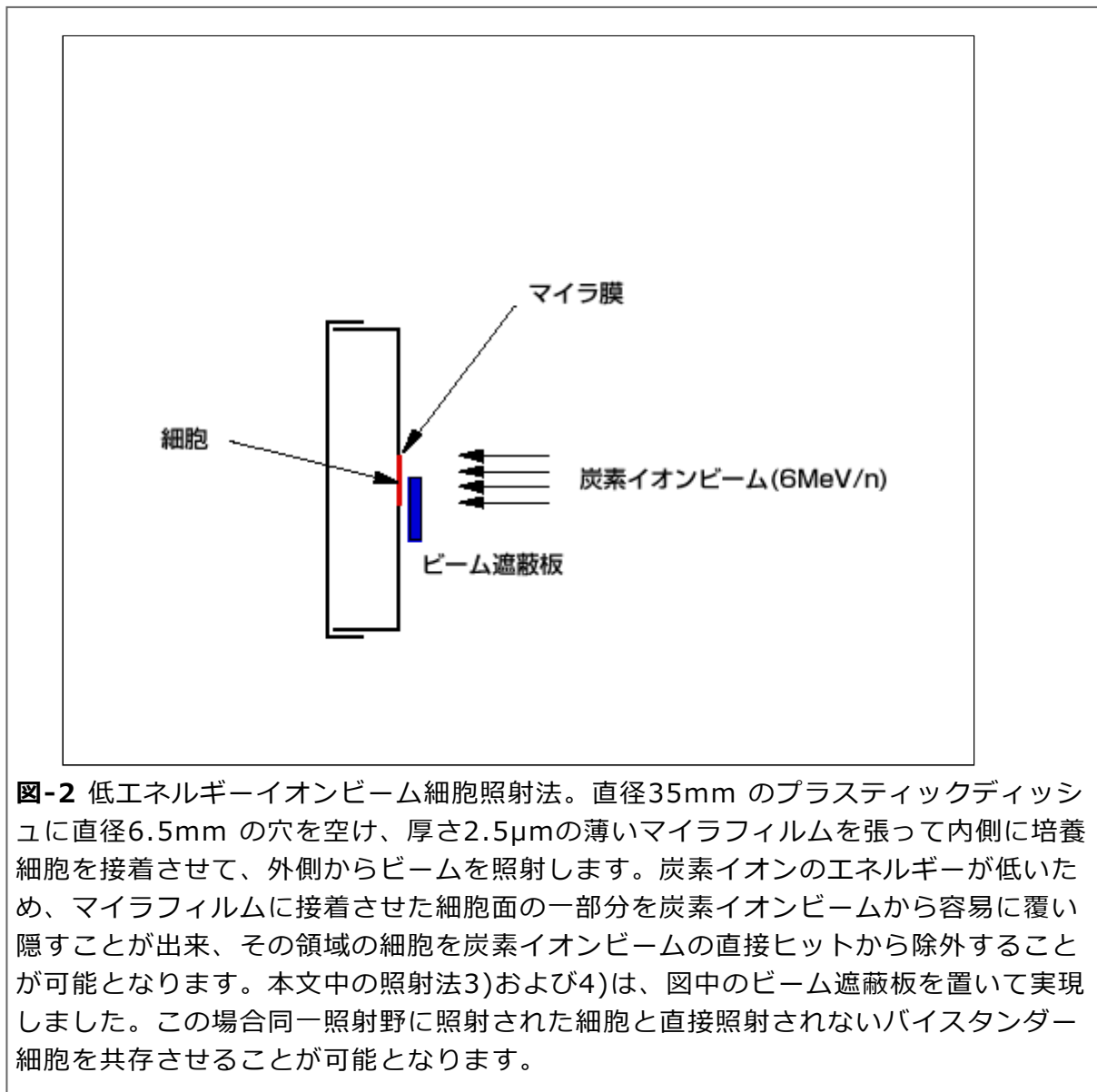


ーム照射室で利用出来る低エネルギー炭素イオンビーム(核子当たり6MeV)を用いて、細胞レベルの生物効果のバイスタンダー効果誘導を検証する実験を進めています。

## ■炭素イオン低密度照射による細胞致死及び突然変異のバイスタンダー効果誘導

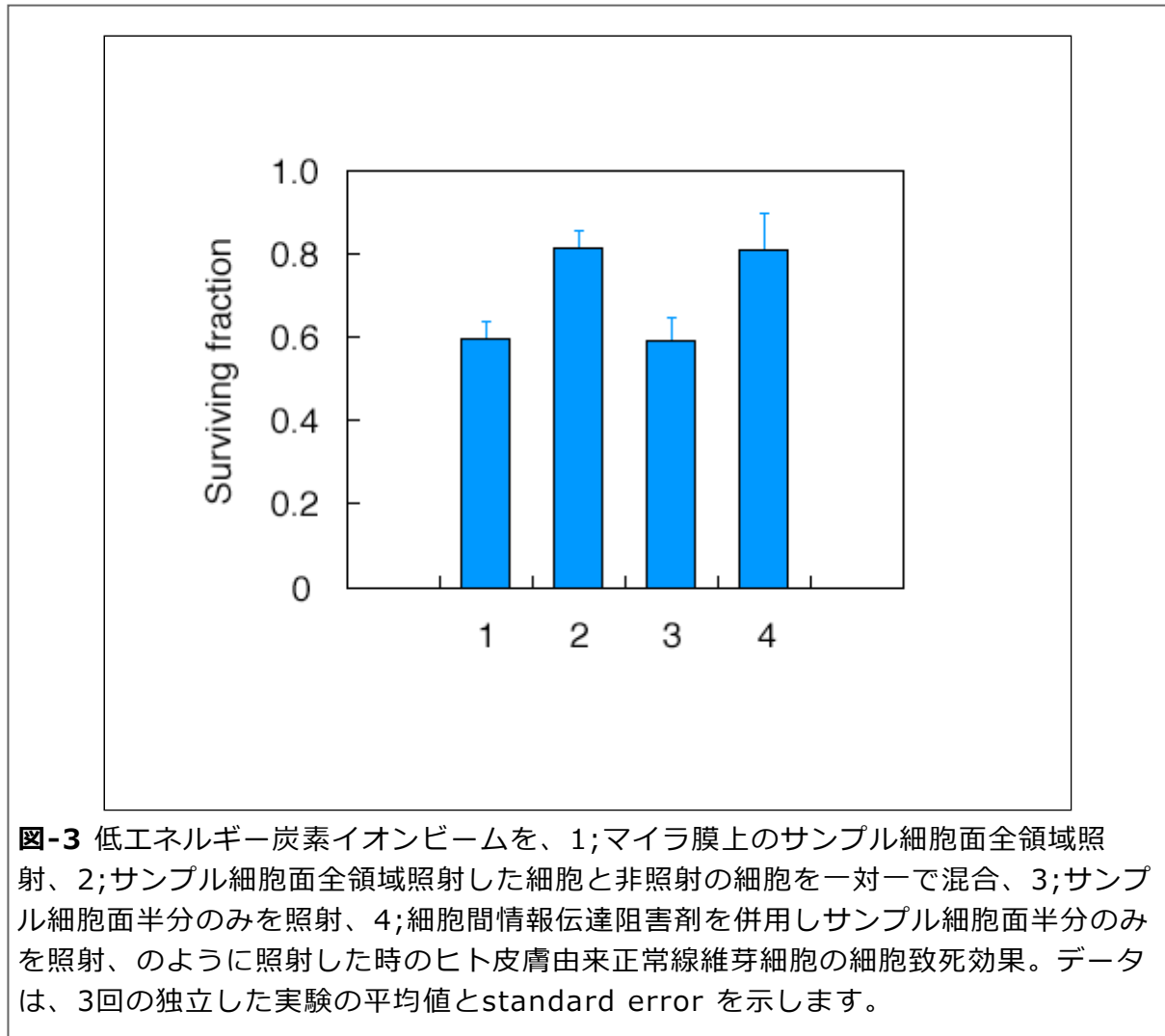
図-2に示したような照射方法で、ヒト皮膚由来正常線維芽細胞における細胞致死とHPRT 遺伝子座を標的とした突然変異誘発を以下に示す照射条件でそれぞれ調べました。

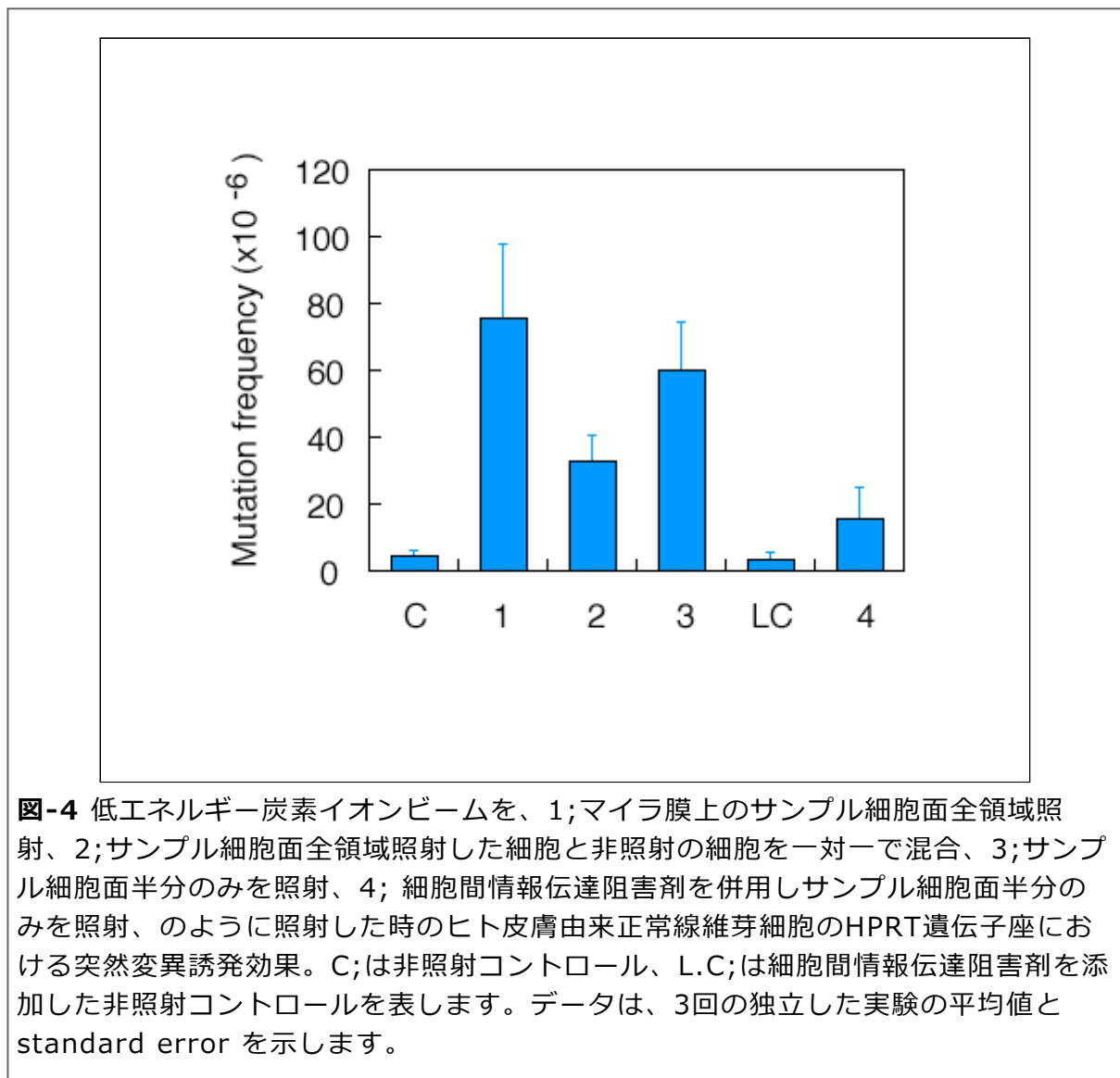
- 1) マイラ膜上の細胞付着面全体に一定数の炭素イオンを照射
- 2) 細胞付着面全体を照射したサンプルと非照射のサンプルを照射後一対一で混合
- 3) ビーム遮蔽板を用いて細胞付着面の半分のみを照射
- 4) 細胞付着面半分のみを照射し、同時に細胞間情報伝達阻害剤を併用



細胞致死効果(図-3)は、1)と3)の条件で細胞生存率がほぼ等しく、2)の条件で前者より有意に高いという結果を得ました。また4)の条件では、3)の条件よりも生存率は上昇し、2)の条件とほぼ等しい生存率を示すことも判りました。一方突然変異誘発効果(図-4)は、細胞致死と同様に3)の条件での誘発頻度が2)の条件よりも高く、細胞間情報伝達阻害剤を併用した4)の条件で誘発頻度が著しく押さえられる結果を得ました。いず

れの場合も、炭素イオンが直接ヒットした細胞のみに照射効果が現れるとするならば、すなわちバイスタンダー効果が存在しないとするならば、マイラ膜上のサンプル細胞面の半分のみを照射した場合の生物効果は、全体を照射したサンプルと非照射のサンプルを一对一で混合した場合のそれと同等になることが容易に想像出来ますが、実験結果はその様にはなりませんでした。





このことは、3)の条件で炭素イオンビームが直接ヒットしていない細胞集団にもヒットされた細胞集団と同様の生物効果が生じており、すなわち炭素イオンビームにおいてもヘリウムイオンマイクロビームで報告された細胞間情報伝達を介した何等かのメカニズムにより誘導されるバイスタンダー効果が起こっているものと考えます。

## ■おわりに

放射線誘発のバイスタンダー効果という現象の解明によって、近接している細胞同士がどのようなやり取りを行っているのか、低線量照射によって直接放射線が当たっていない細胞を含んだ集団にどの程度の放射線影響が現れるのか、などの疑問に一つの回答を与えることが期待されます。さらには、重粒子線が照射される局所においては重粒子線の低密度・不均一照射であると考えられる重粒子線によるがん治療においては、がん細胞への殺傷能力をより強固に誘導し、同時に周囲の正常組織への悪影響をより一層の軽減できるような照射法、あるいはそのような照射法を導くための薬剤との併用法を確立することが可能になる手がかりを与えるものと考えます。

(宇宙放射線防護プロジェクト 鈴木 雅雄、鶴岡 千鶴、安田 仲宏)

## エッセイ・ぱるす NO.41 「はなまる式タイミングダイエット」

- … 88Kgもあった私の体重は、テレビで放映されていた「はなまる式タイミングダイエット法」を試すことで、1年後に75Kgほどになりました。この方法は「はなまるマーケット」という朝のテレビ番組で紹介されたものですが、考案者は現早稲田大学スポーツ科学部の鈴木正成教授です。基本的な考え方は、体温上昇を効果的に行い体内に蓄積した脂肪を燃焼していくということです。そのために必要な食事は逆にしっかり摂るべきであり、全ての食事量をただ減らすことは精神的・肉体的に苦しいだけでなく効率も良くありません。個人個人の生活習慣によって、このダイエット法を実践するための大切なポイントは違うかもしれませんが、私にとっては昼食を軽減することがポイントでした。
- … 人間は寝ている間に体温が低下し、起床後に上昇します。朝の食事は円滑な体温上昇をもたらすための源として必要ですので、卵や肉など大きなエネルギーを取り出すことができる食べ物を摂る必要があります。午前中に体温は定常状態に達しますが、その状態を維持するため昼食ではご飯や麺類などすぐに吸収して燃やせる炭水化物が適します。食べ物を摂取しすぎなければ、体内で燃やせるものが体温維持のために供給されていきますので、これが蓄積した脂肪を減らす大きな原動力になります。適度な運動を行うことも、午前中は体温を高め、定常状態に設定するために、午後は体温の低下を防ぐために大切なことです。
- … 夜の食事は、寝ている間に空腹を感じて快適な睡眠が妨げられるようなものでは良くありません。睡眠は昼の間に蓄積した疲労を取り除き、かつ翌日も円滑な体温調節を行うための整備をもたらす、体内ではそのためのエネルギーが消費されます。従って、朝目覚めるまでに必要な栄養を夜の食事で補給しておくことが必要です。
- … 私はこのテレビ番組を見てから仕出し弁当を昼食として食べていたのをやめ、おにぎりを1個だけ食べることにしました。さすがにそれだけだと夜の食事まで持たないので3時のおやつにカロリーメイトを1袋食べることにしましたが、開始して1、2週間ほどで明らかに体が変化してきたことを体感できました。
- … 脂肪は燃やして減らすというこのダイエット法、いかがでしょうか。詳細については下記URLに記載があります。

<http://www.ne.jp/asahi/haru/kenshoudou/hanamaru01.htm>



昼食は、おむすび一個だけ・・・

(フロンティア研究センター研究員 道川 祐市)

◆ 答え ◆

東武バスがバス停に着いた後5分後に西武バスが到着し、その後10分後に次の東武バスが到着し、さらに5分後西武バスが到着する、その10分後に東武バスが到着する……。そうすると、東武バスに乗る確率は、10分間/15分間となり、西武バスに乗る確率は5分間/15分間となります。結果、東武に乗る確率と西武に乗る確率は、2:1になる。

[ 注 ]

今回の話は設定を変え幾つかの本に載っていますので知っていた人も多いと思います。その中で私の知っている最も古い物は有名な寺田寅彦が大正11年に雑誌思想に発表した「電車の混雑について」と言う随筆です。

なお今回は、内容を単純化するため私が適当に設定を変えたので、この話は原文の趣旨とかなり違うものになっています。原文は下記の本に編集されています。

(種本:小宮豊隆 編集「寺田寅彦随筆集 2巻」岩波文庫。)