

研究レポート

<放医研の診療情報システム…2>
動き出した第2段階のHIS



坂下 邦雄 氏



砂岡 正良 氏

一般にオーダーシステムと呼ばれるこれまでの医事会計システムは、放射線治療にはなじまない。このため放医研では独自の医療情報システムとしてHIS(Hospital Information System)を開発した。現在は第2段階のHISが始動したばかりだが、診察と医事会計情報に治療情報を合体させる第3段階のシステム構築に向けて、すでに準備が進められている。前回に引き続き、今回はHISの経緯及び現状と今後の展望についてレポートする。

重粒子医科学センター病院 診療放射線技師室
室長 坂下 邦雄
主任 診療放射線技師 砂岡 正良

■ 放射線治療に適した医療情報システムが必要

これまでの医療情報システムであるHISは、一般的にはオーダーシステムと呼ばれており、大きな病院ではかなり高い確率で導入されています。もともとHISは医事会計システムをベースにしており、伝票を会計で計算し、診療報酬を請求するためのシステムでした。当初は手作業であった医事会計業務も、病院の規模が大きくなるにつれて困難になり、コンピューター化、ネットワーク化により医療行為を行った箇所で発生源入力し、データを送信することによって自動的に計算できるようになったわけです。

放医研でも6年ほど前に最初に導入しました。診療、検査、投薬などといった病院が一般的に持っている機能が中心になっています。しかし、放射線治療は特殊で毎日少しずつ放射線を当てるといような治療は、他の治療行為の中に例が見られませんでした。従来は、1日1回の照射を1オーダーとしているため、最初の診察で30回分のオーダーを出す場合、オーダーの処理作業が煩雑になるため、オーダー形式の検討が望まれていました。

一方、ここ10年～15年で治療機器が急速に発達するとともに、IT化によって高精度のデータ管理ができるようになりましたが、治療機器の周辺に制御用コンピューターがあるにもかかわらず、オーダーシステムとはまったくリンクしていませんでした。このため、オーダーの形式を変えると同時に、治療機器の制御用コンピューター

ターとリンクできるオーダー形式にすることの2つが大きな目標になっていました。

■治療システムという中間サーバで問題を解決

今回構築した第2段階のHISは、オーダー形式を実態に即した形に変更し、将来的に治療機器とのリンクに対応できることを前提に、シンプルかつ十分な機能をもったシステムを構築しました。

従来のオーダーシステムを変更するにあたっての大きな違いは、放射線治療機器とオーダーシステムの中間的存在として、放射線治療システムのサーバを設定し、他のシステムと将来的にリンクしていくための布石としたことです。

これによって、従来1回の治療ごとに出していたオーダーを、一連の治療を一括してオーダーできるように変更しています。具体的に言うと、まず治療開始日を予約し、たとえば1単位の治療が30回の照射であれば、そのトータルの治療回数の情報を治療システムサーバに送信することで、オーダー処理が完了できるようにしています。従来は診察側から、「何日の何時に何回目の放射線治療をしてください」といったオーダーを出していましたが、この仕組みでは、1単位の治療オーダーを基にサーバが治療日数分の日時を自動的に割り付け、治療側にそのスケジュールを配信するといった機能を持たせています。このスケジュールに基づいて行われた治療データは、治療システムサーバで治療1回単位の伝票データとして送信されます。

つまり、放射線治療に関わるオーダーと医事会計に関わるオーダーの掌握単位の違いを、治療システムという中間サーバによって、両者の要望単位にディストリビュートするわけです。

また、治療システムのスケジュールに従って放射線治療が行われることにより、治療情報がサーバに蓄積されていくことで、将来的にデータベースとリンクして有効な資料になっていくことが期待されます。さらに、このシステムの導入により、従来は人手を使って行っていたことが合理的に処理できるようになるため、より効率的な治療ができるようになり、ニーズ増加への対応が可能となります。

■第3段階への移行を目指して準備を推進

将来の発展構想としては、現在のシステムと治療機器側とのリンクを考えています。現在、サーバの通信プロトコルにはFTPを採用することで、治療機器側との汎用性が非常に高くなっており、将来的にネットワークを使って治療機器側と接続する計画です。

現状では治療系は閉じたネットワークになっていますが、治療システムの持っているスケジュールを基にコントロールすることで、いつどこで治療機器を使うかというパラメーターを附加することまでコントロールが可能です。具体的には、たとえば外部放射線治療の場合、患者のID及び個人情報はもちろん、主治医、治療対象病

名、治療日、治療回数、線源、ガントリー角度、照射野、ターゲットの線量などのパラメーターがあげられます。

現在、ほとんどの治療機器がコンピューターで制御されており、治療機器自体が実施情報を持っています。この実施情報が治療システムとリンクされると実施情報が自動的に蓄えられ、より詳細なデータベースが構築されていきます。現状は医療法との絡みもあり、手書きの指示書が回っていきませんが、将来的には電子化していき、最終的には電子カルテに対応できるようにしていきたいと考えています。

また、オーダーシステムから停止情報などを送信可能にすることで、医療事故を防ぐことにもつながります。さらに、将来的にはHISのデータベースを多数の施設と統一化を図ることで、他の施設と比較検討することや日本全体の治療成績のデータベース化などに対応していけるだろうと考えています。

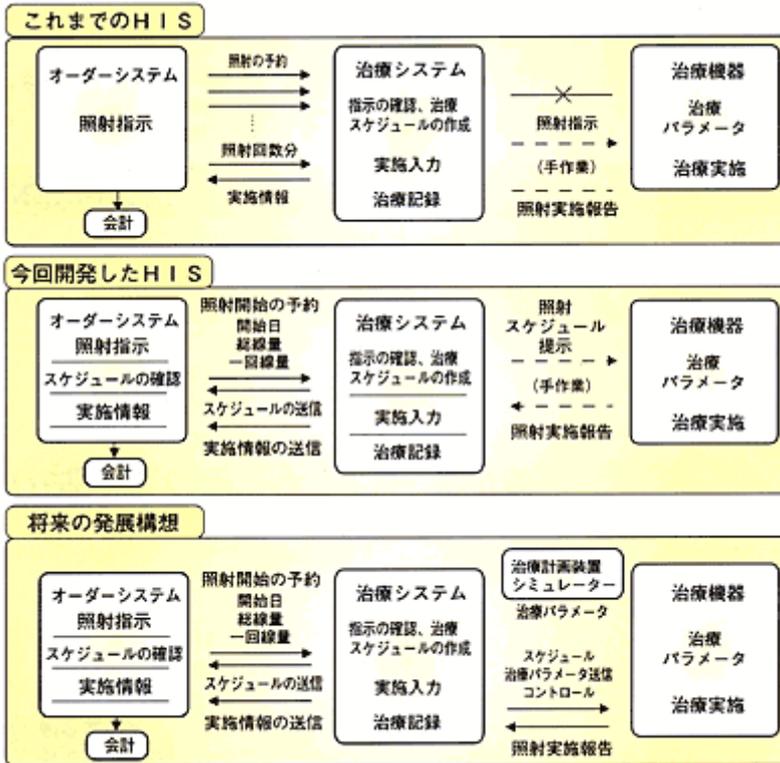
こうした将来構想を実現していくために、送信されるデータをコンパクトかつシンプルにして送信速度を上げることや、ファイル形式も含めた独自フォーマットの開発も検討しています。また、サーバ内の情報は、医療関係のフォーマットであるDICOM-RTを使用しています。このDICOM-RTに治療情報を附加して世界中で標準化しようという動きがあり、この形式で規格化しておくことで将来的に医療機器とのリンク時に対応できるようにしています。

このDICOM-RTという標準フォーマットは、画像データにも対応しているため、将来的には蓄えられたデータベースに画像情報を加えることで、さらに大きく有効なデータベースを構築し、診断治療を効率的に行っていくと思います。ただ、画像情報に関しては第3段階での対応になると思います。

一方、治療機器は、照射の形態や角度、照射線量といったことが、すべてコンピューターで制御されています。それらの治療データを取り出すことはできますが、独自のフォーマットになってしまうため、データコンバートしないでサーバーに送信できるようにすることが課題となります。治療機器にはたくさんのデータが蓄積されているため、これを利用することは、非常に有効だと考えています。

将来の発展構想としては、3～4年先に第3段階への移行を目指していきたいと考えていますが、そのためには個人で使っているパソコン上で、プログラムやユニットを開発するなど、いろいろなパターンを想定したパイロットテストを進めていきたいと考えています。

患者のデータには個人差があり、病歴や症状、進行具合などがそれぞれ違うため、共通部分を判断するにはできる限り多くのデータが必要となります。また、一方では、患者のデータ項目に関して、担当医師によって内容が異なってくるため、全体の意志の統一化も大きな課題となります。このため、こうした新たなシステムの構築では、できる限り汎用性の高い形式で構築していくことが重要になってきます。



HIS (Hospital Information System) 開発の変遷

組織紹介

海洋における放射性物質の変動とメカニズム 環境汚染評価の研究に取り組む – 那珂湊支所

放射線医学総合研究所・那珂湊支所は、放医研の唯一の支所として茨城県ひたちなか市(旧那珂湊市)に設置されている。同支所の歴史は、1957年に設置された東海支所の附置施設として68年に那珂湊市に臨海実験場が置かれたことに始まる。その後、75年に那珂湊支所となり、また、96年の組織改正により那珂湊放射生態学研究センター、そして本年4月からの独立行政法人への移行により、放射線安全研究センターの1組織として那珂湊支所と位置づけられ、環境基盤研究「環境放射線の防護体系構築に関する研究」の一翼を担うこととなった。この間、環境放射能、特に海洋放射能安全研究における中心的な役割を果たすことで、原子力の平和利用推進を側面から支援してきた。今回はこの那珂湊支所を紹介する。

那珂湊支所の研究は、環境中の様々な放射線源のうちでも沿岸立地する原子力施設から放出される、あるいはその可能性のある放射線物質にとくに着目し、その放射線学的諸影響(radiological impacts)を推測評価することに最も大きな関心を払っています。また、海洋中での放射性核種の分布・挙動を調べることにより海洋中における地球温暖化物質(二酸化炭素)等の物質循環に関する課題にも貢献しています。

放射線防護体系構築研究グループでは様々な環境放射線源に起因する人体に対する影響を評価し、放射線防護の高度化を図ることを目的としています。このためには環境放射線源や環境移行について、そして人体の被ばく態様等について詳細な情報を得ることが必要ですが、那珂湊支所は海洋を含む水圏環境における放射生態学的な研究を通じて詳細な環境移行情報を提供することを目指しています。

那珂湊支所の研究部門には、第6チームから第8チームの3つの研究チームがあり、現在、9名の常勤職員と5名の非常勤職員で構成しています。第6チームは、「海洋における放射性物質の分布とその変動に関する研究」を課題として海洋試料中の放射性核種分析により海洋中での分布を把握し、とくに ^{239}Pu と ^{240}Pu の弁別等放射性核種の同位体分布を調べ、その変動要因を解析し汚染源の特定や移行経路の推定手法の確立を目指しています。第7研究チームは、「海洋生物による放射性物質の濃縮およびそのメカニズムに関する研究」を課題として、安全評価において非常に重要な水生生物の放射性核種濃縮パラメータの生物学的・生態学的変動要因を明らかにするとともにその推奨値を与えることを目指しています。また海産生物には特定の元素を特異的に濃縮するものがあることが知られていますが、それらの生物を探索し、生体内での生化学的性質や遺伝的性質についても検討を加えます。第8チームは、「海洋における放射性物質の環境汚染評価に関する研究」を課題として、環境汚染評価に関わる放射性物質の海洋移行パラメータの整備と移行修飾因子の定

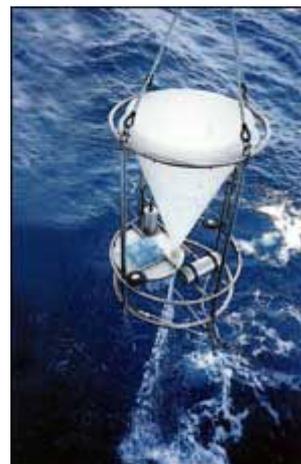
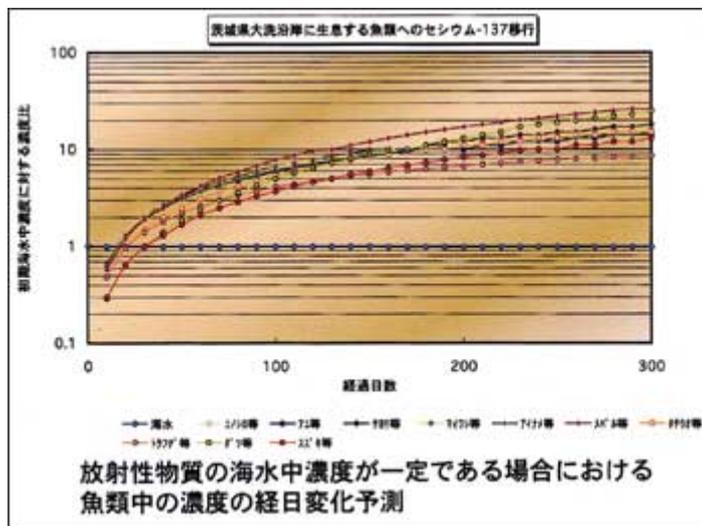
量化とデータベース化を目指しています。また、海洋放射能モニタリングに適用し得る指標生物を探索し、それを利用した沿岸海域のバックグラウンドマップ作成も目指しています。

これらの研究は、洋上でのサンプリング、そのための大量の資材やサンプルの運送、海水の採水、活魚の調達、大量に発生する液体放射性廃棄物の処理処分、地元との間に維持しなければならない関係等研究支援や管理事務があって初めて可能なことといえます。

那珂湊支所ではこれらの膨大な業務を支所長以下、管理課の6名の常勤職員と4名の非常勤職員によって行っています。一人一人に課せられた責任は重く、また担当業務以外の仕事にも関わりを持たなければならない場合もありえますので仕事上の負担はかなりなものとなりますが、将来活躍しうる素地を業務を通して養うことができますので、得るものも大きいということができましよう。

1999年9月30日に東海村のウラン燃料加工施設で臨界事故が発生しました。放医研はわが国で初めて原子力災害で被害を被った方々の医療を担当することとなり、全国民の関心が寄せられたことは記憶に新しいところです。ところで、事故当日、事故が発生した施設から半径10?圏内の住民は屋内待避が要請されました。那珂湊支所は圏外であったため、通常通りの業務を行っておりましたが、ひたちなか市からの要請を受け、10月3日の日曜日まで住民の汚染検査に参加することとなりました。事故後に結ばれた東海NOAH協定に参画しているすべての機関に規模の差はありますが、臨界事故時の放射線防護活動に関与したことはいうまでもないことです。

那珂湊支所はまさに原子力のフロントにいることをあらためて認識せざるを得ない出来事であったといえます。この事故では住民の方々の健康への影響が大変重要な問題となりましたが、他方、茨城県における重要な産業である農業や水産業に風評被害という多大な影響も残すことになりました。原子力と一次産業の共存という問題が再び浮かび上がってきたといえます。事故により原子力に対する信頼が薄れたことはやむを得ないこととしても、放射線や放射能に対する無理解がそれを助長している現実にも遭遇しました。現在まで蓄積してきた放射線医学や放射線生物学、あるいは環境放射能研究の成果は必ずしも国民の原子力や放射線(能)に対する理解を増大してきたとはいえないと言う事実を認識する必要があるそうです。これからの那珂湊支所は、中期計画に沿って放射性物質の海産生物へ移行という“古くて、新しい”問題に新たな視点から取り組もうとしています。



(那珂湊支所 渡部輝久、鈴木直方)

TOPICS

第一回公開講座を終えて

先ず独立行政法人となって初めての一般を対象とした公開講座が、この9月26日(水)放射線医学総合研究所の重粒子治療推進棟の大会議室で開催された。

今回は、病院における医療情報について、医療情報システム開発センター理事長 開原茂允氏による招待講演「病院情報システムの医療への貢献-21世紀社会でのIT活用-」、放医研の特別上席研究員 外山比南子氏の講演「重粒子医科学センター・病院における医療情報システム」が行われた。両講師とも画像を用いて、それぞれの講演テーマについてわかりやすく説明されたので、参加者からは好評で、講演の後の質疑応答も活発であった。

今回の講座を開催するにあたって、広報室では独立行政法人となった放医研の業務を一人でも多くの方に知ってもらうことが重要との認識で、広く一般の方に来て頂けるための方策等について検討し、広報活動を行った。

結果的には、一般からの早い申込みが予想以上に多数で、講座当日は100名を超える参加があり、会場はほぼ満席に近い状況となった。また、参加者からのアンケート結果では、今後の講演に対する意見等や、次回の講座にも参加したいとの声が多数寄せられた。

一方、公開講座を終えた事務局としては反省する点多々あり、今後改善策を検討する。

次回の公開講座は平成14年1月に開催する予定である。



アンケートにお応えありがとうございました

『放医研ニュース』の誌面充実を目的に去る8月、毎月お送りしている読者を対象に、(1)最近の記事の中から興味・関心を持たれたもの、(2)今後どのような分野の研究情報を希望されるかについてアンケートを行いました。予想をはるかに越える回答をいただきありがとうございました。

アンケートでは回答者の89%強の方は必ず目を通す、次に10%の方が時々目を通すと答えられ、ほとんど見ないは、わずか1%以下という大変うれしい回答をいただきました。

次に今後どのような分野の研究情報を希望されるかの問いに対して、環境・生物系を含めた基盤研究が最も多く、次いで2番目は低線量放射線の生体影響研究で、4番目の緊急被ばく医療関係を合わせると、このアンケートの結果でも放射線の人体に与える影響についての関心の高さがうかがえました。また、医療分野に対しても関心が高く、重粒子線によるがん治療関係は3番目で、医療情報、画像診断の高度な分野の研究情報に対しても希望の高いことを知ることができました。なお職域別の希望される研究分野は以下の表のとおりです。

広報室では、今回のアンケート結果を十分に検討し、今後の誌面構成や皆様に役立つ情報、内容の充実に鋭意取り組んで参ります。

今後ともご愛読のほどお願いいたします(広報室)

項目	病院 関係	大学 関係	企業	官公庁	団体	個人	合計
重粒子線治療	9	24	5	5	6	11	60
医療情報	8	11	4	7	5	6	41
フロンティア	3	17	3	5	5	10	43
宇宙放射線	3	22	3	11	7	9	55
基盤研究	5	23	4	16	5	18	71
画像診断	9	13	2	4	2	8	38
物理学	0	5	2	6	2	6	21
低線量・ 生体影響	7	24	5	10	8	17	71
緊急被ばく	5	20	7	11	4	12	59

TOPICS

緊急被ばく医療に関する放医研原子力防災訓練実施

放医研では、2年前に茨城県東海村で発生したウラン加工工場臨界事故(JOC事故)後に構内に設置した場外離着陸場(緊急ヘリポート)を活用した緊急時の訓練を、千葉市消防局の協力を得て、9月28日(金)に実施しました。

当日は、千葉県内の非破壊検査事業所において、作業員1名が放射線器具の点検作業中に放射線源の破損により汚染を伴う事故を被災したとの想定で、本番さながらに訓練を実施しました。

当研究所に初めてヘリコプターによって患者が搬送され、その後受け入れから、汚染検査及び放射性物質による汚染の除去(除染)等一連の過程について迅速に実施できたことで、当研究所の体制について再確認でき、また、消防側においても放射線事故時に救急隊員のとるべき対応について訓練できたことの意義は大きいものと思われま

す。今後も、通常時の防災訓練活動に努め、万が一緊急時の事象が発生した場合にあっても、関係機関と迅速な連携を取りながら円滑な対応活動を行ってまいります。

今回の訓練には、当研究所原子力防災対策本部員等原子力防災活動に関わる職員その他、千葉市消防局員をはじめとする消防関係職員等全体で約160名の方々が参加し、予定した訓練の目的は達成されました。

最後に、今回の訓練が無事に遂行できたことにつきまして、参加及び協力いただいた所内外の関係者の方々に感謝いたします。



産・学・官連携により放医研が進めている共同研究

放医研では産学官が有する研究成果・能力・人材の有効に活用するとともに、産業界のニーズを踏まえた研究開発を行うため、産業界、大学との共同研究、研究者の交流を積極的に進めるなど外部機関との連携強化を図っています。

現在、表の通りさまざまな機関と、放射線安全研究分野から放射線医学利用分野にわたり幅広く共同研究を実施し、活発な研究交流を行っています。

放医研担当部署	共同研究先	研究課題
研究基盤部	財団法人 環境科学技術研究所	環境放射線による生物学的影響、及び環境放射能の挙動・分析等に関する研究
ラドン研究グループ	海上技術安全研究所	ラドン子孫核種の呼吸気道沈着評価
ラドン研究グループ	化研	プルトニウム及びラドンガスの乾式気相除染技術の開発
ラドン研究グループ	(株)シートム	ラドンガスバリア技術の開発
レドックス制御研究グループ	日本電子株式会社 分析機器技術本部 応用研究センター	In vivo ESRによる環境ストレスの無侵襲評価法の開発
レドックス制御研究グループ	中外製薬株式会社	BO-653の放射線防護効果の検討
放射線障害研究グループ	中外製薬株式会社 中央研究所	OK-432の放射線障害の治療に関する基礎的研究
遺伝子発現ネットワーク研究グループ	科学技術振興事業団	アミノ酸変化を伴うDNA多型データベースの構築
上席研究員等	生物系特定産業技術研究推進機構	カイコ全発現遺伝子のDNAチップ作製とその利用の技術開発
上席研究員	農業生物資源研究所	カイコゲノム解析及び低線量放射線の継世代影響解析のための大量DNAシーケンシングシステムの開発
加速器物理工学	東京工業大学原子炉工学	医療用重イオン加速器の高度化研究

部	研究所	
加速器物理工学部	京都大学化学研究所	医療用重イオン加速器の高度化研究
加速器物理工学部	東京大学大学院原子核科学研究センター	医療用重イオン加速器の高度化研究
加速器物理工学部	大阪大学核物理研究センター	医療用重イオン加速器の高度化研究
加速器物理工学部	高エネルギー加速器研究機構	シンクロトロンにおけるビーム大強度化に関する研究
加速器物理工学部	理化学研究所	高速重イオン及びRIイオンの高度化利用化の研究
加速器物理工学部等	国立がんセンター	粒子線治療に係わる共同研究協定書
加速器物理工学部	東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター	医療用重イオン加速器の高度化研究
加速器物理工学部	原研、東大、広島大、京大、高エネ研、阪大、産技研、サイクル機構	小型加速器開発事業(小型陽子・重イオンシンクロトロン及び小型硬X線放射光源の製作
医学物理部等	理化学研究所	重粒子線の医・生物学研究に有用な照射法に関する研究及び物理・生物学的研究
医学物理部等	NTTサイバーソリューション研究所	肺がん検診用CT画像協調読影支援法の研究
医学物理部等	大阪府立成人病センター	肺癌検診のための車両搭載型らせんCTの開発評価に関する研究
医学物理部	浜松ホトニクス株式会社中央研究所	三次元PET用シンチレーション位置検出器に関する研究
医学物理部	日立化成工業(株)筑波開発研究所	三次元PET用シンチレーション位置検出器に関する研究
医学物理部等	学校法人日本医科大学	らせんCTによる集団肺がん検診システムの開発・評価に関する研究
医学物理部等	荒川区がん予防センター	らせんCTによる集団肺がん検診システムの開発・評価に関する研究
医学物理部等	ソニー(株)フロンティアサイエンス研究所	コーンビームCTの臨床的有効性の評価及び新型装置の基礎研究
医学物理部等	財団法人結核予防会千葉県支部	ラセンCT搭載車による小型肺癌発見システムの構築に関する研究

医学物理部	島津製作所	PET装置シュミレーション技術及び画像処理に関する研究
画像医学部	塩野義製薬株式会社 新薬研究所	神経薬理学におけるポジトロンCTの応用
画像医学部	第一化学薬品株式会社 東海研究所	中枢アセチルコリン・エステラーゼ活性測定のためのインビボ・トレーサーの開発と応用
画像医学部	(株)第一ラジオアイソトープ研究所研究センター	中枢アセチルコリン・エステラーゼ活性測定のためのインビボ・トレーサーの開発と応用
画像医学部等	浜松ホトニクス株式会社 中央研究所	動物用ポジトロンCTの基礎および応用研究
粒子線治療生物研究グループ等	日本原子力研究所	細胞に対する重粒子線マイクロビームのダイレクトヒットとバイスタンダー効果
粒子線治療生物研究グループ	財団法人若狭湾エネルギー研究センター	粒子線治療に係わる共同研究協定書
上席研究員	科学技術振興事業団	多様計測による特殊生体機能に関する研究
特別上席研究員	科学技術振興事業団	精神分裂病における神経伝達の異常に関する戦略的基礎研究
放射線感受性遺伝子プロジェクト	日立製作所	放射線感受性遺伝子に関する臨床評価法の研究

荷電変換用炭素薄膜の厚み調整によるビーム強度の改善

■はじめに

放医研HIMACにおいては、重イオン源で生成されたイオンを線形加速器で6MeV/n(光速の11%)まで加速した後、炭素薄膜でイオンに残る電子をそぎとってシンクロトロンに供給しています。例えば、治療に用いる炭素ビームの場合は、イオン源で炭素原子の外殻電子2個を剥ぎ取り C^{2+} の状態まで加速し、炭素薄膜で全電離状態の C^{6+} に荷電変換します。炭素イオンの場合における変換効率は十分に厚い薄膜を用いれば98%くらいになります。しかし、膜厚が大きすぎると、膜中におけるエネルギーロスや散乱が大きくなってビームの性質が悪化し、その結果加速上の不具合を生じます。つまり、膜厚には適正な値が存在します。HIMAC設計当初、荷電変換に関する実測データは十分には存在しなかったため、簡単なモデル計算に基づいた値を採用して、荷電変換用の炭素薄膜の厚みは全粒子(当初はHe～Ar)に対して $100\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (約1ミクロン)を用いてきました。

最近になって、炭素薄膜通過後の荷電分布を測定できるシステムが完成し、HIMACにおいても精度の良い実測データを得られるようになりました。また、フランスのガニール研究所においては、詳細な過程を加味した理論計算¹⁾に基づく荷電分布が実測データと共に報告され、荷電変換に関する様々な検討や最適膜厚の評価が可能となりました。その結果、どうもSiやAr等の重いイオン種に対しては、もっと厚い炭素薄膜を用いた方が、荷電変換後の収率が良くなる傾向が示されたのです。そこで、 $50\sim 350\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の様々な厚みにおける様々なイオン種の荷電分布と荷電変換効率及び膜厚依存性(荷電平衡に達する厚み)を詳細に調べ、それを理論計算や既存のデータ²⁾と比較してみました。

■荷電分布測定システム

図1は、測定システムの全体図です。炭素薄膜(Carbon foil)通過後のビームをアナライジング(分析)電磁石によって各荷電毎に振り分け、Faraday cup-2にてそのイオン電流(イオン数)を計測します。Arに対する計測の1例を図2に示します。各ピーク電流値の合計に占める各荷電ピーク値が変換効率に相当します。各ピークの幅はエネルギー幅に相当していてビームの性質を表す基準の一つとなりますが、用いた厚膜の範囲では概ね一定と見なせます。

■結果

表1は荷電平衡に達する膜厚とイオン種との関係、表2は荷電変換効率の理論値と実測データとの比較を示します。表1からわかるように、平衡に達する厚さは重いイオン種(原子番号Zが大きい)ほど大きくなり、Arの場合ですと $350\mu\text{g}/\text{cm}^2$ でも未だ平衡に達しません。そして、Feの場合は、急に平衡に達する厚さが小さくなり $50\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 以下となります。これはAr($Z=18$)くらいまではK殻電子の束縛エネルギーが小さく $6\text{MeV}/n$ 相当の速度で膜中を通過する際に全電子が剥がれる確率が十分にあるのですが、 $Z=26(\text{Fe})$ ではK殻電子が剥がれる確率は極めて小さく平衡状態に達する厚さはL殻電子の挙動(電離/補獲)で決まっているように見えます。L殻電子の相互作用断面積はかなり大きいため、薄い厚さでも平衡に達するものと推定されます。この当たりの事情に関するデータは不足しており、 $Z=19\sim 25(\text{K}, \text{Ca}, \text{Ti}, \text{Cr}, \text{Mn}$ 等)のイオン種に対するデータが是非とも欲しいところです。また、荷電平衡に達する厚さは、実験値の方が理論値より小さく、その差はZが大きいほど拡大する傾向が見えます。

次に表2から分かるように荷電変換効率に関しては、 C^{6+} は理論値、今回の実験値、Shima氏のデータの全てが極めて良く一致します。しかしZが大きくなるに従って実験値は理論値より小さくなる傾向が見られます。今回の実験値の誤差は2~3%程度と小さいですから、この差を指摘する十分な根拠と言えます。つまり、前述の不一致も含めて、理論値の基となる核種(電離、補角、励起)断面積の精度が未だ不十分である事を示唆しているものと思われます。一方、全電離の効率(実験値)は、 $\text{Si}^{14+}(180\mu\text{g}/\text{cm}^2)$ で55%、 $\text{Ar}^{18+}(320\mu\text{g}/\text{cm}^2)$ で33%と、いずれも $100\mu\text{g}/\text{cm}^2$ を使用時の効率(50%、18%)より明らかに改善されており(特にArでは1.8倍)、適切な厚さの炭素薄膜を用いる事により全電離イオン供給能力が大幅に向上する事が判明しました。³⁾

表1

6MeV/n重イオンが荷電平衡に達する炭素薄膜の厚み($\mu\text{g}/\text{cm}^2$):理論と実測値との比較

イオン種	C(6)	Ne(10)	Si(14)	AR(18)	Fe(26)
実測	50	100	180	>350	<50
理論	50	120	300	>350	無し

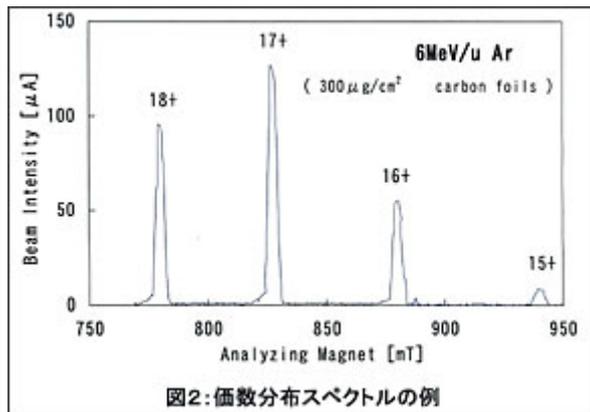
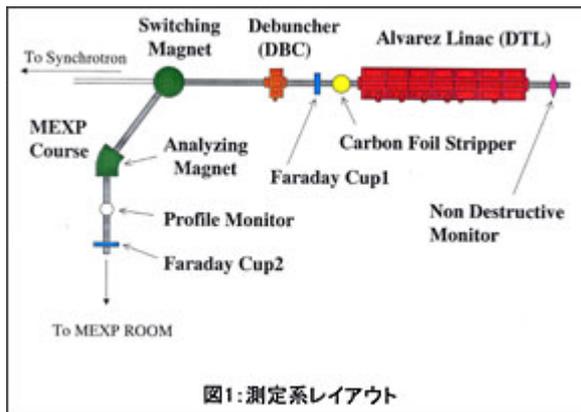
()内は原子番号

表2

6MeV/n重イオン入射時の平衡状態における全電離イオンの荷電交換効率の比較(%)

イオン種	C^{6+}	Ne^{10+}	Si^{14+}	$\text{AR}^{18+}(320)$	$\text{Fe}^{24+}(50)$
理論	98	87	71	45	無し
this work	98	83	55	33	30
Shim	98				

Feの場合はK殻電子を残したFe²⁴⁺の値。膜厚は、Arの場合320 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ で、Feの場合50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ の値。



[参考文献]

- 1)J.P.Roz et al, Nucl. Instrum. and Meth. B107, (1996) 67.
- 2)K. Shima et al, Phys. Rev. A40, (1989)3538.
- 3)Y. Kageyama et al, Proc. Linac 研究会、筑波 8月(2001)

(加速器物理工学部 佐藤幸夫)

がん治療最前線

シリーズ5 子宮頸部がん

子宮は西洋梨の形をし、下腹部の膀胱と直腸に挟まれるように位置しています。また、子宮は妊娠時に胎児がある子宮体部と膣に飛び出して見える子宮頸部とに分けられ、子宮がんはこのどちらの部位から発生したかによって子宮頸部がんと子宮体部がんに分類します。

子宮頸部がんは、がん全体の死亡率(そのがんで死亡する割合)や罹患率(そのがんにかかる割合)が増え続けるなかで、その死亡率・罹患率ともに明らかな低下傾向を示すがんのひとつです。この理由の一つに、子宮頸部がんは膣から飛び出して見える部分にがんが発生することが多いため、通常の婦人科診察で観察したり、検査すべき細胞や組織を採取することが可能で、したがって、早期発見・早期治療が可能となるためと考えられております。

自覚症状としては、がんの早い段階でははっきりしないことが多いので、がん年齢に達した方には集団検診を受けることをお勧めします。がんが少し進行すると月経でない時(性行為の時など)の出血があったり、月経の時の出血が長引いたり増えたりすることがあります。また、おりものの量が増えたり、それまでとは異なるおりものがあったりもします。

しかし、集団検診が行われるようになって早期発見することが出来るようになってはおりますが、高齢の方では性行為の時の出血ということは少なく、かつ検診の受診率も低いため、かなり進行した子宮頸部がんとして見つかる高齢の方が今でもいらっしやいます。また、わが国においても子宮頸部がんと診断を受ける年齢が若年化する傾向になっており、検診時や症状が見られたときには進行子宮頸部がんとなっている若い方も少なくはありません。

子宮頸部がんの治療法として、現在は手術療法と放射線療法の2つが主な柱となっております。子宮頸部に限局したがん(I期)や子宮頸部の周囲の組織にわずかに進展したがん(II期)であれば、手術療法と放射線療法のどちらの治療法を選択してもほぼ同程度の、5年生存率(治療後5年以上生存した割合)で70%以上と良好な成績が多くの施設から報告されています。しかし、この程度のがんであっても、第二次世界大戦での原爆の影響で放射線治療の副作用が過大に評価されていたことなどにより、日本の多くの施設では放射線治療が選択されることは乏しく、ほとんど手術療法が選択されているのが現状です。

一方、子宮頸部から大きく広がり骨盤内の筋肉・膣の入り口近くまで進展したがん(III期)や子宮の近くに存在する直腸や膀胱まで進展したがん(IV A期)の場合は、手術療法は困難であり、放射線治療が選択されます。この様にかなり進行した場合であっても、放射線治療で15%から60%程度の5年生存率が報告されています。また、最近ではこの様に進行したがんの場合には抗がん剤による化学療法が行われ、

放射線療法や手術療法の単独治療より良好な結果であるという報告もみられておりますが、長期の効果や副作用などまだはっきりしない点も多く、もう少し経過を見る必要があると思います。しかし、かなり進行してしまったがんの場合には、15%程度の成績が報告されていることから分かるように、放射線治療単独では治癒困難となってしまうこともあるので、効果の高い抗がん剤の開発を含めた新たな治療法の開発が望まれております。現在、放医研では放射線治療単独では治癒困難と考えられる著しく大きな子宮頸部がんに対して、炭素イオン線治療の第I/II相試験を行っており、新しい治療法の一つとして有用かどうか治療後の経過を見ております。

重粒子線（炭素イオン線）による子宮頸癌の治療効果

治療前（腫瘍体積198cm³）

治療後6か月（腫瘍消失）



(重粒子医科学センター病院 前林 勝也)