



Photo Kironori Kirano

Index

「原子力の日」に思う 「身近で」「信頼される」放射線防護・安全の専門家を目指して	草間 朋子	1
筑波大学における放射線健康リスク科学 教育システムの構築.....	磯辺 智範・榮 武二・櫻井 英幸	3
シーベルトの嘆き.....	多田順一郎	9
保物学会と安全管理学会 初の合同大会開催.....		14
「マイクロセレクトロンHDR… RALS（ラルス）ってご存知ですか？」		15
【サービス部門からのお願い】 ガラスバッジやガラスリングを洗濯しないようご注意ください.....		19

●「原子力の日」に思う

「身近で」「信頼される」放射線防護・安全の専門家を目指して

東京医療保健大学
副学長

草間 朋子*



1. はじめに

放射線防護・安全に関心・興味を持ち、この領域の仲間に入れていただいたのは、昭和40年でした。大気汚染をはじめ「公害」という言葉が社会のキーワードになり、放射線に関しては、中国、フランス等の大気圏の核実験により、日本にも放射性降下物の飛来が懸念された時期でした。

私の所属した東京大学医学部「放射線健康管理学教室」は、放射線防護・安全に関する教育研究を担う国立大学医学部の中では唯一の講座で、医学部医学科、保健学科、工学部原子力工学科の卒業生、大学院生等で構成されておりました。保守的体質の強い医学部の中に、学部の壁を越えた講座を設置(昭和36年)したことの先人達の先見性は、今考えても画期的なことであり、この講座で40年近く教育研究一筋に取り組むことができたことを今も誇りに思っております。

講座に所属しての最初の実務的な仕事は、ある原子力発電所の従事者に対する健康診断のお手伝いでした。末梢血中の白血球の百分率の計測等を光学顕微鏡の下で計測しており、今の診断技術の進歩からは想像もつかない時代でした。放射線の医療利用を始めとした医療技術の進歩は、当時から考えると隔世の感があります。

2. 原子力開発・推進に大きな影響を与えた事象を忘れずに

「絶対安全」を旗印にしてきた原子力開発に

大きな影響を与えた事故は、いうまでもなく、①1979年のアメリカのスリーマイル島(TMI)の事故、②1986年の旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所の事故、そして、③平成23年の東京電力福島第一原子力発電所の事故でした。TMIの事故後には、学部学生やその保護者からの問い合わせ等が相次ぎ、この事故をキッカケに大学工学部の「原子力工学科」の名称が、「量子工学」等と変更になったことから、社会に与えた影響は想像以上に大きかったと認識しております。また、ソ連崩壊後に初めて情報公開されたマヤックの核惨事については、知らされなかったこと、汚染の規模、複雑さ等に衝撃を受けました。

昭和64年に経験した「東大病院事件」では、管理区域外に廃棄されていた放射性物質の処理に同僚達と対応しましたが、放射性物質取扱いの基本的マナーの不足、放射線防護・安全に関する利用者一人ひとりの関心の低さ、組織としてのマネジメントの不備等を通して、組織マネジメント及び放射線利用における「線源管理」の重要性を再認識しました。また、事態の処理を通して、放射線は直接測定し、その存在を定量的に示すことができるというメリットを社会に対してアピールしていく必要性があることを認識したことを思い出します(多くの人々は、被ばく線量に関係なく放射線に対する不安を抱いている)。

3. 看護教育・人材育成に係って

平成10年には、看護教育の領域に身をおき、看護職の人材育成に全力投球することになりました。長年係ってきた放射線防護学・安全学の教育研究を中止し、新たな領域で「新人」として係ることに、かなり躊躇がありました。先輩、同僚達からの後押しもあり決断しました。放射線防護学の教育研究を通して培ったスキル、感性が、看護界での活動に役立っていると思っております。看護界に山積する課題を解決するためには、制度化、法制化することが不可欠であると考え、アカデミズムの領

* Tomoko KUSAMA

● 原子力の日に思う

域から一步踏み出し、政策決定の過程に積極的に取り組む覚悟をし、多くの人々の支援と協力をいただきながら、看護政策実現に向けて努力しております。

4. 放射線防護・安全の専門家としての使命

原子力災害・原子力事故を経験し、原子力の開発・推進にあたっては、国民の理解、同意、信頼を得ることが不可欠であることが認識され、原子力開発・推進にあたってのキーワードとして「ステークホルダーインボルブメント」という言葉が汎用されるようになった時には、新鮮な印象を持つと同時に、「原子力村」の中で活動してきた放射線防護・安全の専門家として、具体的にどのように取り組んでいったらよいかを悩み、この模索は今も続いており、解決策を見出すまでには至っておりません。

何れにしても、放射線防護・安全の専門家として、国民・住民のみなさまにとって、「身近な」そして、「信頼される」存在を目指していくことが肝要なことであると思っています。そのためにも、放射線防護・安全に関する「知識・技術」に関するエビデンスの集積（「つくり」(研究)、「つたえる」(公表)）は当然の使命ですが、それを効果的に「つかって（実践）」いく能力、コミュニケーション能力の醸成が求められます。

看護職の教育にあたっては、国民のみなさま、患者さん達から、「信頼される」看護師の人材育成を目指しております。看護職は、患者さん達にとってもっとも身近な存在であり、コミュニケーションがとり易い立場にあります。

5. 放射線看護学の確立を目指して

看護職の教育、人材育成に係るようになって、患者のアドボケーター（代弁者）としての役割を果たすことが求められている看護職の原子力・放射線に関する知識・技術の不足を痛感しております。国民にとってもっとも身近な放射線として汎用されている放射線は、放射線診断・放射線治療に伴う放射線であるにも拘らず、看護職の放射線に対する関心が

極めて低いのが実態です。

そこで、かつての同僚達と、40年近く係ってきた放射線防護・安全学と、今、係っている看護学を連携した「放射線看護学」を確立し、普及していくことを、人生最後の仕事とすることとし取り組んでおります。放射線看護学会の活動が、今後の原子力開発・推進に多大な貢献ができることを夢見ております。

看護職は、原子力・放射線利用にあたっての極めて重要な「ステークホルダー」であることを、関係者のみなさまに是非認識していただきたいと思えます。

原子力関係者の放射線看護学会へのご支援・ご協力をお願いします。

先日、福島県伊達市の「仮設住宅」を訪れる機会があり、高齢化し帰還の意思のない住民の方がぼつりと発言された「寂しい」という一言が脳裏を離れません。私たちはこの一言を謙虚に受け止め、放射線防護・安全を担う専門家として、足下を固めていく努力をしていかなければいけないことを改めて痛感しております。

著者プロフィール

学 歴

1965年 3月 東京大学医学部衛生看護学科卒業
1977年 6月 東京大学医学博士

職 歴

1965年 4月 東京大学医学部助手（放射線健康管理学教室）
1977年 6月 東京大学医学博士
1986年 6月 東京大学医学部助教授
1987年 4月 東京大学大学院医学系研究科助教授
1998年 4月 大分県立看護科学大学学長
2006年 4月 公立大学法人大分県立看護科学大学理事長・学長
2012年 3月 大分県立看護科学大学退職
2010年 4月 東京医療保健大学副学長学部長・大学院研究科長

現在東京医療保健大学副学長大学院研究科長
日本看護連盟会長

その他（役職、著書など）

日本学術会議連携会員／国際放射線防護学会副会長
日本保健物理学会会長／日本放射線影響学会幹事
日本肥満学会評議員／日本看護科学学会理事
日本災害看護学会理事／日本NP学会理事長
日本放射線看護学会理事長



筑波大学における放射線健康リスク科学 教育システムの構築

磯辺 智範*1、榮 武二*2、櫻井 英幸*3

1. 背景

2017年6月、日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターにおいて放射性物質漏洩による内部被ばく事故が起きたのは記憶に新しいところであり、歴史的には広島および長崎への原爆投下をはじめ、1999年の東海村JCO臨界事故といった放射線による被ばく事故を本邦は経験している。なかでも、2011年3月11日の東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故により、放射線健康リスク科学の重要性が浮き彫りとなった。災害時の救急医療において、放射線防護に関する正しい知識を持った医師は少なく、その対応は後手に回った。また、災害収束後は、放射線健康リスク科学*の知識を持った医師が相談に乗る“患者に寄り添った医療”を現地の住民に対して十分に提供することができなかった。これらの経験から、これまで不十分であった医師に対する放射線

に関する基礎教育の必要性が認識されるようになった。2016年、文部科学省が支援する課題解決型高度医療人材養成プログラムにおいて、放射線健康リスク科学が取り上げられた。課題解決型高度医療人材養成プログラムとは、全国の大学および大学病院における人材養成機能を強化することで、本邦が抱える医療現場の様々な課題等に対して、科学的根拠に基づいた医療の提供に寄与できる、優れた人材を養成することを目的とした支援事業である。本支援事業において、“放射線災害を含む放射線健康リスクに関する領域”がテーマとして取り上げられ、筑波大学の教育プログラムが採択された（申請件数：7件（単独事業6件、共同事業1件）、選定件数：2件（筑波大学（単独、放射線災害の全時相に対応できる人材養成）、長崎大学（広島大学、福島県立医科大学共同、放射線健康リスク科学人材養成プログラム））。本稿では、筑波大学が取り組んでいる“放射線災害の全時相に対応できる人材養成”を紹介するとともに、これまでの進捗および成果を報告する。

*放射線健康リスク科学：日本学術会議からの提言「医学教育における必修化をはじめとする放射線の健康リスク科学教育の充実（平成26年9月4日）<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t197-3.pdf>」では、「放射線の健康リスクを扱う学問領域としては、放射線医学・放射線防護学（保健物理学）・放射線健康管理学・放射線生物学・放射線疫学・放射線影響科学・放射線規制科学等の名称が使われる多くの分野があるが、原文のまま引用する場合や慣用的用語等の例外を除き、本提言ではこれらの総称として“放射線健康リスク科学”という名称に統一して用いる。」としている。

2. 事業概要

“放射線災害の全時相に対応できる人材養成”のキーワードは“全時相”である。原子力事故発生直後は緊急被ばく医療を要する時

*1 Tomonori ISOBE 筑波大学 医学医療系

*2 Takeji SAKAE “

*3 Hideyuki SAKURAI “

期であり、医師およびメディカルスタッフは救急医療に関する知識が必要不可欠である。しかし、原子力事故という特殊なケースでは、放射線防護に関する知識も求められる。すなわち、医療行為の際に自身の放射線被ばくリスクを低減すること、汚染拡大を抑止すること、周囲の被ばくリスクを低減することなど、医療行為と同時に放射線防護も実施しなければならない。緊急被ばく医療が収まった後は、事故収束期の対応が必要となる。この時期は、事故現場付近に居住する住民が不安を抱えやすい期間であるため、住民の不安を和らげる精神災害支援、メンタルヘルス、リスクコミュニケーションが必要となる。また、住民にとって不安を抱える最大の原因となっている放射線被ばく対策に関する正しい知識を、医師が身につけておくことが重要である。事故収束期の後に一定時間が経過すると、住民の放射

線に対する意識は薄れていく。この時期に重要なことは、放射線被ばくによる人体への影響をエビデンスとしてまとめ、新たな知見を加えることによって、マイナスの事象をプラスのデータとして次の世代に引き継ぐことである。具体的には、原子力災害で被ばくした方々を長期的にフォローアップする必要がある、これらのデータを解析する疫学の知識が必要となる。また、原子力災害発生時の対策は正しかったかどうかを見直すことで、いつ起こるかわからない次の緊急時に備えることも重要である。

このように、原子力災害発生時は、「救急医療」「放射線災害への対応」「適切な放射線防護」「放射線のリスクコミュニケーション・メンタルヘルスケア」「放射線による健康リスク管理」「放射線の疫学調査」など、災害発生時からの時相ごとに異なったスキルを持つ専門人材の

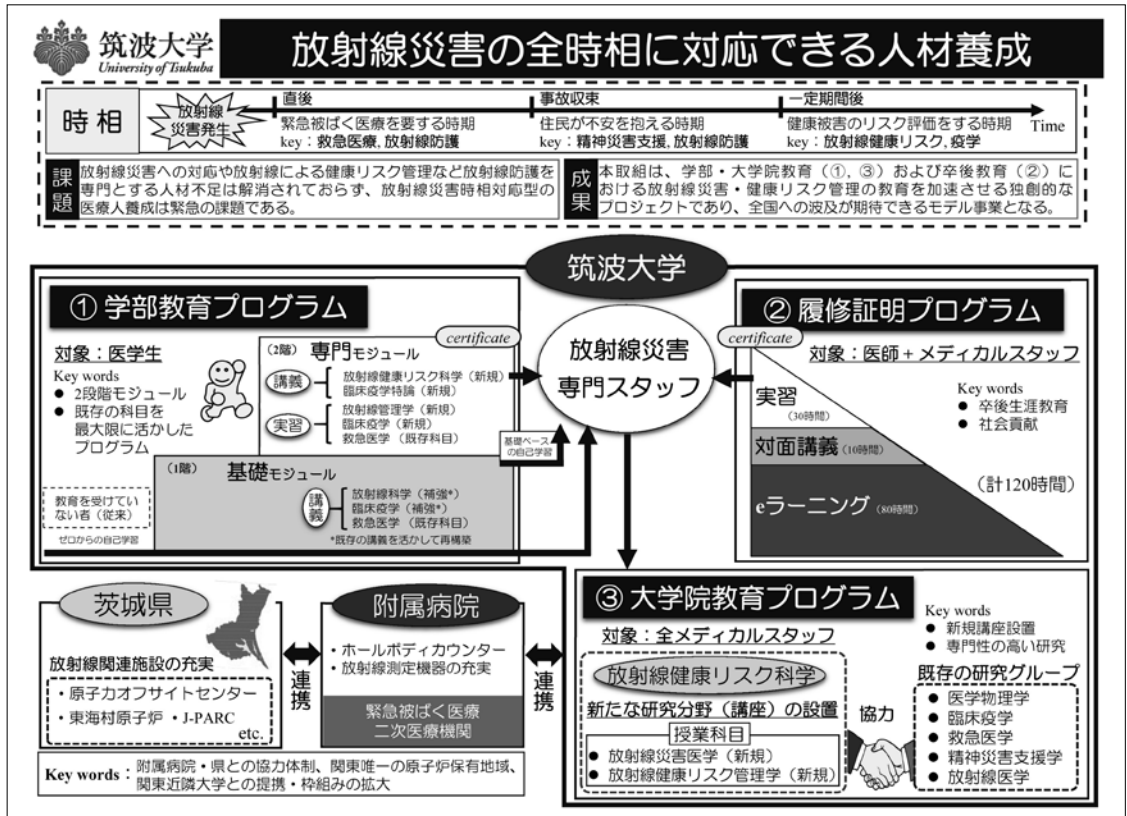


図1 筑波大学における放射線健康リスク科学教育概要改変

育成が必要不可欠となる。筑波大学の“放射線災害の全時相に対応できる人材養成”プログラムは、これに対応するための教育システムである(図1)。学部教育、卒業後教育、大学院教育の3つのアプローチにより専門スタッフの育成を行う。この点については、「3つの教育プログラム」の項で解説する。教育体制は、附属病院内の各専門グループに加え、アイソトープ環境動態研究センター(CRIED)、災害精神支援学講座など、放射線災害医療に関わる新しい組織も含めて包括的な教育を行う。また、茨城県には、東海村原子炉、J-PARC、原子力オフサイトセンター、千代田テクノル大洗事業所といった放射線関連施設が充実しており、県や企業との連携も視野に入れている。千代田テクノルには、本事業に関して、全社をあげてのサポートをいただいていることを付け加えておく。

3. 3つの教育プログラム

“放射線災害の全時相に対応できる人材養成”として、筑波大学は3つの教育プログラムで対応する(図2)。1つ目は、医学部生(筑波大学では医学類生)を対象とした“学部教育”である。6年間の学部教育の一部に放射線健康リスク科学を取り入れ、座学および実習に多くの時間を割く。2つ目は、既に現場で活躍しているメディカルスタッフを対象と

した“卒業生涯教育”である。ここでは、医師に限定せず、診療放射線技師、臨床検査技師、医学物理士など放射線に関わる職種をはじめ、看護師、保健師、薬剤師など放射線災害医療に関わる全ての職種を対象とする。3つ目は、“大学院教育”である。放射線災害発生時に現場で活躍できるメディカルスタッフの養成に加え、放射線健康リスク科学分野の研究者や放射線災害医療専門スタッフのトレーナーなど、当分野においてリーダーとなる人材育成を目的とする。

i. 学部教育

学部教育は、「放射線科学」「救急医療学」「臨床疫学」を教育の柱としてプログラムを構成している(図3)。教育プログラムは、基礎モジュールと専門モジュールに大別されている。基礎モジュールでは、放射線健康リスク科学を学ぶ上で必要不可欠となる知識の習得を目指す。講義は座学のみでなく、実習により身体を動かすことで知識の定着を図る。また、放射線災害医療を実践する上で重要となる多職種合同のチーム医療演習も取り入れる。専門モジュールでは、放射線災害医療における実践的な内容に特化したクリニカルコースと、専門的な研究に触れるアカデミックコースの2コースを用意する。クリニカルコースの“科目名：放射線健康リスク科学”では、放射線健康リスク科学に関連する幾つかの実習、e-learningによる放射線災害医療に特化した専門講義を用意し、学生が興味のある分野を積極的に学習できるアラカルト選択方式を採用している。また、「専門的な講義および実習による専門スタッフの養成」をクリニカルコースのコンセプトとし、現場で活躍できるスタッフ育成を目指す。アカデミックコースでは、「放射線医学」「臨床疫学」「救急医療学」のうち、学生が希望するいずれかの研究室に配属され、研究グループが主体となる研究指導および教育を実施する。本コー

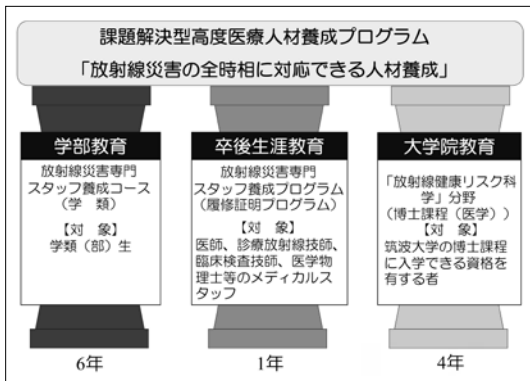


図2 3つの教育プログラム



図3 学部教育プログラム

スは、早い段階から積極的に学会参加など研究に触れる機会を設ける狙いがある。また、所属研究室のみで完結せず、「放射線医学」「臨床疫学」「救急医療学」で短期的な相互学生受け入れを行うことで、包括的な知識の習得を目指す。アカデミックコースのコンセプトは「研究者へのステップ」であり、卒後は大学院へ進学し、放射線健康リスク科学の研究者の育成を目指す。以上が学部教育プログラムであり、本課程を修了することにより放射線災害医療専門スタッフとして認定される。本プログラムで育成する人材像は、放射線医学に疫学を加えることで、患者に対してリスク等のエビデンスを踏まえた放射線被ばくの説明ができる医師であり、放射線医学に救急医療学を加えることで、患者およびメディカルスタッフの被ばくを考慮した放射線災害医療に対応できる医師を目指す。本プログラムは平成30年度より開始し、初年度では受け入れ目標人数を40名としている。

ii. 卒後生涯教育

学部教育では“未来”の放射線災害医療に

対応できる医師の育成に主眼を置いているが、卒後生涯教育（履修証明プログラム）では、“即戦力”となる放射線災害医療専門スタッフの育成に取り組む。チーム医療として放射線災害へ立ち向かうために、卒後生涯教育では医師に限定せず、診療放射線技師、臨床検査技師、医学物理士、看護師、保健師、薬剤師など、多職種のメディカルスタッフを対象とする。プログラムの構成を図4に示す。履修時間は120時間（e-learning：80時間、実習：30時間、職種に特化した対面講義：10時間）とする。

e-learningをプログラムの主体とすることで、普段は臨床業務に携わっている多忙な社会人でも好きな時間に好きな科目の講義を進められるというメリットを有する。e-learningでは、職種ごとに既に習得している放射線医学の知識レベルが異なることを鑑み、コンテンツを充実させて知識レベルに合った講義を受講できるシステムとなっている。科目は、放射線に関する知識の習得を目指した放射線科学、既存のメディカルスタッフ教育では学ぶことのでき

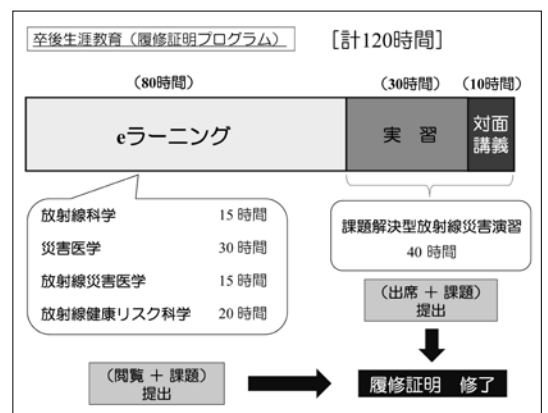


図4 履修証明プログラム

ない災害医学、これらをベースに放射線に特化した放射線災害医学、全時相に対応するために必要な疫学やリスクコミュニケーション等を包含した放射線健康リスク科学を用意している。e-learningは“聞くだけ”ではなく、受講後に課題に取り組むことで知識の定着を図ることができる。実習では、放射線災害を想定した管理区域の設定や、サーバイメータ等の測定器の取り扱いや除染など、現場に直結する内容を用意している。対面講義では、職種に特化することで専門性を深め、学会参加など最新の研究に触れる機会を設けている。本プログラムは、平成30年1月に募集開始、平成30年4月に入学生を受け入れることが決定している。開講期間は1年間、募集人員は10名である。詳細に関しては、12月を目処にホームページ (<https://ramsep.md.tsukuba.ac.jp/>)にて案内する予定である。

iii. 大学院教育

大学院教育では、学部教育および卒業後生涯教育から一歩踏み込み、放射線災害の全時相に対応できる人材として、研究者および災害医療スタッフを教育する指導者の育成を目的としている。そのため、研究分野（講座）として「放射線健康リスク科学」を新設し、「放射線医学」「臨床疫学」「救急医療学」と連携して人材養成を行う。新設した“放射線健康リスク科学”のコンセプトは次の通りである。「放射線災害においては、災害発生直後の緊急被ばく医療から、復興期の継続的な放射線に対する健康管理、放射線の汚染管理対応まで、各災害時相に対応する必要がある。本分野では、放射線計測、放射線防護、放射線管理、さらには、健康リスク管理まで、幅広い範囲で研究テーマを抽出し、新規技術開発やエビデンスの確立につながる研究を行う。」

放射線健康リスク科学の大学院教育プログラムは、「所属するコースの必修科目」「専門科目」「選択科目」の3つに大別される。必修

科目は、本学で規定されている所属するコース（疾患制御医学専攻）の必修科目を用いる。新設科目は主に専門科目であり、放射線健康リスク科学に関する領域を「講義」「集中講義・実習」「演習」の3つで包括的に教育を行う。専門科目の詳細については学生のニーズに合わせてフレキシブルに対応し、年度ごとにアップデートしていく予定である。選択科目では、がんプロ*のe-learningコンテンツを活用することで、学生にとって過度な負担をかけず、かつ個々の学生に合った教育を実施することが可能となる。現在、平成30年度入学生を募集中である。8月に入学試験を終えたが、2018年2月にも入学試験を実施するので、興味があるかたは磯辺 (tiso@md.tsukuba.ac.jp)まで連絡をいただければ幸いである。

4. 実績

3つの教育プログラムの運用開始は平成30年度からである。そのため、準備期間となる平成28年度および平成29年度は、教育プログラムの構築を行うとともに、本事業の社会還元の一環としてセミナーおよびシンポジウムを開催している（表1）。放射線健康リスク科学セミナーは、放射線健康リスク科学の知識習得を目指す、あるいは興味を持っている“メディカルスタッフおよび教員”を対象とした講演会という位置づけで実施した。そのため、メディカルスタッフに役立つ内容を目指し、臨床に直結するテーマを選んでいる。RaMSEP（Radiation health risk Science Medical Staff Education Program）基礎講座は、放射線健康リスク科学の知識習得を目指す“学生および教員”を対象とした勉強会と

*がんプロ：がんプロフェッショナル養成基盤推進プログラムの略称。がんプロとは、がん医療に携わる専門スタッフを大学単位で養成するプロジェクトで、文部科学省の補助事業である。筑波大学では本事業に採択され、これまでに“がんプロ全国e-learningクラウド”を整備・構築して、大学および大学院教育に取り入れた実績を有する。

表1 開催セミナーおよびシンポジウム

開催日時	開催内容	参加人数
平成28年 12月15日	第1回放射線健康リスク科学セミナー 福島原発事故直後の線量再構築への取り組み -経口摂取による内部被ばくと福島県周辺の外部被ばく-	39名
平成29年 1月26日	第2回放射線健康リスク科学セミナー まずは基礎から、放射線被ばくによる人体影響とそのリスク -ネット情報に振り回されない知識の構築-	52名
平成29年 2月11日	公開シンポジウム 放射線健康リスク科学分野を支えるメディカルスタッフ -放射線災害の全時相に対応できる人材養成-	53名
平成29年 3月8日	第1回RaMSEP基礎講座 核医学物理学の基礎-放射性医薬品の取扱、PET検査-	11名
平成29年 3月9日	第2回RaMSEP基礎講座 医療放射線防護-各モダリティにおけるDRLsの測定方法-	7名
平成29年 3月9日	第3回RaMSEP基礎講座 放射線防護-ICRP2007年勧告、デトリメント-	8名
平成29年 3月10日	第4回RaMSEP基礎講座 放射線管理-関連法規、遮蔽設計、放射化物、クリアランス等-	6名
平成29年 3月15日	第5回RaMSEP基礎講座 各種放射線診断装置の被ばく線量指標とその評価法 放射線による人体への影響-急性障害と晩発障害-	6名
平成29年 3月15日	第6回RaMSEP基礎講座 放射線被ばくのリスクコミュニケーション -原子力災害時のリスクと医療被ばくにおけるリスクミ-	7名

いう位置づけで6回開催した。そのため、学生への教育を主眼に置き、座学の講義に近い基礎的な内容のテーマを多く選んでいる。これら2つのセミナーは、e-learningで収録を実施しているため、履修証明プログラムや学部・大学院教育用のコンテンツとしても受講が可能となっている。

公開シンポジウムでは、メディカルスタッフ、学生、教員だけでなく、一般市民に向けた放射能・放射線の基礎に関する講演も加えることで、社会還元の色を強めている。また、外部評価委員を招集し、本プログラムに対する講評をいただき、本事業の客観的評価も行っている。平成29年度は、「平成29年度放射線医学オープンスクール～最先端技術に触れる～」を公益財団法人医用原子力技術研究振興財団と共催予定（8/29～8/30）であり、他にも各種セミナーおよびシンポジウムを開催予定である。詳細については、本事業のホームページ（<https://ramsep.md.tsukuba.ac.jp/>）を参照いただきたい。

5. まとめ

原子力災害に対応できるメディカルスタッフの人材養成には、“全時相”に対応できることが必要不可欠である。これを目標に、筑波大学では放射線健康リスク科学分野を立ち上げ、教育プログラムを“学部教育”“卒業後生涯教育”“大学院教育”の3つに分けて取り組んでいる。また、放射線健康リスク科学の情報発信として、各種セミナーを開催するとともに、近隣地域のメディカルスタッフや教員、さらには一般

市民を対象とした放射線健康リスク科学シンポジウムを開催することで、最新情報の提供にも取り組んでいる。これらの活動は放射線に関わる職種を担う我々の責務であり、今後も尽力を捧げる所存である。

著者プロフィール



磯辺 智範

1993年 診療放射線技師免許取得。千葉大学医学部附属病院等で診療放射線技師として勤務。2002年 筑波大学にて博士（医学）を取得。北里大学医療衛生学部 講師を経て、2008年1月から筑波大学大学院人間総合科学研究科 講師（大学院）としてがん医療に携わる人材を養成する任に着く。また、放射線腫瘍科および陽子線医学利用研究センターにて、医学物理士として放射線治療業務を兼務する。2010年12月からは筑波大学附属病院放射線治療品質管理室 副室長に着任、2011年7月からは、筑波大学医学医療系准教授として、臨床検査技師教育に携わり、画像検査、チーム医療、医療安全等の教育を担当している。2017年1月、筑波大学医学医療系（医学物理学・放射線健康リスク科学）教授に昇任し、現在に至る。

を誘発する可能性の増加を意味することも、共通の理解であると言ってよいでしょう。

がんは、言わばがん関連遺伝子の変異で起る病気ですから、その起こり方には個人差があります。なぜならば、世の中にがんの家系とそうでない家系があるように、がんの起こりやすさは、個人の遺伝形質に影響されるからです。また、幹細胞にがん関連遺伝子の突然変異が積み重なって生じたがん細胞の排除に関わる免疫作用は、成長過程で個人がさらされた環境からの刺戟によって形成される後天的形質に関係しますから、一卵性双生児の間ですら同じとは限りません。実効線量は、そうした多様な放射線感受性を、一律の加重係数で表していますので、同じ実効線量の放射線を受けたとしても、がんの誘発という影響の起こり方は、個人の遺伝形質や後天的形質によってさまざまです。したがって、個人が受けた放射線の影響の度合いを実効線量で表わすことなど、原理的にできるはずがありません。ICRPが2007年勧告の中で実効線量を再定義した背景には、これほど明白な事実さえ理解されていないことへの苛立ちがあったのだろう、と筆者は考えて居ります。

3. シーベルトは「個人が受けた放射線の量を表わす単位」ですらない

実効線量は、2007年の再定義で、線量を評価する特定の個人ではなく、Reference Personと呼ばれる標準的な体格をもった成人の白人男女の組織や器官の平均吸収線量を、男女それぞれの全身にわたって加重平均し、さらに男女間で算術平均したものになりました。つまり、人種・性別・年齢・体格などの違いに関係なく、その場所にReference Personがいたならば受けたであろう加重平均吸収線量が実効線量である、ということです。しかし、このような定義の改訂を明確に認識している人は、あまり多くないかも知れませんし、ICRPがそのように再定義をせざるを得なかった理由を考えた人は、さらに少ないのではないかと

思います。

筆者のように、実効線量当量の時代からこの量と付き合いのあった人間のほとんどは、2007年勧告の再定義を突き付けられるまで、実効線量（実効線量当量）は、一人ひとりの身体に応じて定義され、それゆえ同じ場所で同じ姿勢で同じ放射線を受けても、体格や性別が異なる人の実効線量は異なった値をもつ、と漠然と考えていたと思います。年齢の異なるReference Personを導入し、子供の“実効線量”などを計算する研究もあるのには、そうした背景かも知れません。しかし、がんの誘発に関する放射線感受性には、組織や器官ごとに異なった年齢変化がありますが、組織加重係数は、たった4種類の数値しかない定数です。そんな組織加重係数を用いながら、組織や器官の平均吸収線量だけを、年齢や性別や体格に応じてどれほどリアルに評価しようと努めても、得られる実効線量は少しも現実性を増すわけではありません。

4. シーベルトは「放射線防護の目安を表わす単位」である

ICRPが実効線量の定義を改訂した背景には、本来、放射線防護のための道具である実効線量とLNTモデルが、1シーベルトでがんのリスクが5%増えるという名目リスク係数と組み合わせられて、放射線影響の目安として使われてしまった、という事情があったからだと思います。そのことが最も象徴的に表れたのは、Chernobyl原子力発電所の事故から20年目のことでした。WHOが、事故処理に直接かわり比較的大きな線量（平均集積線量66ミリシーベルト）を受けた約60,000人の中から4,000人くらいが放射線によるがんで亡くなるだろうと予測したのに続いて、IAEAが、強制避難を受けた周辺住民まで含めた約6,000,000人（平均集積線量約14ミリシーベルト）の中から9,000人くらいが放射線によるがんで亡くなるという予測を発表し、最後に国際がん研究機構（IARC）が、全欧州の汚染地域に住む約570,000,000人

(平均集積線量約0.5ミリシーベルト)まで含めれば、16,000人くらいが放射線を原因とするがんで亡くなるという予測を発表しました。

この苦い経験の教訓から、ICRPは、すでに受けてしまった放射線のリスク評価、とくに僅かな放射線を受けた大集団のリスク評価に実効線量を用いないよう、2007年勧告の中で明示的に警告しました。そして、実効線量が放射線防護の目安であることを強調するため、実効線量の主な用途を提示しさえしました。ICRPが実効線量を個人から切り離して全くartificialなanthropomorphic phantomに基づく量として再定義した意味は、そうした文脈の中で考えれば、非常に明解だと思います。それにも関わらず、実効線量に関する放射線防護の目安と放射線影響の目安の混同は今なお継続し、故人の安らかな眠りを妨げているようです。

5. そもそもレムに次元を与えたのが間違いの始まりだった

実効線量が放射線影響の目安だと誤解される根底には、それを吸収線量やカーマと同様精密に測定・評価できる、という思い違いがあるのかも知れません。2007年の再定義に直面して、「これでは必要に応じて実効線量を精密に評価できなくなる」と主張した人たちは、明らかにそうした思い込みで囚われていたのだと思います。しかし、そうした認識は、どうして生じたのでしょうか。

放射線防護に用いる線量のルーツであるレムを単位とする「RBEを乗じた吸収線量」をICRPが勧告したのは、1954年のことでした²⁾。この量に対してICRUは、1956年のReport 8で「RBEには持ち前の不正確さがあり、必ずしも測定に基づかない習慣的な値が用いられているので、レムを単位とするRBE doseの用途を、

放射線防護に関連する事項を記述する場合に限定する」よう勧告しました。そして、1962年のReport 10では、放射線防護の目的で用いるRBEに線質係数という名称を与え、放射線生物学で放射線影響を記述するときに用いるRBEと明確に区別しようとしていました。つまり、放射線防護に用いる線量が導入されて間もないころは、それが本質的に曖昧さをもつ量であることが、明確に認識されていたと考えられます。

筆者は、放射線防護に用いる線量に関する当初の認識を変容させる契機となったのは、ICRUがRBE doseに対して吸収線量と同じ次元をもつことを規定したとき (Report 19s, 1973) ではないかと考えて居ります。導入から10年余りの間、次元のことなど気にせずにRBE doseを使えたのは、「放射線防護に関連する事項を記述する場合」には、厳密な評価など必要なかったからだ、と言えるでしょう。ところが、レムを単位とする線量に吸収線量と同じ次元が定義された結果、当時は線量当量と名前を変えていた放射線防護に用いる線量も、精密な計量の対象となる運命を免れ難くなくなりました。

そして、本質的に曖昧さをもつ放射線防護に用いる線量を、恰も精密計測の対象であるかのように誤解させたダメ押しは、ICRUによる実効線量の導入でした。今日から見れば、実効線量当量に対する“共通の近似手順”を規定したに過ぎなかったものを、わざわざ実効線量と銘打って導入・定義したのは、当時のICRUを支配していた「我々が線量を規定するのだ」という一種arrogantな雰囲気なせ業ではなかったか、と思われま³⁾。それは兎も角、実効線量は、放射線障害防止法ばかりか、こともあろうに計量法にまで取り入れられ、一体、放射線防護に用いる線量をどのくらいの精度で論じればよいか、という本質的

2) レムという単位は、おそらく、H. M. Parker等が1945年に米国原子力委員会のThe Tolerance Doseという報告書に記載したものが初出であろうと思われる。
3) 実効線量の導入によって、放射線防護で用いる線量の評価や測定は、一見精密になったかのような錯覚を受けるが、その実「1レントゲン≒1ラド≒1レム」というそれ以前の遣り方から実質的な改善があったとは言い難い。

な問題が消し飛んでしまいました。

ひとたび放射線防護に用いる線量が精密に測定・評価できることになれば、LNTモデルやリスク係数と組み合わせて、「受けた放射線の健康影響の度合い」の目安に利用されるのは、ほとんど避け難かったと思います。そして、放射線防護に用いる線量には±3dBくらいの曖昧さが許容できる(二倍～半分OK!)ことを忘れ、有効数字が二桁もあるシーベルト単位の基準を平気で作る専門家まで現れる始末です。そして、放射線防護の目安と放射線影響の目安が混同されてしまった結果、1時間当たりのマイクロシーベルト単位で表した線量率の二桁目の数字の違いが、被災地の人々に不安や不満をもたらすようになってしまいました。

筆者は、1999年に始まったICRPの基本勧告改訂に関する議論が、この不健全な流れを完全に断ち切るチャンスだったと思います。筆者は、現在の基本勧告にバンドという概念で取り入れられた、いわゆるクラーク・スケールについて、クラーク委員長(当時)と議論したとき、放射線防護のための線量は、例えば、自然放射線被ばくの世界平均+3σ⁴⁾の値で規格化することで無次元化した方が良く、更にその対数を放射線防護の目安にする方がもっと分かり易くなる⁵⁾、という議論をしたことがあります。懼らくそんなアイデアが実現していれば、放射線防護の目安と放射線影響の目安の混同は、払拭されていたでしょう。

6. シーベルトの静謐な眠りのために

放射線防護の目安と放射線影響の混同が続く原因の一つには、ICRPが提示した「放射線防護の目安」としての用途がやや抽象的で、具体的に何を意味するか、業界外の人々には理

解され難い点があったのではないかと思います。そこで筆者は、高校生などにお話する機会には、次のような例を使うことにしています。

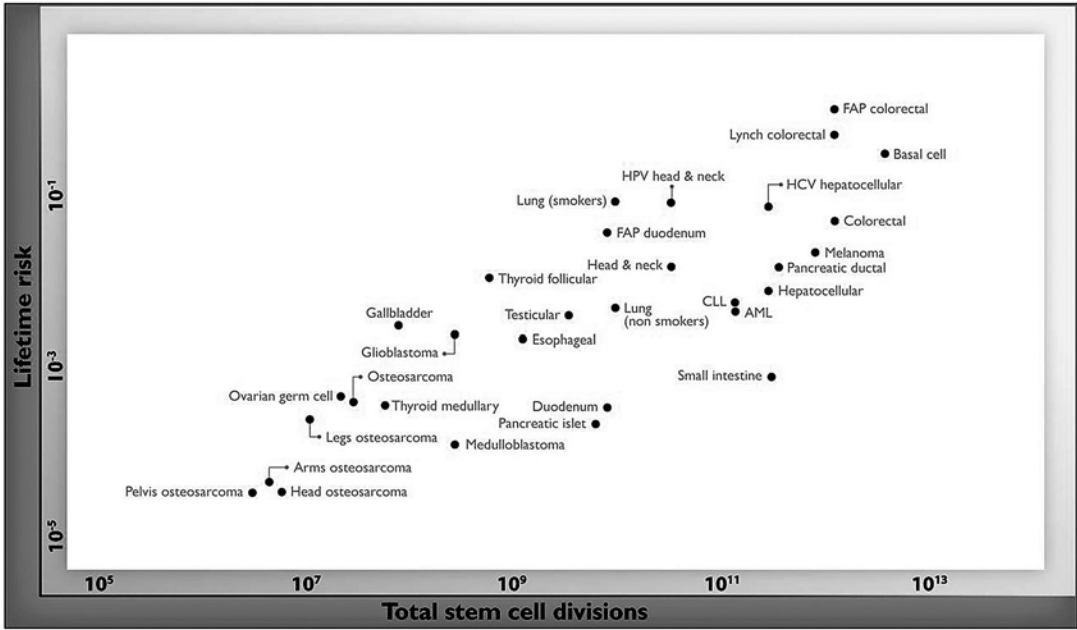
実効線量の用途は、(1)放射線防護のための規制や基準の値を示したり、(2)放射線防護のための選択肢を比較したり、(3)講じられている放射線防護のための方策が規制や基準に適合していることを確認したりするための“尺度”です。



例えば、病院などの新たな放射線施設を建設する際、事業所境界の実効線量を3カ月間で250μSv以下に定めている法令は(1)の、この基準に適合させるため、十分に厚い遮蔽壁を設けて何の制約もなしに放射線装置を稼働させる方法と、遮蔽壁を設けず装置の性能や稼働時間を厳しく制限する方法との両極端の間のさまざまな選択肢から、コストや使い勝手などを考えて、最も都合のよい遣り方を選ぶのが(2)の⁶⁾、そして、施設の稼働後に敷地境界の線量を継続的にモニタリングし、法令が遵守されていること(したがって、採用した放射線防護措置が適切であったこと)を確認するのが(3)の用途に当たります。

このような説明で放射線防護の目安と放射線影響の目安の混同が一挙に解消するわけではありませんが、高校生たちに考えるきっかけ

4) 規格化に用いた基準を越える自然放射線を被ばくする人がほとんどないようにするため、自然放射線被ばくの世界平均+3σで規格化することが議論された。
 5) 負の値であれば何の対応も要せず、0から1までは通常の放射線防護の対象であり、1以上は速やかに対処すべき事態だと判定できる。対数を取れば、僅かな線量の違いに囚われなくなる利点もある。また、対数を取った値を用いるのは、刺激に対する反応が相乗的である生物の性質にも合致する。
 6) このような防護措置のtrade-offを容易にしているのがLNTモデルであることは、言うまでもない。



FAP = Familial Adenomatous Polyposis ◊ HCV = Hepatitis C virus ◊ HPV = Human papillomavirus ◊ CLL = Chronic lymphocytic leukemia ◊ AML = Acute myeloid leukemia

from Tomasetti, C and Vogelstein, B.: Variation in cancer risk among tissues can be explained by the number of stem cell divisions, Science 347-6217, pp.78-81 (2015)

を与えることはできたと感じています。

こうした説明に加えて、筆者は、原爆の放射線を受けて生き延びた方々⁷⁾に対する生涯健康追跡調査で、がんの増加を統計学的に確認できなかった100ミリシーベルト以下の領域では、個人が受けた線量の多寡を論じることも止めるべきだと考えています。それが各人の被った健康影響の大小を意味しない上に、線量から評価される“virtualなリスク”は、放射線防護の方策を論ずるときを除き、意味をもたないほど小さいからです。

Tomasetti等が2015年に発表した上のグラフは、さまざまな組織や器官の幹細胞が一生の間に細胞分裂する回数と、それぞれの組織や器官に生じるがんの生涯リスクとを比べたもので、両者が見事に相関し、がんの主な原因が、幹細胞の遺伝子の複写ミスであることを示唆

しているように見えます⁸⁾。強い発がん要因である喫煙のような環境要因は、喫煙者と非喫煙者の肺がんのリスクを明確に分離して見せてくれますが、100ミリシーベルトの放射線曝露は、仮にnominalに算出される0.5%のリスクが現実にあったとしても、このTomasetti-plot上にその違いを表記しようがありません。

今後、各方面で努力を積み重ね、「シーベルト」が受けた放射線の影響の度合いを表わす単位ではないという理解が定着して、墓の中のロルフ・シーベルトが安眠を取り戻すことを願って居ります。

著者プロフィール

現役時代、日本赤十字社医療センター、聖マリアンナ医科大学病院、筑波大学粒子線科学センター、SPring-8、理研(横浜)で放射線管理に従事した。定年を迎える年度末に福島第一原子力発電所の事故に遭遇し、長年「飼い馴らされた放射線源」を勿体ぶって管理することで生活の糧を得てきた罪滅ぼしに被災地のお手伝いをはじめ、今日に至っている。

7) 筆者は、かつて「ヒバクシャ」という言葉が差別的な意味で使われた歴史に鑑み、英語のAtomic bomb survivorsの邦訳を用いることにしている。

8) 皮肉な言い方をすれば、がんの最大の原因は「生きていること」だということになる。

保物学会と安全管理学会 初の合同大会開催

日本保健物理学会（保物学会）と日本放射線安全管理学会（安全管理学会）との初めての合同大会が、大分市のホルトホールで6月28～30日の3日間開催された。開会挨拶で、安全管理学会の松田尚樹会長は、これまで6月はシンポジウムを行い、学術大会は12月頃だったが、多様性：diversityの広がりを楽しめればと、また、保物学会の甲斐倫明会長は、地元大分は福岡、長崎、熊本といった九州の他の都市と比べ、このような催しの少ないところだが、新たな議論、発見に向けてそれぞれの参加者が主体的に討議して頂ければ幸いと、それぞれ期待を述べた。

大会では、人材育成、福島事故、防護・安全文化、協働研究、測定法・機器に加え、急遽、プルトニウム汚染事故も取り上げてシンポジウムが行われ、それぞれ多くの聴衆を集め、活発な質疑が交わされた。さらに、大会初めての試みとしてランチョンセミナーが開催され、立ち見が出るほどの盛況であった。株式会社千代田テクノルと長瀬ランダウア株式会社が、それぞれシミュレーションコードPHITSと小型OSL線量計「ナノドット」を演題に設定して主催した。

「PHITSによる加速器施設の遮蔽と放射化物評価」では、先ず加速器放射線科学の大家である座長の中村 尚司 東北大学名誉教授が、ほぼ全ての粒子と重イオン（原子核）の輸送と衝突を記述できる3次元モンテカルロシミュレーションコード：PHITSについて、開発に至る経緯と開発者の一人で高度情報科学技術研究機構に所属する講師の仁井田浩二博士を紹介した。仁井田博士は、HIMACやJ-PARCなど国内のシステムに加え、ドイツ、米国などの加速器にも言及しつつ、設計時の遮蔽評価と、運用後の放射化評価に係る多岐にわたる応用例について、実測値との比較も交えて、具体的に示した。新しい加速器施設を設置するにあたっては、シミュレーションによる設計の最適化とともに、申請時に、廃棄物の量・濃度等をあらかじめ予測したアセスメントデータを用意しておくことが必要と結んだ。廃止措置を円滑に進める第一歩と考えられる。

「実測から見えること－小型OSL線量計nanoDotの有用性と今後の展望－」では、長瀬ランダウア株式会社の小林 育夫博士（座長）と岡崎 徹氏（演者）が、光刺激蛍光（OSL：optically stimulated luminescence）線量計の原理とnanoDotの特性、最新のリーダー、形状をリングにした末端部線量計への応用、ドローンへの搭載や水中での利用を紹介した。

大会は、参加者総数432名、演題数194件と盛会のうちに終了した。会場のホルトホールは、大分駅の南に隣接し、1,201名収容の市民ホール、2つの和室を含む17の会議室に加え図書館、保育施設、トレーニングルームなどを擁する極めて大きな施設。ここで5つの会場を運営した事務方の労を多としたい。

今回は、両学会がそれぞれ単独で開催するとのこと。保物学会は、2018年6月29-30日に札幌市で、安全管理学会は、2018年12月5-7日に名古屋大学で開催される予定である。放射線という大きなテーマに多様な観点から取り組む上でも早期の合同大会開催が期待される。

「マイクロセレクトロンHDR… RALS(ラルス)ってご存知ですか？」

医療機器事業本部

はじめに

みなさんはRALS（ラルス）という言葉をご存知でしょうか？

Remote After Loading System（リモートアフターローディングシステム）の頭文字を組み合わせてRALSです。遠隔操作密封小線源治療システムなどと書かれています。

放射線治療分野では、体外から患部へ放射線を当てる外照射治療と、体内の幹部に至近距離から放射線を当てる内照射治療に分類されます。

このうちの内照射治療に利用されるのがRALSです。

放射線は約120年前にエックス線が発見されて以来、かなり早い段階から医療分野で利用されてきました。

レントゲン、ベクレル、キュリー夫妻、これらの人の名前、聞いた事がありますよね？

キュリー夫妻がラジウムを発見したことで20世紀初頭から内照射治療が行われてきました。この頃は当然、RALSなど存在しません。放射線が治療に有用であると分かった頃は線源を針などに密封し、直接患者さんに刺入し術者が被ばくしながら治療を行っていました。それを少しでも放射線被ばくを低減するために、患者さんに予め中空の針を刺入し、密封された線源を後からマニュアルで挿入する方法、「アフターローディング法（システム）」が生まれました。

やがて機械の進化に伴い、術者が被ばくせずに放射線源を「遠隔（リモート）」で「後（アフター）」から「装填（ローディング）」する「方法（システム）」として開発されたのが、リモートアフターローディングシステム（RALS）なのです。

治療装置のご紹介

千代田テクノルでは、1988年からRALSの分野で、オランダNucletron社製品の輸入販売を始めました。

（注：オランダNucletron社は2011年9月、スウェーデンのElekta社に買収され社名がElektaと変わりました）

千代田テクノルの取り扱ってきたNucletron社製のRALS装置は次の様な物があります。

- 1988年～セレクトロン LDR/MDR
- 1991年～マイクロセレクトロンHDR Classic (V1)
- 1997年～マイクロセレクトロンHDR V2
- 2012年～マイクロセレクトロンHDR V3
- 未来2018年？～フレキシトロンHDR

セレクトロンLDR/MDRは、球状の放射線源が遮蔽容器に保管されています。（写真1、2）

治療を行う時は、空気圧を利用して遮蔽容器から患者さんに挿入されたアプリケーションまでの移送を行います。アプリケーションに送り込む放射線源と放射線を出さないスペーサの組み合わせによって希望する線源分布を実現しようと設計された治療装置でした。



写真1 セレクトロンLDR/MDR

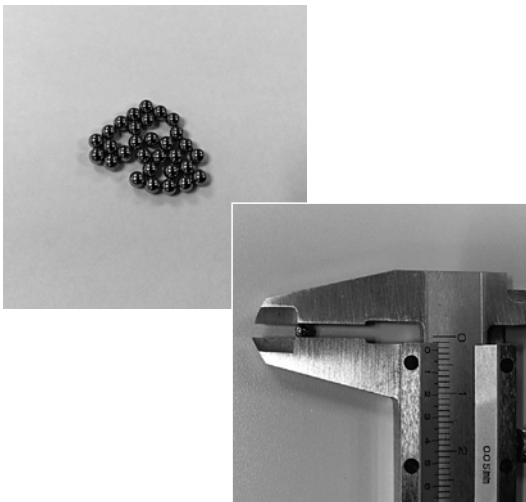


写真2 セレクトロンLDR/MDRの球状線源

マイクロセレクトロンHDRは、小さなステンレス製カプセル状の放射線源がステンレスワイヤーに溶接された形状で、遮蔽容器に保管されています。(写真3、図1)

治療を行う時は、装置内に巻き取られているステンレスワイヤーを遮蔽容器から患者さんに挿入されたアプリケーションまで送り出して、送り出した位置と停止している時間をコントロールする事によって、希望した線源分布を実現しようと設計された治療装置です。(図2)



写真3 マイクロセレクトロンHDR-V1本体

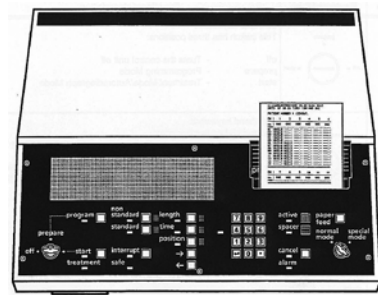


図1 マイクロセレクトロンHDR-V1コントローラー



図2 線源移送の構造図

マイクロセレクトロンHDR-V2になると、マンマシンインターフェースが向上して、PCによる制御システムになりました。(写真4、5) 更にステンレスワイヤーが細く柔軟になって曲がりのきついアプリケーション移送経路にも対応できるようになりました。(写真6、7)



写真4 マイクロセレクトロンHDR-V2本体



写真5 マイクロセレクトロンHDR-V2コントローラー

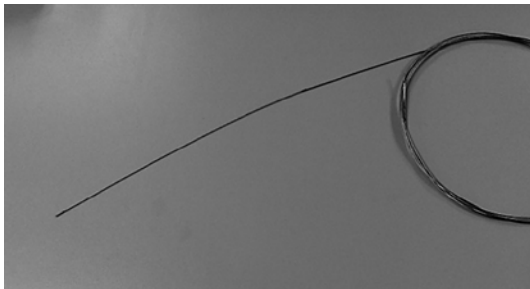


写真6 線源：Ir-192wire

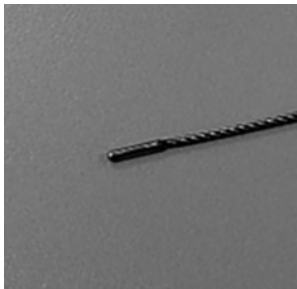


写真7 先端のIr-192カプセル部分

密封小線源治療では照射線源を患者さんへ送り込む経路を確保しなければなりません。

アプリケーターと呼ばれる筒や管形状の物、患部組織に刺すニードルと呼ばれる針の形状の物があります。

密封小線源治療の手法は時代と共に進化して、数々の婦人科治療用アプリケーター（写真8）、組織内用ニードル（写真9）などが開発され販売されてきました。近年は、婦人科用アプリケーターに組織内用ニードルを組み合わせたハイブリットと呼ばれるアプリケーターも開発されています。

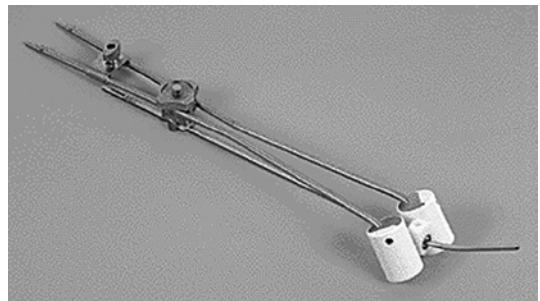


写真8 婦人科用のアプリケーター(Appフレッチャー)

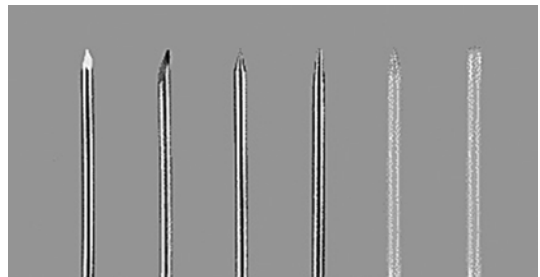


写真9 組織内治療用ニードル

治療の対象となるのは子宮がん、乳がん、前立腺がん、更には皮膚がん、舌がん、食道がん等です。（図3、4、5）

装置の進化、手法の進化はあっても基本的な治療の流れは変わりません。

治療対象部位のセッティングを行い、その状態を撮影して、その画像から治療計画を立てて、RALSにより治療を行う…これが基本です。（写真10）

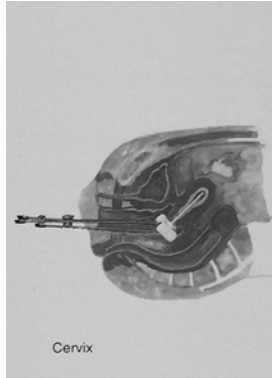


図3 婦人科用／子宮がん

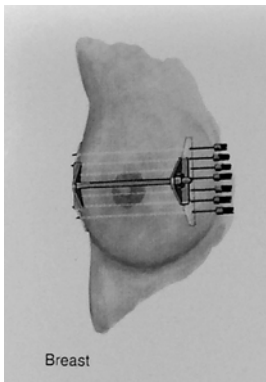


図4 組織内治療用ブレスト

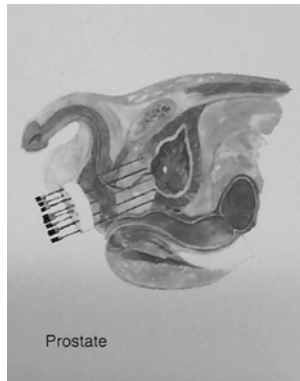


図5 組織内治療用前立腺

また放射線治療では、決められた位置へ決められた時間、放射線源を停留させて放射線を当てる事が重要です。

放射線治療装置はこの決められた位置へ正確に放射線源を送り出す事、そして決められた時間だけその位置に留まって照射する事が求められます。



写真10 RALS治療

昔	現在
フィルム撮影	デジタル画像、CT画像
デジタイザからの取り込み	ネットワーク転送
2Dのみ	2D又は3Dへ進化

マイクロセレクトロンHDRでは停止位置と停留時間、この仕様を精密に制御できるように設計されています。(図6)

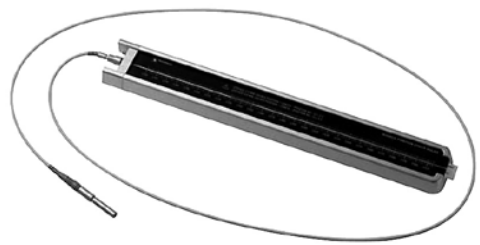


図6 線源位置確認定規

また、術者や患者さんが無用な被ばくをしない様に、各所に安全機構が用意されています。

おわりに

千代田テクノルのエンジニアは、定期的な点検を実施する事により、正確性および安全性の保障を確保しています。

治療装置が故障した場合には、スピーディーに原因を探り当て、患者さんの治療への影響が最小限となる様に体制を整えています。

サービス部門からのお願い

ガラスバッジやガラスリングを洗濯しないようご注意ください

平素より弊社のモニタリングサービスをご利用くださいます。誠にありがとうございます。「ガラスバッジを洗濯してしまった」とご連絡をいただくことがございます。白衣や作業着などを洗濯される時は、今一度ガラスバッジがついていないかご確認をお願いいたします。

ガラスバッジやガラスリングを洗濯してしまった場合は、必ず**自然乾燥してください**。

急激な加熱乾燥は、避けてくださいますようお願いいたします。誤ってドライヤーの熱風を当てたり、乾燥機にかけてしまったときは、最寄りの弊社営業所にご相談ください。状況によっては、ガラスバッジやガラスリングを交換する必要があります。

洗濯してしまったガラスバッジやガラスリングを測定依頼される時は、測定依頼票の通信欄に「お客様コード」「整理番号」「お名前」と洗濯した旨を明記してください。

お客様のご理解とご協力をよろしくお願い申し上げます。



編集後記

- 今年の8月は雨が18日間降り続いて40年ぶり、湿度が平均95%で89年ぶりとかで、6月の梅雨には雨が降らずに8月の夏がまるで梅雨のような天候不順が続いています。これも地球温暖化の影響かも知れません。世界の情勢も北朝鮮、アメリカ、中東やヨーロッパでのテロなど不安定な社会状況が続いています。せめてこの編集委員会は、以前のように和やかでのんびりとした雰囲気であって欲しいと思っています。
- 今月号は、例年通り「原子力の日に思う」の記事で、草間朋子氏が「身近で、信頼される放射線防護・安全の専門家を目指して」と題して、特に看護師への放射線教育の必要性と放射線看護学の確立・普及について述べられています。
- ついで、筑波大学医学医療系の磯辺智範氏、榮 武二氏、櫻井英幸氏が、「筑波大学における放射線健康リスク科学教育システムの構築」と題して、文部科学省が支援する「課題解決型高度医療人材養成プログラム」

の「放射線障害を含む放射線健康リスクに関する領域」に採択された事業内容が詳しく紹介されています。3つの教育プログラム「学部教育プログラム」、「卒業生教育プログラム」、「大学院教育プログラム」からなる包括的なものとなっています。

- 特定非営利活動法人放射線安全フォーラムからは多田順一郎氏が、「シーベルトの嘆き」と題して、多田氏流の鋭い筆法で、シーベルトは人体が受けた放射線の影響の度合いを表す単位ではなく、放射線防護の目安を表す単位であると、ICRPやICRUでの経緯も含めて批判をされています。
- また、医療機器事業本部からは、「マイクロセレクトロンHDR・・RALS（ラルス）ってご存知ですか？」という内容の紹介記事が掲載されています。これは遠隔操作密封小線源治療システムともいわれるそうです。今月号は、医療放射線関係の記事が中心になっています。
(T.N.記)

FBNews No.490

発行日／平成29年10月1日

発行人／山口和彦

編集委員／今井盟 新田浩 中村尚司 金子正人 加藤和明 青山伸 河村弘

谷口和史 岩井淳 川口桃子 小口靖弘 佐藤大介 高橋英典 和田卓久

発行所／株式会社千代田テクノ

所在地／〒113-8681 東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル

電話／03-3816-5210 FAX／03-5803-4890

<http://www.c-technol.co.jp/>

印刷／株式会社テクノサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円(本体371円)