

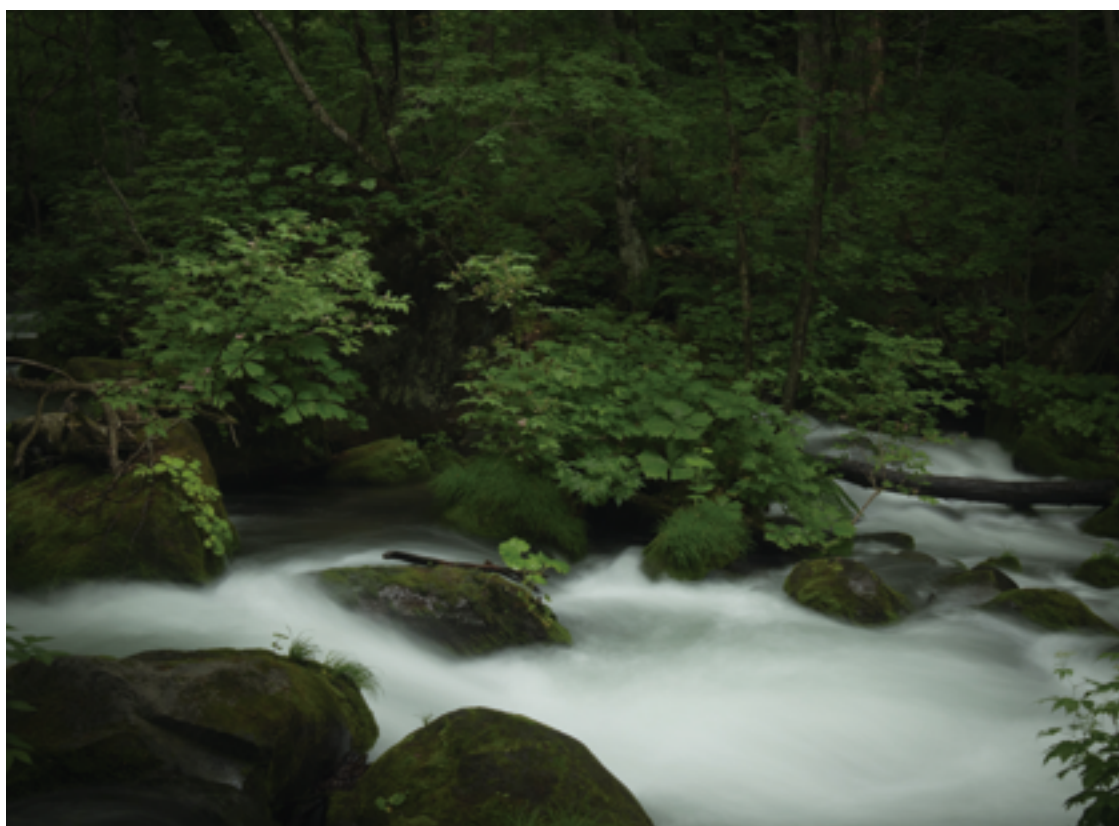


Photo Kironori Kirano

Index

放射線治療における投与線量の不確かさと医学的影響 …… 黒岡 将彦	1
光子用体幹部個人線量計のEURADOS相互比較試験 “IC2018ph” の結果について …………… 高島 直貴	6
株式会社千代田テクノル 代表取締役会長 細田 敏和 フランス共和国国家功労勲章シュヴァリエを受章 ……………	10
〔コラム〕 6 th Column 【12か条】…………… 中川 恵一	11
(株)千代田テクノルの海外へのガラス線量計の展開について ……………	12
第14回テクノル技術情報セミナーを開催いたしました ……………	17
令和元年度 放射線取扱主任者試験施行要領 ……………	18
〔サービス部門からのお願い〕 測定依頼票のご記入のお願い……………	19

放射線治療における投与線量の 不確かさと医学的影響



黒岡 将彦*

1. 放射線治療における吸収線量・線量分布の不確かさ

物理量である吸収線量は、バラつきあるいは広がりの特徴づける数値によって表わされる不確かさを持っている。これは測定や観測される値が正確には分らないことを反映する標準偏差のようなパラメータによって記述される¹⁾。吸収線量の不確かさは、ビーム校正から実際の照射まで、治療の全ての段階で生じる。この中には、腫瘍位置の同定、患者固定などの患者要因の不確かさや、日々のビー

ムセットアップや患者位置合わせといった、人的要因の不確かさも含まれる。

放射線治療において、放射線腫瘍医による治療計画の承認は、主に患者体内の線量分布図のレビューによって行われる。医師によって承認された治療計画の線量分布と実際に照射される線量分布に空間的な相違が発生すると、腫瘍領域を十分な線量領域でカバーできなかったり、リスク臓器に不必要な高線量領域が干渉するなど、臨床上許容できない結果をもたらす可能性が生じる。そのため、吸収線量の不確かさについては、評価点の絶対線量だけでなく、線量分布の空間的精度も重要である。

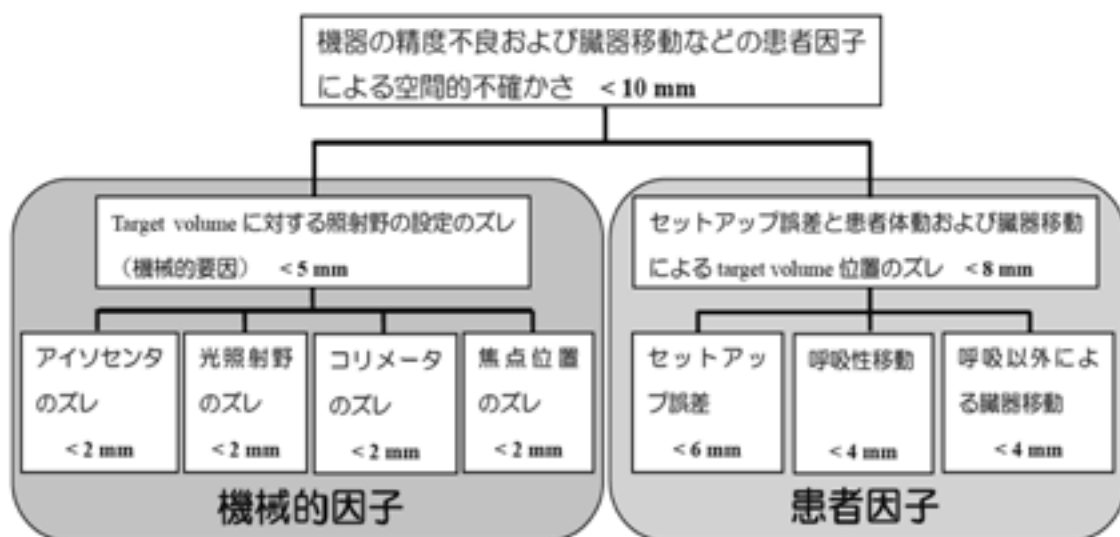


図1 放射線治療プロセスにおける空間的不確かさ²⁾

* Masahiko KUROOKA 東京医科大学病院 放射線治療部 医学物理士

AAPM Task Group Report No.13²⁾の中で、機器の精度および呼吸や臓器移動などの患者因子を考慮した放射線治療の空間的不確かさが示されている(図1)。

最終的な放射線治療の不確かさを低減して、より精度の高い放射線治療を提供するためには、装置の幾何学的精度管理と患者固定、画像誘導放射線治療(Image Guided Radiation Therapy; IGRT)を利用した照射位置精度の向上を図るなど、治療プロセスの各段階での不確かさを低減させる必要がある。

2. 吸収線量・線量分布の正確さと医学的影響

放射線治療の究極の目標は、我々が意図したとおりの線量を患者に対して定量的にも空間的にも誤差なく“パーフェクト”に投与することである。しかし、全ての不確かさを除去するのは事実上不可能であるため、ある程度の不確かさを許容せざるを得ない。しかし吸収線量・線量分布の不確かさは、腫瘍制御および正常組織の合併症の程度に影響を与えるため、許容される不確かさのレベルを科学的なエビデンスに基づいて検討しておかなければならない。

2.1. 臨床医学的観点から

指示処方線量と実際の投与線量との間に偏差を伴う症例について、臨床上の治療結果を観察して得られた、線量偏差と治療結果の関連に関する情報を再検討することは、臨床医学的な観点から投与線量の不確かさの許容範囲を考察するために非常に有益である。

(i). Dutreixは³⁾ 婦人科領域の腫瘍に対し全骨盤へ腫瘍線量として50Gy処方(週5回5週間照射)されていた患者で、皺襞

上の皮膚反応や下痢症状が通常より強いことに放射線腫瘍医が気付いたと報告している。このとき観察された事象は放射線治療装置の校正の誤りにより、患者に対し系統的に過大線量となっていたことに起因していた。推定された過大線量は67人の患者で7%、21人の患者で10%であった。

- (ii). StewartとJacksonは^{4),5)}、1955-1965年の10年間に放射線治療を受けた喉頭がん584症例(T1~4期)において、5%程度の線量変化が生じた場合に、T3期症例で急激な再発率の変化が生じていることを発見した。それと同時に、壊死といった合併症が顕著に増加していた。
- (iii). Svenssonら⁶⁾は乳癌術後の局所リンパ節に対する照射における上腕神経叢の放射線障害について報告している。この中で神経障害の頻度をcumulative radiation effect (CRE; NSD(名目標準線量)の微分で表わされる量)に対してプロットし、生物学的に許容される線量の不確かさ(標準偏差)は5%以下であると結論付けた。
- (iv). 58人の乳癌患者における皮膚反応についての臨床試行研究では、両側の内胸リンパ節領域に電子線を用い、上下の照射野で総線量50~60Gyを照射していたが、Wambersieは⁷⁾、症例の80%で、電子線と⁶⁰Coの照射野間での10%の線量差が発見されたと報告した。鎖骨上窩の左右対称の照射野では、5%の線量差でさえ臨床的に検出可能であった。
- (v). Discheらは⁸⁾、平均投与線量がわずかに異なる患者群での腫瘍局所制御と生存率の差について報告し、その線量差が原病死に決定的な差を生じさせると警告した。放射線治療における線量測定の精度に対する臨床的根拠についての2つの再調査

研究では、Wamberisら⁹⁾とMijnheerら¹⁰⁾が、5～10%の範囲の吸収線量の差が多く、状況で発見可能であったと結論付けた。

腫瘍制御と正常組織の合併症に対して線量偏差の与える影響は、照射される組織の種類や分割方法（分割照射）、照射体積などの因子に左右されるが、先に示した報告を総合的に考えると、臨床的に発見できる最低の線量差は±5～10%程度であると考えられる。一般的に患者への過大線量のみが重要であると考えがちであるが、過小照射も同様に重要である。過小線量の事例は過大線量の場合よりも臨床的に発見するのが難しく、多くの場合は治療が完了してからずっと後になって初めて見つけれられ、予想されたよりも高い腫瘍再発率を示している¹¹⁾。

2.2. 腫瘍放射線生物学的観点から

腫瘍の放射線に対する応答特性から見た临床上必要とされる投与線量の精度は、腫瘍制御率(TCP; Tumor control probability)と正常細胞障害発生率(NTCP; Normal tissue complication probability)の線量効果曲線から導くことができる。図2に、TCPとNTCPの線量効果曲線を示す。グラフからも明らかなように、線量が増加するに従って腫瘍の制御率が上昇するが、正常組織

の障害発生率も上昇する。逆に線量が減少すると、正常組織の障害発生率が低下するが、腫瘍の制御率も低下してしまう。図2中の釣鐘状の曲線は、TCPとNTCPの関係から導き出された、正常組織の障害が許容範囲内で、腫瘍の治療が可能な確率を表しており、放射線治療の品質を測る指標となる。TCPとNTCP

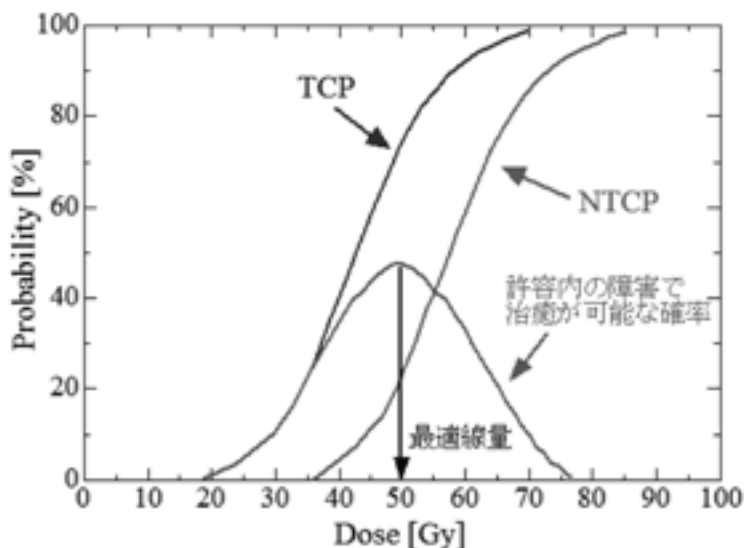


図2 腫瘍制御率と正常組織障害発生率の線量効果曲線

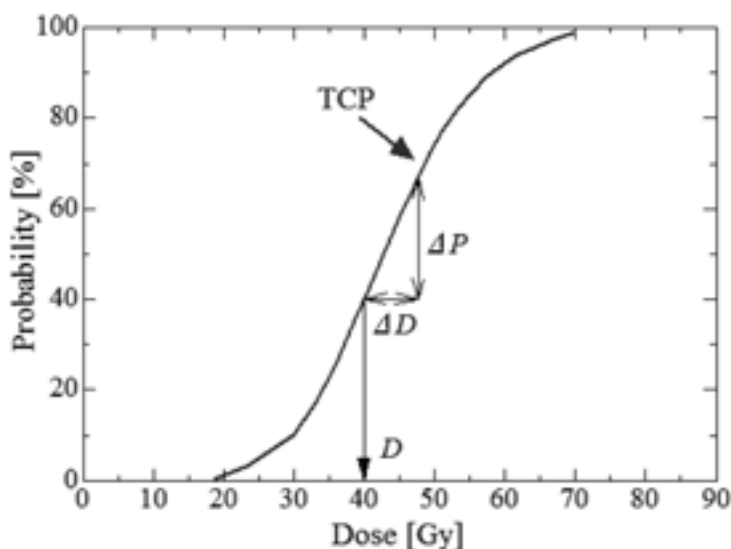


図3 Normalized dose response gradient; γ の概念図¹³⁾

ΔD は線量変化、 ΔP は腫瘍制御率の変化を表す。

の差が最大となる線量が最適線量と考えられ、治療の品質が最も高くなると考えられる。このデータからも実際に投与される線量が最適線量からシフトすると、治療の質が低下することが明らかである。

表 1 代表的な悪性腫瘍の γ_c の例¹²⁾
表中のT1、T2、T3は病期を表す

部位	γ_c	報告者
鼻咽頭		
T1/2	2.8	Metz et al.
T3	1.0	
舌		
T1	1.7	Lees
T2	1.4	
扁平上皮乳頭腫	3.5	Patterson
	3.9	Hliniak et al.
声門 T2	4.6	Harwood
喉頭		
T3	4.0	Stewart and Jackson
T3/4	8.0	Maciejewski et al.
T2/3	3.5	Shukovsky
喉頭	3.0	Kim
	2.4	Aristizabal and Caldwell

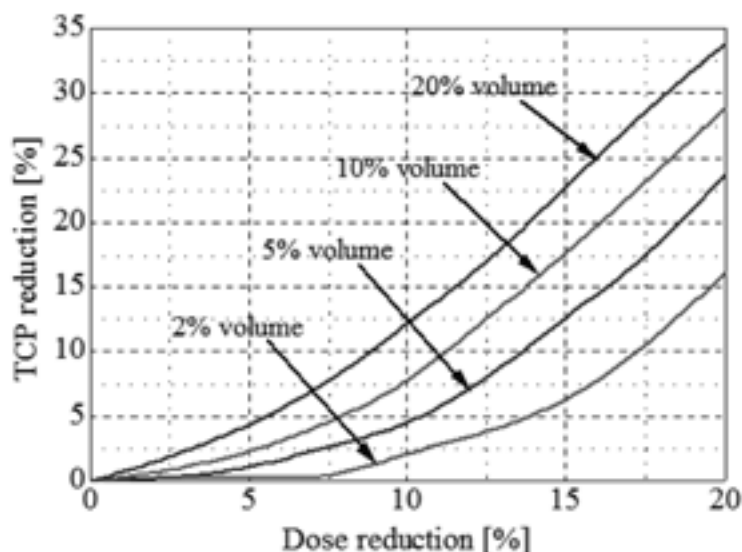


図 4 線量低下とTCP減少の関係¹⁵⁾

線量低下を被る腫瘍体積が大きくなるほど、TCPの低下が顕著である。

TCP曲線の傾きから、Normalized dose response gradient: γ という量を考えると線量変化に伴うTCP変化率を算出することが出来る。以下に γ の算出式^{12),13)}を、図3にその概念図を示す。

$$\gamma = D \frac{\Delta P}{\Delta D} \quad (1)$$

式(1)からも明らかなように、この γ は与えられた投与線量の相対変化に伴うTCPの変化率を表す。つまり投与線量が1%変化すると、TCPは $\gamma\%$ 変化することになる。この γ は生物学的に細胞増殖能の点から考える場合と、臨床医学的に考える場合で異なる指標が適用され、それぞれ γ_B 、 γ_C という量が用いられる。表1に代表的な悪性腫瘍の γ_C を示す¹²⁾。腫瘍の種類によって γ_C が異なるのは、腫瘍ごとにTCP曲線の傾きが異なるためである。5%の線量変化が生じると、多くの腫瘍で10%以上のTCPの変化が生じることがわかる¹²⁾。また線量低下を被る腫瘍体積が大きくなるほど、TCP低下の度合いが大きくなる(図4)¹⁴⁾。

2.3. 吸収線量・線量分布に求められる精度

ICRU Report 24では、TCPデータに基づいて放射線治療で必要とされる腫瘍線量精度を検討し、5%の線量精度が必要であると結論付けた⁵⁾。この結果が幅広く標準値として採用されているが、信頼水準が明記されていないという問題が残る。その後、同様の解析がMijnheerら¹⁴⁾やBrahmeら¹⁵⁾によっても行われており、3 – 3.5% (1 SD, SD: 標準偏差) (95%信頼水準で6 – 7%)の線量精度が必要であるという

結果を得ている。

線量分布の空間的不確かさについても TCP と NTCP への影響を考慮すると、95% 信頼水準で 5 mm 程度の精度が必要であると考察されている¹⁶⁾。

3. おわりに

放射線治療における不確かさについて、その医学的影響を中心に概説した。世の中の事象には必ず不確かさが付随する。その不確かさをどのように排除し、どこまで許容するかを考える時、医学的影響を考察しながら検討することで、より臨床に根付いた不確かさの取り扱いが可能になるだろう。

参考文献

- 1) ICRP: Uncertainty in Radiotherapy. In: ICRP report 86, Prevention of accidental exposures to patients undergoing radiation therapy. Ann. ICRP 30: 57-61, 2000
- 2) AAPM: AAPM report 13, Physical aspects of quality assurance in radiation therapy. 1994, AAPM, NY.
- 3) Dutreix A: When and how can we improve precision in radiotherapy? Radiother. Oncol. 2: 275-292, 1984
- 4) Stewart JG and Jackson AW: The steepness of the dose response curve both for tumor curve and normal tissue injury. Laryngoscope 85: 1107, 1975
- 5) ICRU: Errors in dosimetry. In: ICRU REPORT 24, Determination of Absorbed Dose in a Patient Irradiated by Beams of X or Gamma Rays in Radiotherapy Procedures. 45-50, 1976, ICRU, Washington.
- 6) Svensson P, Westling P, and Larsson LG: Radiation-induced lesions of the brachial plexus correlated to the dose-time-fraction schedule. Acta Radiol. (Ther. Phys. Biol.) 14: 228-238, 1975
- 7) Wambersie A, Zreik H, Prignot M, et al: Variation of RBE as a function of depth in a high energy electron beam in the first millimeters of irradiated tissues determined by observation of skin reactions on patients (a clinical trial). Strahlentherapie 148: 279-287,

1984

- 8) Dische S, Saunders MI, Williams C, et al: Precision in reporting the dose in a course of radiotherapy. Radiother. Oncol. 29, 287-293, 1993
- 9) Wambersie A, Van Dam J, Hanks G, et al: What accuracy is needed in dosimetry? IAEA: IAEA -TECDOC-734, Proc. Sem. Radiation dose in radiotherapy from prescription to delivery. 11-35, 1994, IAEA, Vienna.
- 10) Mijnheer BJ: The clinical basis for dosimetric accuracy in radiotherapy, British Institute of Radiology: Radiation incidents: Uncertainties, errors, and accidents in radiotherapy, a meeting organized by the British Institute of Radiology. 16-20, 1996, British Institute of Radiology, London.
- 11) ICRP: Clinical detectability of difference in dose prescription and delivery. In: ICRP report 86, Prevention of accidental exposures to patients undergoing radiation therapy. Ann. ICRP 30: 20-22, 2000
- 12) Brahme A: Dosimetric precision requirements in radiation therapy. Acta Radiol. Oncol. 23: 379-391, 1984
- 13) Bentzen SM: Dose-response relationships in radiotherapy. In: Joiner M and Van der Kogel A eds, Basic Clinical Radiobiology, 4th edition. 56-67, 2009, Hodder Arnold, UK.
- 14) Mijnheer BJ, Battermann JJ, Wambersie A: What degree of accuracy is required and can be achieved in photon and neutron therapy? Radiother. Oncol. 8: 237-252, 1987
- 15) Goiten M: Biological matters. In: Goiten M, A Radiation Oncology, Physicist's eye view. 85-110, 2008, Springer, New York.
- 16) Van Dyk J and Purdy JA: Clinical implementation of technology and the quality assurance process. In: Van Dyk J eds, The modern technology of radiation oncology. 19-51. 1999, Medical physics publishing, Wisconsin.

著者プロフィール

【現職名】

東京医科大学病院放射線治療部(医学物理士)

【略 歴】

名古屋大学医学部保健学科卒業、同大学大学院医学系研究科医用量子科学分野修士課程修了[修士(医療技術学)]。東京女子医科大学病院、神奈川県立がんセンターを経て、現職に至る。

【学会役員等】

日本医学物理士会理事、日本放射線腫瘍学会健保委員、同QA委員、日本医学物理学会QA/QC委員、同広報委員。

光子用体幹部個人線量計のEURADOS相互比較試験 “IC2018ph”の結果について

大洗研究所 高島 直貴

1. はじめに

お客様にご使用いただいている弊社のガラスバッジは、世界中の個人線量計の中でどれほどの性能なのでしょうか。それを確認する方法として、欧州放射線計測グループ（EURADOS：ユラドス）が主催する相互比較試験というものがあります。欧州ではこの相互比較試験への参加を重要視しており、個人放射線被ばく線量測定サービスの認証・認定の要件にこの相互比較試験への参加を定めている国も存在します。毎年開催されているこの試験で、昨年2018年は光子用体幹部の個人線量計を対象に“IC2018ph”として実施されました。

この試験の結果が、2019年2月11日～14日にポーランド・ウッチで開催されたEURADOSの年次大会の中で報告されましたので、その内容を弊社の結果と合わせてご紹介いたします。

2. IC2018phの概要

光子用体幹部の個人線量計の相互比較試験は2008年から隔年で実施されており、今回で6回目となります。近年は欧州以外の国々も参加するようになり、弊社は2014、2016年に続き3回目の参加となりました。

IC2018phには、40カ国から101の機関、121の線量計システムが参加しました。線量計システムの内訳はTLDが82、OSL線量計が18、フ



今年のEURADOS年次大会の会場は、スポーツ施設で、ボルダリングやフットサルコートなどがありました。

(写真上：大会会場外観、写真下：施設内部)

イルム線量計が9、その他が10でした。その他には、弊社が使用しているガラス線量計のほか、電子式線量計やDIS線量計が含まれます。測定したのは体幹部の $H_p(10)$ と $H_p(0.07)$ ですが、両方を測定対象としている線量計システムは91でした。

試験は、2018年3月の参加申し込みから2019年2月の参加者ミーティングまで約1年かけて行われました。まず、照射用、コント

ロール用、予備用の計34個の線量計を主催者に送りました(2018年5月)。これらの線量計は欧州の2つの施設で照射され、参加者側に返却されました(同年9月)。そして返却後1か月以内に評価した結果を主催者に報告しました。同年12月には各参加者に評価した線量と照射量の比較結果や放射線の種類、エネルギー、角度等の結果が報告され、2019年2月のEURADOS年次大会中に開催された参加者ミーティングで全体の結果が報告されました。

今回の試験の照射条件を表1に示します。Cs-137、Co-60の γ 線の他、エネルギーの異なる3種類のX線が照射され、X線(N-150: 平均エネルギー118keV)と γ 線(Cs-137)の混合照射も実施されました。また、X線では60度方向からの照射も行われました。照射はオランダのDutch National Metrology InstituteとギリシャのGreek Atomic Energy Commissionで実施されました。

3. 試験結果

弊社ガラスバッジの結果を図1および図2に示します。図1は、 $H_p(10)$ と $H_p(0.07)$ のそれぞれにおいて、弊社が評価した線量と照射量の比を示した結果です。グラフ上の曲線はトランペットカーブと呼ばれるもので、ISO 14146で規定された不確かさの性能要件の許容範囲を示したものです。曲線の形が楽器のトランペットの開口部に似ていることからその名が付けました。本相互比較試験においては、線量計の性能判定基準としてこのトランペットカーブが用いられており、弊社の結果はすべての照射条件において基準内に入っています。

図2は図1の一部の結果について横軸を光子の平均エネルギーに変えたものです。点線で示したガラスバッジのエネルギー特性と本相互比較試験の0度からの入射での結果が一

表1 IC2018phでの照射条件

線源	平均エネルギー (keV)	入射角度	照射量(mSv)		照射回数
			$H_p(10)$	$H_p(0.07)$	
N-60	48	0°	1.27	1.20	2
		60°	1.28	1.43	2
W-110	79	0°	4.50	4.12	2
N-150	118	60°	1.28	1.35	2
Cs-137	662	0°	0.7	0.7	2
			4.9	4.9	4
			4.4	4.8	2
Co-60	1250	0°	55	56	2
			310	315	2
N-150 + Cs-137 (混合)		0°	6.60	6.07	2

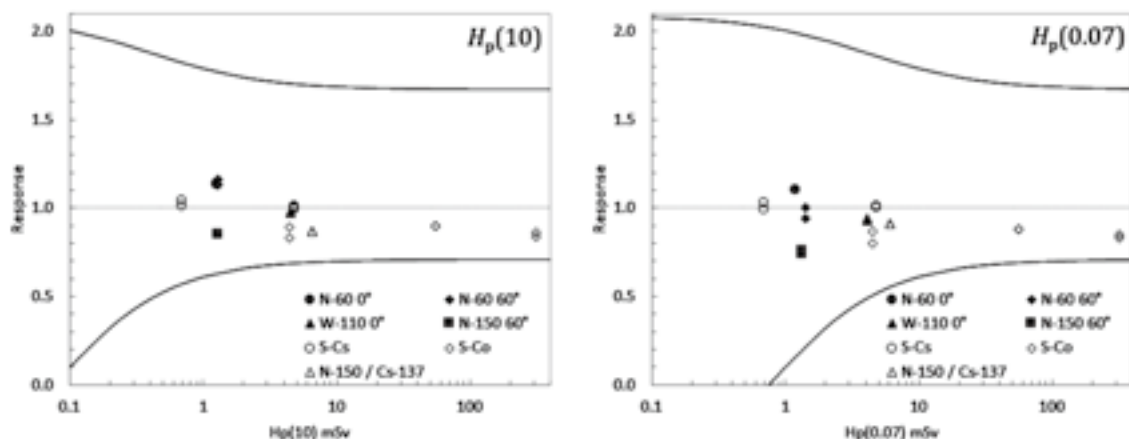


図1 IC2018phでの弊社ガラスバッジの結果(ISO14146：2018のトランペットカーブ)

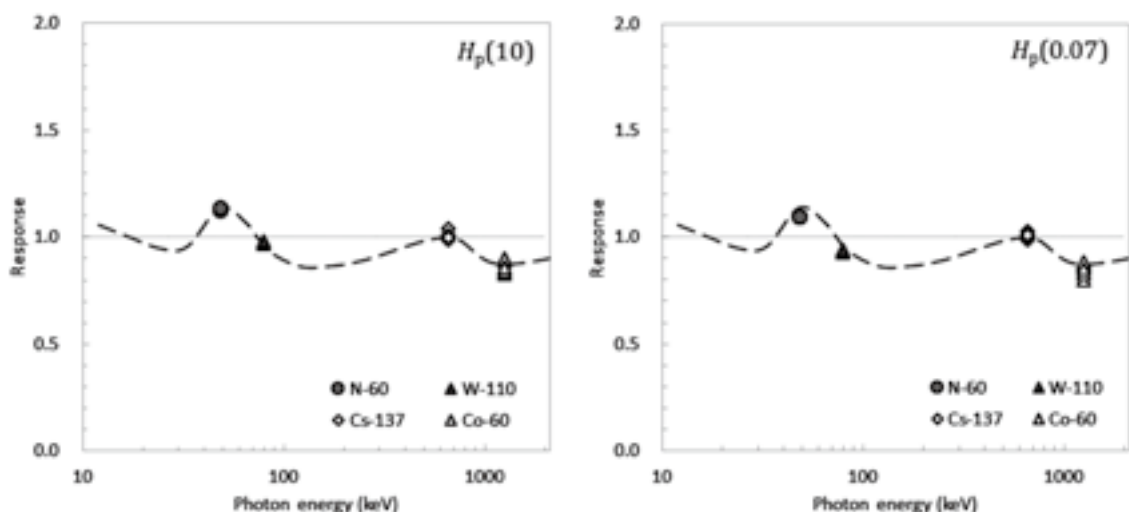
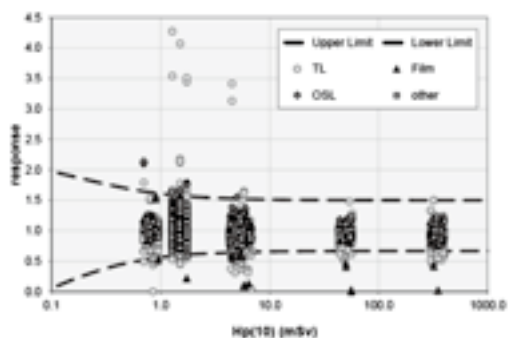


図2 IC2018phでの弊社ガラスバッジの結果(エネルギー特性との比較)

Trumpet curve for $H_p(10)$



Trumpet curve for $H_p(0.07)$

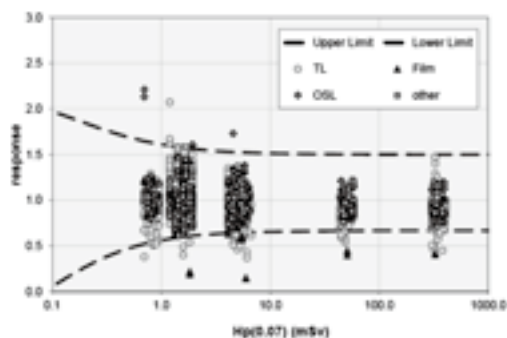
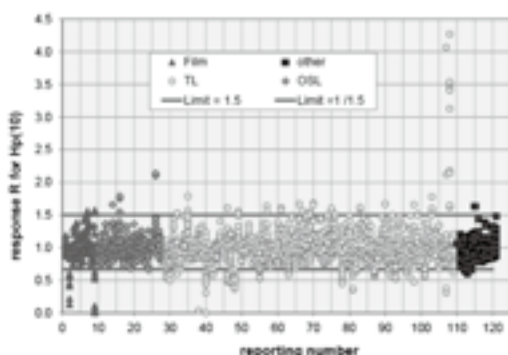


図3 IC2018phでの参加全体の結果(ISO14146：2000のトランペットカーブ)

All individual results for $H_p(10)$



Individual results for $H_p(0.07)$

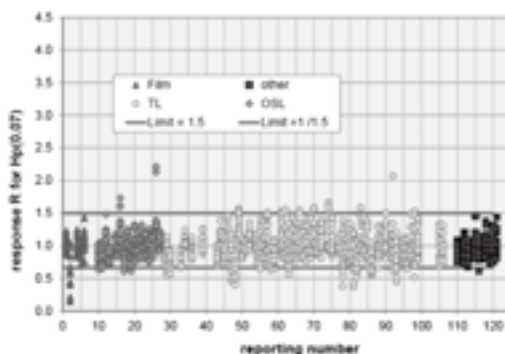


図4 IC2018phでの参加者ごとの結果

致していることから、設計どおりの性能が保たれていることが確認できました。

続いて、参加機関全体の結果をご紹介します。図3は図1と同様にISO 14146のトランペットカーブ上に全結果をプロットしたものです。ISO 14146は2018年に改訂され、トランペットカーブの評価式が変わりましたが、本図は旧版である2000年版で評価されています。トランペットカーブの外側にあるプロット(outlier)は、 $H_p(10)$ は全体の6%、 $H_p(0.07)$ は全体の4%でした。図1は2018年版の評価式のトランペットカーブを示していますが、2000年版の評価式でも判定基準を満たしております。

図4は参加機関ごとの結果です。同じ測定原理を用いても機関によって結果が異なることが分かります。ISO 14146で定めた許容範囲を満たした線量計は、 $H_p(10)$ は全体の88%で $H_p(0.07)$ は全体の87%でした。さらにすべての照射条件で許容範囲を満たした線量計は、 $H_p(10)$ は全体の64%、 $H_p(0.07)$ は全体の78%でした。また弊社の結果は許容範囲をすべて満たしております。(弊社のreporting numberは119番です)。

IC2018phの全体の結果の詳細については、EURADOSのホームページで公開されてお

ます。また過去に実施された相互比較試験の結果についても掲載されております。

(<http://www.eurados.org/en/Actions/Intercomparisons>)

4. さいごに

IC2018phに参加することで、ガラスバッジの性能を客観的に確認できたことに加え、世界中の各機関で使用されている個人線量計の性能を知ることができました。自身の線量計の品質維持、向上だけでなく世界中の個人放射線被ばく線量測定サービス事業者のレベルの底上げを目的とした(そのため各参加者の名前は非公表で報告されます)この相互比較試験はとても有意義な試験であることを改めて感じました。

EURADOSは、2019年に末端部用個人線量計、眼の水晶体用線量計に対する相互比較試験を実施する予定です。また2020年は再度光子用体幹部線量計での相互比較試験を予定しているとのことです。弊社は今後も継続的に相互比較試験に参加し、ガラスバッジによる線量測定のパフォーマンス・品質の維持・向上に努めてまいります。



株式会社千代田テクノル 代表取締役会長 細田 敏和

フランス共和国国家功労勲章シュヴァリエを受章

当社代表取締役会長 細田 敏和は、フランス共和国から国家功労勲章シュヴァリエを贈られ、去る2月27日、同国大使公邸においてローラン・ピック駐日特命全権大使から授与されました。これは、フランスの放射線防護原子力安全研究所（IRSN：Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire）とIRSN型ガラスバッジ・システムを共同で開発し、納入したこと、放射線測定・防護について共同研究を実施したこと、2011年に起きた東京電力福島第一原子力発電所事故の放射能汚染測定、放射能汚染がれきの選別装置等で最先端の技術・経験を有するアレバ社、キャンベラ社と各種装置の共同開発を行うなど、日仏協力・交流に寄与したことによります。

今回の授与についてピック大使は、特に2005年当時、世界最高性能の個人放射線量測定器を求めていたIRSNの要求に、共同開発により見事に応え、実用システムを提供したことに端を発し現在に至る千代田テクノルの一連の日仏協力を詳細に紹介されました。大使はその上で、細田会長の業績を紹介すると会社の業績を紹介しているようですが、会長は仕事のみならず、音楽やワインをはじめ文化、芸術、生活の面でも日仏両国間の交流に貢献されているフランスにとってかけがえのない友人と讃えられました。

答礼の挨拶で細田会長は、今回の受賞は放射線計測における千代田テクノルの技術力が世界に冠たるものであることを認めて頂いたものであり、昭和29年以来この分野で貢献されてきた諸先輩、同僚はじめ社員全員の努力の賜として全員の代表としてこの栄を受けますとし、一層の努力を約束しました。

本誌名「FBNews」の由来であるフィルムバッジによる個人線量測定を1954年（昭和29年）に当社の創業親会社、千代田レントゲン株式会社が日本ではじめて提供して以来、半世紀近く技術を磨いてきた1996年、当社はガラスバッジへの切り替えを決断しました。当時社長の細田は、一旦は却下したものの納得しない研究員達のために後日再審議することとして、ガラス線量計について猛勉強しました。その結果、測定の精度、安定性に優れ、繰り返し読み出しても信号が失われず暗室が不要で、消耗品もほとんど出ないことを見だし、否定するはずの取締役会冒頭で急ぎ実用化に向けて準備するよう宣言いたしました。2000年には、AGCテクノグラス株式会社と共同で開発した日本で唯一、最初のガラスバッジによる測定サービスを開始しました。

ガラスバッジをフランスIRSNはじめ世界に広められるようになったきっかけは、国際原子力機関（IAEA）で次長を務められていた故 町 末男博士と2003年当時、在ウィーン国際機関日本政府代表部の高須 幸雄大使から日本製の技術を是非に世界に広めるようにと激励を頂いたことでした。日本でしか使われていないガラスバッジが世界最高水準のものであることの確認を、自らの結果のみが示されるIAEA主催の国際相互比較試験から得た当社は、大きな力を得ました。

2005年にフランスIRSNから個人線量測定システムの国際入札の知らせを受けた当社は、創業以来初の試みに挑戦しました。IRSNの考えを把握したいけれども伝が無い当社にとって幸いだったのは、2000年から放射線測定の共同研究をしていたクロアチア共和国ルダー・ボスコビッチ研究所保健物理部門長のマリカ・ログノビッチ博士がIRSNへの接触の糸口をつけて下さったことです。急ぎ当時社長室長の今井 盟常務取締役をパリへ派遣し、求められている事柄の詳細を確認することが出来ました。すべてをフランス語でまとめあげるためには、当時日揮株式会社のパリ駐在事務所におられた田島 将男様に全面的に指導頂きました。契約の調印でIRSNを訪問した際、ジャック・ルピュサル理事長に個人放射線測定・放射線防護についての共同研究を快諾頂いたことも大きく後押しをしてくれました。その後、IRSN、AGCと当社の研究員達が必死で開発を進めた結果、既製品には全くない高度な性能を持つIRSN型ガラスバッジが完成したのです。これを契機にIRSNとの協力は発展し、IRSN開発の眼の水晶体用測定器「ドジリス（DOSIRIS）」の採用などにつながってきています。

（文責：青山 伸）



ローラン・ピック駐日特命全権大使(右)と
代表取締役会長 細田 敏和(左)



コラム
6th
Column

中川 恵一

東京大学医学部附属病院

12 か 条

がんは細胞の老化と言える病気ですから、急速な高齢化とともに、がんが急増しており、日本男性の3人に2人、女性でも2人に1人が生涯に何らかのがんにかかります。

ただし、60歳までにがんにかかる確率は1割程度にすぎません。しかし、70歳になると2割になります。欧米とちがって移民を受け入れない日本では、若い労働力の減少を高齢者が補う必要があります。実際、日本の就労人口の12%が65歳以上の高齢者です。今後予想される定年延長はさらに働くがん患者を増やすことになります。日本の男性が75歳までにがんになる確率は3分の1もありますから、非常に大きなリスクだと言えるでしょう。

女性の場合は若い世代からがんが増えるのが特徴で、30歳代にかぎれば、女性のがん患者は男性の2倍以上になります。乳がんのピークは40代後半、子宮頸がんは30代に最も多いなど、女性のがんは老化以外の要因が多いからで、女性は若いころからの備えが必要となります。定年の延長と女性の就労は働くがん患者を増やすことになるのです。

がんで命を落とさないための秘訣を12か条としたものがあります。国立がん研究センターがん予防・検診研究センターがまとめ、がん研

究振興財団が2011年に公開した「がんを防ぐための新12か条」です。この12か条は日本人を対象とした疫学調査などの科学的な証拠をもとにまとめられたもので、以下の内容となります。

- 1) たばこは吸わない
- 2) 他人のたばこの煙をできるだけ避ける
- 3) お酒はほどほどに
- 4) バランスのとれた食生活を
- 5) 塩辛い食品は控えめに
- 6) 野菜や果物は不足にならないように
- 7) 適度に運動
- 8) 適切な体重維持
- 9) ウイルスや細菌の感染予防と治療
- 10) 定期的ながん検診を
- 11) 身体の異常に気がついたら、すぐに受診を
- 12) 正しいがん情報でがんを知ることから

がんは、少しの知識とそれに基づく行動によって、運命が分かれてしまう病気ですから、とくに、12番目の「がんを知る」ことがとくに大切です。

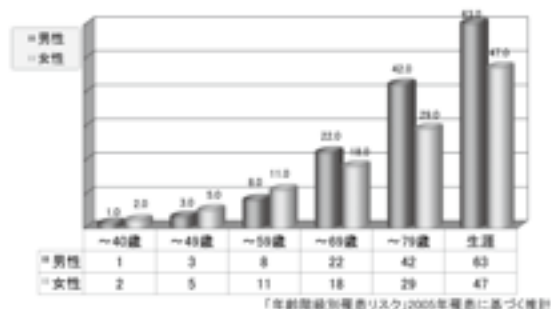
あまり知られていませんが、学校での「がん教育」が始まっており、12か条の内容は学校で習うことになります。中学と高校では、保健体育の学習指導要領にもがん教育が明記されました。

今後、子どもたちは「がんを知る」ことになりますから、将来、欧米並みにがん死亡も減ると思います。

問題は学校に行けない大人です。この連載で「大人のがん教育」を受けて下さい。

各年齢までの罹患リスク (%)

何歳までにどのぐらいの人ががんになるか？



(株)千代田テクノルの海外へのガラス線量計の展開について

営業企画本部国際課

1. はじめに

2000年、弊社は日本国内において、ガラスバッジによる個人放射線被ばく線量測定サービスを開始しました。2003年から2004年の国際相互比較試験でもその高度な技術が認められ、2008年、ガラスバッジはフランス放射線防護原子力安全研究所（IRSN）において本格導入されました。

それ以降、ガラスバッジはヨーロッパ、アジアにおいて導入され、利用されております。また、小型ガラス線量計システム「ドーズエース」も韓国をはじめ、各国の医療、診断、研究分野において利用されております。

今日までのガラス線量計の世界へ向けた販売普及の歩みをご紹介します。

2. ガラスバッジ

2.1 フランス

IRSNは、原子力エネルギー政策を積極的に推進したフランスにおいて、原子力技術の安全性担保に必要な対策を策定、提案する国立研究所です。IRSNは1,500人を超える専門家を擁し、研究分野は原子力、医療、環境科学と多岐にわたります。フランスで培われた経験やノウハウを海外へ波及させる教育や、事故対応への支援にも積極的に取り組んでおり、放射線災害時にはアフリカ、アジア、南アメリカからもアドバイス要請が届きます。

放射線測定は放射線の安全利用の基本であり、IRSNはフランス全土の約17万人を対象とする個人放射線被ばく線量測定サービス事業を運営しています。一日あたり10,000個を超え

る線量計の読取が可能な処理能力を持ち、欧州でも他に類をみない規模を誇ります。IRSNでは、原子力産業・非原子力産業、医学・獣医学、研究機関、教育機関等の24,000事業所を対象に、年間1,250,000件の測定を行っています。IRSNはほぼ毎年国内外の相互比較分析プログラムに参加しており、個人放射線被ばく線量測定サービスについてCOFRAC（フランス認定委員会）の認証を受けています。

IRSNでは、ガラスバッジは職業被ばくの可能性がある労働者の個人放射線被ばく線量測定サービスのみならず、施設内の環境線量計としても使用されています。

また、IRSNはTELERAYと呼ばれるフランス国内環境放射線線量測定網を管理する任務を担っており、ここでもガラスバッジが使用されています。

さらに、IRSNでは常時、危機対応組織に提供できるだけの線量計をストックしています。これらは危機発生時に対応する人員に配布するほか、環境放射線の測定に使用されます。大規模危機が発生した場合には、1日10,000個のガラス線量計を提供することが可能です。

2008年、IRSNには弊社の旧ラディエーションモニタリングセンター（RMC）（成田町）のシステムを大きく改良したモジュール型システムが提案されました。これは弊社のこれまでの経験を踏まえて、線量計の分解、組立の各工程を担う自動装置を独立して稼働させ、工程全体に、より柔軟性を持たせる方式です。このモデルはその後更なる改良を加え、弊社の現RMC（大貫台）で生かされることになりました。

2016年、パリ郊外の高級住宅地（ル・ヴェ

ジネ)の緑豊かな環境に溶け込む新築の「Z棟」に移り、同じくZ棟に移された放射線毒性医学分析研究所 (LAMR) と共にフランスにおける放射線防護の拠点となっています。

その他オルセーおよびストラスブールのフランス国立科学研究センター (CNRS)、オルセー放射線原子力研究所 (IPNO)、ユベール・キュリー物理学研究所 (IPHC) においても同じシステムがイン・ハウスの線量管理業務で使用されています。



IRSNガラスバッジ



FGD-660 Reader (11台稼働)



Z 棟の様子

2.2 スイス

2008年のフランスIRSNへのガラスバッジと大規模線量測定システムを納入後、小規模線量測定サービス向けのシステムを開発し、2015年スイスの国立ポール・シェラー研究所 (PSI) に納入しました。

PSIでは、以前から利用されていた線量計に代わって、IRSNと同型のガラスバッジと小規模線量測定システムが導入されました。

PSIは、自然科学・工学に関するスイス最大の研究センターです。

物質と材料、人間と健康、エネルギーと環境というテーマで最先端の研究を行っている



ガラスバッジ

ガラスバッジ+中性子素子 (CR-39またはTechnoTrak)



国立ポール・シェラー研究所
「Map Data (c) 2018 Google」

ます。1988年以来、同センターは基礎研究および応用研究を通じて、社会、経済、科学分野の中心的課題に対応した持続可能な解決策の探求に取り組んでおり、中性子源、シンクロトロン源、ミュオン源を用いた大規模な科学研究施設を運営しています。

この分野においてスイス国内で唯一の施設であり、大学や企業研究者にも施設が開放され、スイス国内は元より世界中から毎年2,400人以上の研究者が、他の施設では実施不可能な実験を行うためにPSIを訪れています。

また、PSIが行っているのは研究活動だけではありません。陽子線によるがん治療施設を、スイス国内で唯一運営しています。1984年に、眼の陽子線治療システムを完成、治療を開始し、1996年には、深部治療も開始しました。その後、PSIで開発されたSpot-Scanningシステムで、深部治療を続けています。

2016年にはPSI東棟の隣に電子線直線加速器施設 (SwissFEL 全長700m) が完成し、ガラスバッジによる個人放射線被ばく線量測定サービスを提供しています。同施設では2019年にX-ray laser装置の運用開始を予定しています。

2.3 韓国

韓国でも弊社より購入されたガラスバッジでの個人放射線被ばく線量測定サービスが展開されています。

ソウル放射線サービス株式会社 (SRS) では、2009年4月からガラスバッジにてサービスを開始しました。当初は大学や産業分野を中心として、1,000名程度のサービスからスタートしました。これは当時、韓国の原子力安全法が改正されたことによりガラス線量計が法定線量計として登録され、その管轄下の大学や産業分野でのみサービス提供が可能となったことによります。(※その後、医療法の改正により、病院等の医療分野へもサービス提供の範囲が広がりました。)

SRS社では、以前に使用していたCARROT (TLD) 線量計システムから順次ガラスバッジへの切り替えを行い、2015年1月以降は全てガラスバッジでのサービスを行っています。

2018年10月時点において、サービス件数は34,000名を超え、現在は病院をメインとしたサービスを行っています。

ガラスバッジは韓国において、以下のような点でお客様からも大変好評をいただいております。

- ・SRS社にて以前使用していたTLDよりも読取速度が速く、お客様に測定結果をより迅速に報告できるようになりました。
- ・ガラスバッジは繰り返し測定が可能のため、測定値に疑問を持たれたお客様のご要望に対して再測定結果の報告が可能になりました。また、再校正する場合などに同じ標準素子を何度も使用できるため、線量計の標準照射をSRS社から外部へ依頼する時間や費用を削減することができました。
- ・感度が非常に安定しているガラスバッジを導入したことで、素子毎の感度補正が不要となり、線量計の品質管理のための時間、費用を削減できました。



ガラスバッジ



FGD-650 Reader

2.4 マレーシア

東南アジアでは、マレーシア原子力研究所が長年運用していたフィルムバッジによる個人放射線被ばく線量測定サービスの運営を外部委託により、APM Technology社へ移管しました。

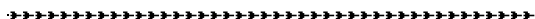


APM/SUT社前にて

フィルムバッジでの個人放射線被ばく線量測定サービスの運用は、環境保全、労働環境の問題により廃止され、2013年よりAPM Technology社は、弊社のガラスバッジと線量測定システムを導入し、より測定精度の良い個人放射線被ばく線量測定サービスを開始、更に2015年に追加投資によりサービスの拡大を図りました。

現在同社では、マレーシア国内の放射線従事者22,000人に対して個人放射線被ばく線量測定サービスを提供しています。

3. ドーズエース



ガラス線量計



FGD-1000 Reader

3.1 韓国

弊社の韓国関連会社であるSRSテクノルは、2006年以降、国立がんセンターをはじめとする30以上の医療施設にドーズエースを販売しております。ドーズエースは、リニアックなどの放射線治療装置からの出力線量評価、ファントムを利用した患者被ばく線量管理などに利用されており、高い評価を得ております。

韓国放射線医科学院（KIRAMS）や放射線技術研究センター（KARA）では、ドーズエースを利用し、全国の病院にあるリニアック装置の出力線量評価を目的とするPostal Auditなどの研究課題への取り組みが検討されています。

3.2 フランス

南仏カダラッシュにあるIRSNの主要な研究拠点の一つカダラッシュ研究所では2013年よりドーズエースを導入し、チェルノブイリ原子力発電所周辺の高線量を想定した放射線生態学の研究に用いられています。

3.3 タイ

タイでは、チュラロンコン国王記念病院で、TLD線量計の使用を止め、2016年よりドーズエースに切り替えました。

また、チュラロンコン大学では医学部放射線医学科医学系大学院の「医療物理学院プログラム」で、臨床研修、研究などの用途の為、利用されています。

チュラロンコン大学は1917年に設立された



チュラロンコン大学 全景



ドーズエースの設置とトレーニングの様子

タイにおいて最も古い歴史をもつ、権威ある国立大学です。現在18の学部と多数の研究施設があり、キャンパスはバンコク市街に位置します。大学名はチュラーロンコーン大王（ラーマ5世）に由来し、後継者であるワチラーウット王（ラーマ6世）によって設立されました。

ガラス線量計の最大の長所の一つである、線量読取再現性が高く、医療分野における線量測定精度の重要性をご理解いただき、利用されています。同大学病院では、陽子線治療装置を導入される計画もあり、ガラス線量計の活躍を楽しみにされています。

3.4 ブラジル

サンパウロ大学では研究用途として、2016年ドーズエースが導入されました。

サンパウロ大学は、人口1,100万人の巨大都市サンパウロ市西部に位置し、歴代のブラジ

ル大統領や著名人を多数輩出している、1934年設立の州立（公立）の名門総合大学です。サンパウロ市内および周辺7地区に有する8つのキャンパスで約89,000名の学生が学ぶ、ブラジルひいてはラテンアメリカにおける最大規模の大学であると同時に、多様な学術分野で教育・研究の高い評価を受ける実績を持つ、最も重要な公的教育機関の一つに数えられます。その他、年間来館人数が100万人を超える博物館（計4館）や、ラテンアメリカでもトップクラスの病院などを有しています。



サンパウロ大学 全景



サンパウロ大学研究メンバー教授Jose Fernando Diniz Chubaci先生(右)、教授Shigueo Watanabe先生(中央)、博士課程Monizeさん(左)

以上のように、弊社ではガラスバッジ、ドーズエースを各国へ販売展開してまいりました。

今後も、ガラス線量計の普及を通じて、弊社の技術を世界各国における放射線安全利用の現場でお役立ていただければ幸いです。

第14回テクノル技術情報セミナー を開催いたしました

2019年2月9日(土)にテクノルコンベンション・センター Hosoda Hall（茨城県東茨城郡大洗町）にて「第14回テクノル技術情報セミナー」を開催いたしました。弊社は、お客様へ「放射線の安全利用技術」の情報を発信するため、定期的にセミナーを開催しております。セミナーの当日は、関東圏内で大雪警報が発表されていましたが、67名の方にご参加をいただき、無事に開催することができました。

今回のセミナーは『看護師の放射線安全を考える』をテーマに掲げました。午前の講演では、一般社団法人日本放射線看護学会理事長の草間朋子先生より【放射線医療における看護師の役割と課題】と題してご講演いただきました。看護職として放射線診療・社会の動向に関心を持つこと、看護師としての声を届けていくことの大切さをお話されました。(写真1)



写真1 講演の様子

続いて、ガラスバッジの仕組みおよびガラスバッジサービスラインの説明・施設見学を行いました。ガラスバッジの内部構造や、ガラスプレートをどのように再利用しているかなど、サービスラインの一連の流れを見学いただきました。(写真2)

午後の講演では、弊社アドバイザーの工藤



写真2 ガラスバッジサービスライン見学の様子

亮裕より【放射線診療従事者として必要な被ばく管理】と題して、放射線における人体への影響や不均等被ばくの必要性に関してお伝えいたしました。また、弊社線量計測事業本部の平田美貴より【眼の水晶体の線量限度・ガラスバッジサービス「報告書」の見方】と題して、3mm線量当量が測定可能なDOSIRISや報告書の種類を紹介いたしました。最後には、大洗町長公室長の小沼敏夫様から【大洗町の紹介】と題して、大洗が舞台となっているアニメ「ガールズ&パンツァー」や大洗名物のあんこう鍋を写真や映像でご紹介いただきました。

お客様からは、「不均等被ばく・報告書や管理票の見方など、初めて知る情報が多かったため、院内で情報を共有していきたい」といった声をいただきました。今後もこのセミナーが情報発信から情報共有に繋がるきっかけになれるよう努めて参ります。

最後に、ご講演を賜りました草間明子先生、小沼敏夫様に厚く御礼申し上げます。またお忙しい中、全国からご参加くださいました皆様に心より御礼申し上げます。

(線量計測事業本部 阿部あるる)

令和元年度 放射線取扱主任者試験施行要領

1 試験の日程

第1種試験 令和元年8月21日(水)、22日(木)

第2種試験 令和元年8月23日(金)

2 試験地

札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、福岡

3 受験の申込受付期間

令和元年5月13日(月)～令和元年6月17日(月)

(郵送の場合、令和元年6月17日消印のあるものまで有効)

4 受験料

第1種：14,300円(消費税等込み)

第2種：10,200円(消費税等込み)

5 申込書の配布

受験申込書(無料)は、次の方法により入手できます。

①配布機関の窓口で入手する場合：

配布機関及び原子力安全技術センター窓口で直接入手できます。

(配布機関の詳細は原子力安全技術センターホームページをご覧ください)

②郵送による入手を希望する場合：

「受験申込書〇〇部請求」と朱書きした封筒に、切手を貼り付けた返信用封筒を同封して、原子力安全技術センターに請求して下さい。なお、返信用封筒は角2サイズ(240mm×332mm)(A4が折らずに入る大きさ)とし、郵送切手代は請求部数に応じて次のとおりお願い致します。

請求部数	1部	2部	3部	4～8部	9～10部
切手代金	140円	205円	250円	380円	570円

なお、11部以上請求される場合には、宅配便(着払い)でお送りしますので、FAX又は電子メールにて必要部数・送付先・連絡先をお知らせ下さい。

6 合格発表

合格者には原子力規制委員会より合格証が交付されます。また、合格者の氏名は官報で公告されるとともに、合格者の受験番号は原子力規制委員会及び原子力安全技術センターのホームページから確認できます。

7 お問い合わせ先

登録試験機関

公益財団法人原子力安全技術センター

放射線安全部 主任者試験グループ

〒112-8604 東京都文京区白山5丁目1番3-101号 東京富山会館ビル4階

TEL 03-3814-7480 FAX 03-3814-4617

ホームページ <https://www.nustec.or.jp/>

電子メール shiken@nustec.or.jp

サービス部門からのご願い

測定依頼票のご記入のお願い

平素より弊社のガラスバッジサービスをご利用くださいまして、誠にありがとうございます。

ガラスバッジ・ガラスリングを測定依頼される際は「測定依頼票」に返却される線量計個数のご記入をお願いいたします。

線量計をお届けする際に同封しております「お届けのご案内」の「測定依頼票」部分を切り離し、**ガラスバッジ・ガラスリングの返却個数とコントロール線量計がある場合はコントロールの個数も含め、ご記入をお願いします。**(X線用ガラスバッジには、コントロールはありません)

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。

返却個数(コントロールガラスバッジ・ガラスリングを含む)記入欄 (X線用ガラスバッジには、コントロールガラスバッジはありません)		
ガラスバッジ	ガラスリング	ご担当者印
 5 個	 3 個	

株式会社千代田テクノル 行

測定依頼票

ガラスバッジ (ガラスリング) の測定依頼票です。

依頼所名
千代田テクノル診療所

部署名
放射線科

担当名
千代田 太郎

電話番号
03-3816-5210

ご利用期間
2019/06/01 - 2019/06/30

※測定依頼される際には、返却されるガラスバッジ(ガラスリング)の個数をご記入くださいようお願いいたします。

5 個	3 個
------------	------------

測定票

編集後記

- 6月に入り、大多数の花粉症に悩む方々の症状は改善しているかと思えます。近頃はアレルギー関連のお薬も症状に合った良いお薬が処方されるようになり、筆者も今年は随分と楽に過ごせました。
- 東京医科大学病院の黒岡将彦先生には放射線治療分野における各種不確かさのお話を様々な観点から解説していただきました。放射線治療でも不確かさと格闘しながらより正確な治療を目指している様子がうかがえました。昔は誤差のなかに不確かさが隠れていて、不確かさそのものを論じることが少なかったように感じていますが、誤差と不確かさは違うという認識が我々個人線量の測定現場にも浸透してきた感触があります。
- 弊社大洗研究所高島直貴研究員からはEURADOS相互比較試験に弊社の個人線量計が参加した内容を報告して貰いました。トランペットカーブと呼ばれる不確かさの範囲を示したグラフが性能判定基準として採用されています。手前味噌ながら非常に優秀な成績を収めました。今後とも安心してガラスバッジをお使いいただくと自負しています。
- 弊社代表取締役会長 細田敏和が、フランス共和国の国家功労勲章シュヴァリエを受章したことを報告させていただきました。本文にもあるように社員全員が創業から半世紀以上に亘り個人放射線被ばく線量測定に尽力してきた結果の賜物と我々一同、非常に喜びに溢れています。
- 中川恵一先生の連載も6回目になりました。学校では保健体育でがんを知る為の教育が実施されているようですが、大人ががんを予防する為に何をすべきか、読んでいて思い当たることが多く、身につまされる思いです。
- 今月号は何故か弊社の業務内容をご説明する内容が多くて恐縮ですが、海外向けのガラス線量計拡販について説明をさせていただきました。「ドーズエース」というガラス線量計測定システムが性能の高さを評価されて導入されていることがお解りいただけたと思います。
- また、最後に看護師の方々をお招きして技術情報セミナーを開催した内容をご報告させていただきました。通常より短いスケジュールでしたが内容の濃いセミナーだったと感じています。(岩井 淳)

FBNews No.510

発行日/2019年 6 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 片桐和真 小口靖弘 高橋英典 和田卓久

発行所/株式会社千代田テクノル

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)