



Photo Kiranori Kirano

## Index

井戸形電離箱の校正と線源強度計測……………	三家本隆宏	1
〔コラム〕 41th Column 【原子力発電所事故から11年】……………	中川 恵一	6
〔施設訪問記⑨〕 － 株式会社ポストクラブの巻 －……………		7
改正 電離放射線障害防止規則施行から1年経過 法令改正後のお問い合わせについて……………		11
〔放射線道場の喫茶室〕 第15回 ポアソン変数による状態の監視と制御……………	鴻 知己	16
ガラスリング形状変更のご案内……………		17
〔サービス部門からのお願い〕 ガラスバッジの装着について……………		19

# 井戸形電離箱の校正と 線源強度計測



三家本隆宏\*

## 1. はじめに

公益社団法人日本アイソトープ協会（以下、「アイソトープ協会」という。）は、アイソトープ・放射線に関する利用技術の向上と普及啓発を目的とし、アイソトープの供給から廃棄まで、そのライフサイクルを支えるため様々な活動を行っている。本稿で紹介する校正事業は、ユーザーがアイソトープ・放射線を適切に利用し、管理するために欠かせない事業の1つである。アイソトープ協会は、放射能の単位である[Bq]や放射線量の単位である[C/kg/h]等で校正された放射線源を標準線源として頒布しており（図1）、それらは計量法に基づくトレーサビリティ制度であるJCSS(Japan Calibration Service System)のもとで実施している。JCSS校正証明書は、放射能・放射線量の値の証明だけでなく、国立

研究開発法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」という。）が維持する国家計量標準へのトレーサビリティも証明するものである。

## 2. 測定器のトレーサビリティ

標準線源を介することで測定器の校正や動作確認が可能である。また、適当な標準線源の入手が困難である場合には、測定器を標準機関で校正することでトレーサビリティを確保することが可能である。いずれにしても、放射線量や放射線量を適切に管理するためには、測定器を適切に校正する必要がある。例えば、令和2年9月に改正された放射性同位元素等の規制に関する法律では、個人被ばく線量の測定器等に信頼性が求められている。ここで言う信頼性とは、端的に言えば国家計量標準にトレーサブルな校正が実施されている等、測定器が基準と比較され、目的とする動作が確認されていることを意味する。なお、個人被ばく線量計については、株式会社千代田テクノル（以下、「千代田テクノル」という。）等の測定事業者が、公益財団法人日本適合性認定協会（JAB）によるISO/IEC17025に基づく放射線個人線量測定分野の認定を取得しており、測定の信頼性が確保されている。

また、放射線治療の投与線量決定に用いられる測定器は、治療の品質や患者の安全に関



図1 アイソトープ協会の頒布する標準線源の例

\* Takahiro MIKAMOTO 公益社団法人日本アイソトープ協会 アイソトープ部 研究開発課 主査

わるものであり、トレーサビリティへの関心は高い。以下本稿では、密封小線源治療の線源強度計測に用いられる井戸形電離箱の校正事業を取り上げ、紹介する。

### 3. 密封小線源の線源強度計測

密封小線源治療は、密封線源を腫瘍近傍に刺入または挿入して近接照射することで、優れた空間分解能を実現することができる放射線治療法である。線量率によって低線量率 (LDR)、中線量率 (MDR)、高線量率 (HDR) のように分類され<sup>1)</sup>、国内ではLDRとHDRによる治療が行われている。LDR線源には<sup>125</sup>I等が用いられ、HDR線源には<sup>60</sup>Coと<sup>192</sup>Irが用いられている。HDR線源は、**図2**の例のように5mm程度の金属カプセルに放射性同位体 (<sup>60</sup>Coの場合は74GBq、<sup>192</sup>Irの場合は370GBq) が密封され、ワイヤーの先端に溶接された構造となっている。

密封小線源治療に限らず、放射線治療においては投与線量の保証のため線量計測が実施されている。計測に用いる電離箱測定器は、国家計量標準へのトレーサビリティを有することが望ましく、アイソトープ協会では密封小線源の線源強度計測に用いられる井戸形電離箱の校正サービスを提供している。

密封小線源の線源強度計測量は基準空気カーマ率であり、基準空気カーマ率は1mの

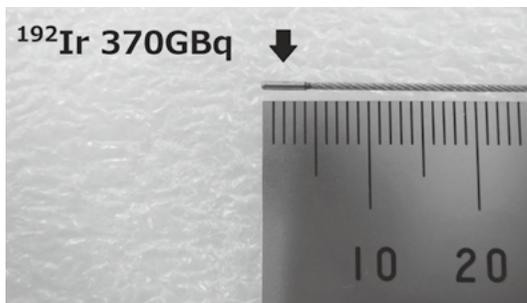


図2 HDR密封小線源の例

距離における空気衝突カーマ率を真空中の条件に規格化したものである<sup>2)</sup>。基準空気カーマ率の計測には指頭形電離箱や井戸形電離箱が用いられ、国内では、<sup>60</sup>Co HDR線源に対して指頭形電離箱が、<sup>192</sup>Ir HDR線源に対しては井戸形電離箱がそれぞれ用いられることが多い。2019年の放射線利用統計によると、<sup>60</sup>Co線源は24施設、<sup>192</sup>Ir線源は136施設でそれぞれ用いられており<sup>3)</sup>、HDRは井戸形電離箱による線源強度計測が主流となっている。<sup>125</sup>I LDRの計測にも井戸形電離箱が用いられるが、こちらは人的資源や経済的資源等の問題により普及には至っていない。アイソトープ協会ではLDRを対象とした井戸形電離箱の校正サービスも提供しているが、校正の需要は極めて少なく、校正事業を維持することは困難な状況にある。

### 4. 井戸形電離箱の校正

従来は、<sup>192</sup>Ir HDRの線源強度計測に用いる井戸形電離箱の校正には海外の校正機関が利用され、海外の標準とのトレーサビリティを確保することで線量保証がなされてきた。しかしながら、輸送コストや電離箱の預かり期間等の点で課題があり、メーカーによる基準器との比較という代替手法も現実的には多く実施されていた。そのような状況下において、国内でもトレーサビリティ体系の整備を求める声が高まり、2016年、産総研により<sup>192</sup>Ir基準空気カーマ率の国家計量標準が整備された<sup>4)</sup>。国家計量標準の整備を受け、アイソトープ協会は、所有する井戸形電離箱 (HDR 1000 Plus, Standard Imaging Inc.) 及び電位計 (MAX 4000, Standard Imaging Inc.) を特定二次標準器として整備し (**図3**)、同年より日本の国家計量標準にトレーサブルな校正サービス (**図4**) を開始した。事業開始当



図3 特定二次標準器  
(HDR 1000 Plus & MAX4000, Standard Imaging Inc.)

トレーサビリティ体系図 (<sup>192</sup>Ir基準空気カーマ率)

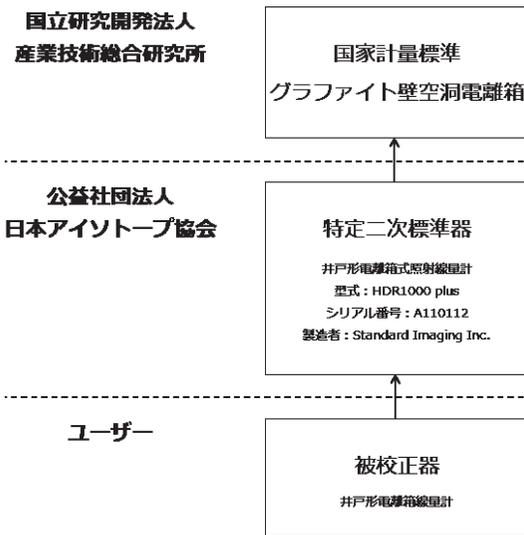


図4 井戸形電離箱のトレーサビリティ体系図

初の依頼件数は16件であったが、現在では年間60～70件の校正依頼をいただいている。井戸形電離箱の校正周期の目安が2年であることを考慮すれば、HDRは国内の多くのユーザーに校正事業が普及していると言える。なお、アイソトープ協会による校正は、電離箱と電位計を一体で校正しており、分離校正には対応していない。また、合理的な校正体系を維持するため、校正サービスは実施時期を限定しており、校正の依頼方法は電離箱の代理店からの一括申し込みとなっている。そのため、電離箱と電位計を同じ販売代理店で揃

えていただく必要がある点にご注意いただきたい。

### 5. 校正対象の拡大

アイソトープ協会では、千代田テクノルから提供されたマイクロセレクトロンにより、線源にはMICROSELECTRON V2r（以下、「mHDR-V2r」という。）を用いて校正を実施しているため、付与する基準空気カーマ率校正定数 $N_k$ はmHDR-V2rに対する校正定数である。先に述べた通り、HDR線源には<sup>60</sup>Co及び<sup>192</sup>Irが利用されているが、国内では<sup>60</sup>Coは2種類、<sup>192</sup>Irは4種類の線源がそれぞれ流通している（図5）。これらの線源では、放射性同位体が密封された金属カプセルの幾何学的構造や材質に違いがある。カプセルの幾何学的構造や材質が異なると、自己吸収の違いにより、特に井戸形電離箱のような測定ジオメトリではレスポンスに差異が生じる場合がある。そのため、ユーザーがmHDR-V2r以外の線源強度を計測する際には、レスポンスの差異を補正するか不確かさとして評価する必要がある。レスポンス差異を評価したデータはいくつか公開されているが<sup>5)、6)</sup>、各ユーザーが校正条件を理解し、適切な補正係数を算出することは容易ではない。そこで、アイソトープ協会では、国内の利用状況に応じた補正係数を産総研と共同で実線源を用いて算出し、線源補正係数 $k_{source}$ として順次公開している<sup>7)、8)</sup>。例えば、千代田テクノルから販売されている新型線源Flexisourceには2021年9月より対応する $k_{source}$ の提供を開始しており、ユーザーはFlexisourceに最適化した $N_k$ の利用が可能となっている。

また、2022年2月からは<sup>60</sup>Co線源に対する $k_{source}$ の提供も開始している。<sup>60</sup>Co線源の線源強度計測には指頭形電離箱が用いられてきた

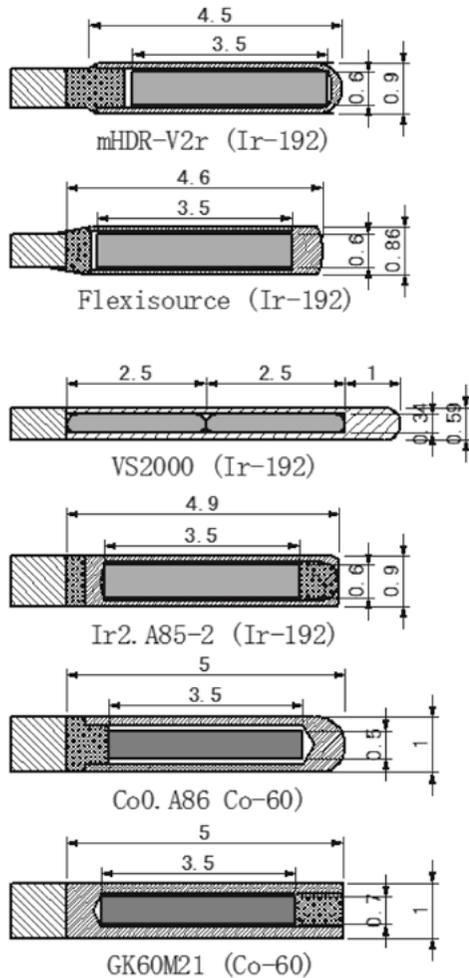


図5 国内で流通するHDR用線源\*  
\*RADIOISOTOPES, 70, 329-334, 2021.<sup>8)</sup>より転載

が、基準空気カーマ率の計測に必要なコバルト校正定数 $N_C$ は、国内の校正事業者による供給廃止が懸念されている。代わりに、水吸収線量校正定数 $N_{D,W}$ を換算して $N_C$ を求めることも可能であるが、不確かさを増大させてしまうなどの問題がある。 $N_C$ は空中で照射線量を基準として付与される校正定数であるため、基準空気カーマ率を求めるためにはいくつかの換算や補正が必要となる。例えば、固体ファントムを使用する場合には、ファントムやアプリケーションの吸収補正を行うことで真空条件とし、距離の逆二乗則を適用する必要があるなど、

基準空気カーマ率を求める計算式は複雑かつ大きな不確かさを含んでいる可能性がある。対して、井戸形電離箱は基準空気カーマ率を直接求めることができるため、計算や不確かさ評価が比較的簡便である。 $k_{source}$ は、従来の井戸形電離箱(HDR 1000 Plus)の他、SOURCE-CHECK 4Pi Type 33005(PTW社)にも対応しており、これらの井戸形電離箱を用いることで $^{60}\text{Co}$ 線源ユーザーも $^{192}\text{Ir}$ 線源ユーザーと同様の計測が可能となった。測定器の切り替えには費用などの問題があり時間を要するものと思われるが、装置の更新や新規導入を行うユーザーを中心に井戸形電離箱による線源強度計測が開始されている。

## 6. 線源補正係数 $k_{source}$ の適用

アイソトープ協会による校正を受けたユーザーは、校正証明書に記載されたmHDR-V2rの $N_k$ に、使用している電離箱型式及び線源型式に対応した $k_{source}$ を乗じることで、計測条件に最適化された $N_k$ に換算することができる。ただし、 $k_{source}$ はアイソトープ協会の校正結果にのみ適用できる点に注意が必要である。従来のように海外で校正を受けた場合は、校正条件が異なり、アイソトープ協会の提供する $k_{source}$ は使用できない。例えばアメリカのUniversity of Wisconsin Radiation Calibration Laboratory (UWRCL) では数多くのユーザーを対象に井戸形電離箱の校正を実施しているが、 $N_k$ は特定の線源型式を対象としていない<sup>9), 10)</sup>。すなわち、レスポンス差異は補正せず、不確かさに含まれるという考え方である。なお、不確かさの範囲内ではあるが、線源型式によるレスポンス差異は1%を超える場合がある。また、ドイツのPTW社では以前より $k_{source}$ を提供しているが、その他にアプリケーションや線源ホルダーの補正係数として $k_{applicator}$ も与えられ

ており、補正の方法が異なっている。

施設における品質管理として、測定結果と製品仕様書に記載された基準空気カーマ率との比較が行われているが、上記の通り、製造業者の持つ基準空気カーマ率校正定数は、上位標準の評価方法の違いによる系統的な誤差要因、すなわち偏りを含んでいる可能性があることに注意が必要である。製造業者が校正事業者と同等の環境で個々の基準空気カーマ率を計測しているとは限らず、製品仕様書に記載されている基準空気カーマ率の不確かさが5%程度 ( $k=2$  or  $3$ ) とされていることから考えても、大きな不確かさを許容した簡易的な計測を行っている可能性も考慮しておくべきである。また、2016年にはICRU Report 90<sup>9)</sup> によって上位標準の測定に影響を及ぼす可能性のある物理データが変更されているが、対応状況は標準機関によって異なっている点にも注意が必要である。なお、日本の場合は、2019年4月に国家計量標準の見直しが完了している。

## 7. まとめ

アイソトープ協会では、HDR密封小線源を対象とした井戸形電離箱校正事業を2016年より開始している。mHDR-V2rに対する基準空気カーマ率校正定数 $N_k$ を付与し、その他の線源型式に対しては線源補正係数 $k_{source}$ を提供することで国内の利用状況に対応しており、多くのユーザーに校正サービスを利用いただいている。2022年2月には<sup>60</sup>Co線源にも対応し、<sup>60</sup>Co線源ユーザーにも井戸形電離箱による線源強度計測が普及し始めている。

## 参考文献

- 1) International Commission on Radiation Units & Measurements. Dose and Volume Specification for Reporting Intracavitary Therapy in Gynecology. ICRU Report 38, Bethesda, 1985.
- 2) International Commission on Radiation Units & Measurements. Dose and Volume Specification for Reporting Interstitial Therapy. ICRU Report 58, Bethesda, 1997.
- 3) 公益社団法人日本アイソトープ協会. 放射線利用統計2019, 東京, 2020.
- 4) C Kessler, T Kurosawa, T Mikamoto. Comparison BIPM. RI (I)-K8 of high dose-rate Ir-192 brachytherapy standards for reference air kerma rate of the NMIJ and the BIPM. Metrologia, 53, 2016.
- 5) D R Shipley, T Sander, R F Nutbrown. Source geometry factors for HDR <sup>192</sup>Ir brachytherapy secondary standard well-type ionization chamber calibrations. Physics in Medicine & Biology, 60, 2573-2586, 2015.
- 6) Schüller, A., Meier, M., Selbach, H. J. and Ankerhold, U. A radiation quality correction factor  $k_Q$  for well-type ionization chambers for the measurement of the reference air kerma rate of <sup>60</sup>Co HDR brachytherapy source. Med. Phys., 42, 4285-4294, 2015.
- 7) 三家本隆宏, 脇谷雄一郎, 黒澤忠弘. <sup>192</sup>Ir高線量率密封小線源の測定における線源形状補正係数の算出. RADIOISOTOPES, 68, 605-612, 2019.
- 8) 三家本隆宏, 黒澤忠弘, 加藤昌弘, 石井隼也, 脇谷雄一郎. 高線量率密封小線源の測定における線源補正係数 $k_{source}$ の算出—<sup>60</sup>Co線源及び<sup>192</sup>Ir新型線源への適用—. RADIOISOTOPES, 70, 329-334, 2021.
- 9) Stump, K. E., DeWerd, L. A., Micka, J. A. and Anderson, D. R. Calibration of new high dose rate <sup>192</sup>Ir sources. Med. Phys., 29, 1483-1488, 2002.
- 10) Rasmussen, B. E., Davis, S. D., Schmidt, C. R., Micka, J. A., et al. Comparison of air-kerma strength determinations for HDR <sup>192</sup>Ir sources. Med. Phys., 38, 6721-6729, 2011.

## 著者プロフィール

公益社団法人日本アイソトープ協会アイソトープ部研究開発課主査。2010年広島大学大学院医歯薬学総合研究科修了。同年にアイソトープ協会に入職し、技術課にて放射線源の製造・検出業務に従事する。その後研究開発課へ異動し、井戸形電離箱校正事業の立ち上げに携わる。現在は主に放射線校正業務の管理、特注放射線源の開発などに取り組んでいる。

## 原子力発電所事故から11年

東日本大震災と福島第一原子力発電所の事故から11年目の春が過ぎました。

原子力には無縁だった私ですが、事故直後に、コンビニからミネラルウォーターや納豆まで消える事態を前に、「チーム中川」の名前でツイッターを始めました。

このチームは東大病院で放射線治療を担当する「多職種チーム」です。私を始め放射線医学の専門医の他、原子力工学、実験物理、医学物理の専門家がスクラムを組んで、世界最高峰の放射線治療を行っています。

チーム中川は、放射線量の測定から放射線の人体への影響まで、放射線についてのプロ集団です。

11年3月15日に、このチームで始めたツイッターでは、次のようなツイートが並びました。

「放射線とはものを突き抜ける能力が高い光や粒子のことです。そしてこれをあびる量が多くなると、遺伝子にダメージを与え人体に影響を及ぼすことがあります。放射線を出す能力を放射能、それを持つ物質を放射性物質と呼んでいます」

「今回の原子力発電所事故では原子力発電所から放射性物質がまき散らされています。これは大きな杉の木から花粉が飛散している状態と似ています。ただし、放射性物質は目に見えません」

「そもそも放射線被ばくがある、ない、という議論は無意味です。なぜなら、ふつうに生きているだけで、私たちはみんな“被ばくしている”からです。世界平均で1年間に2.4ミリシーベルトという量の放射線をあびます（大気、大地、宇宙、食料等から発せられる放射線を自然被ばくと言います）」

日本は世界唯一の戦争被爆国ですが、ながく放射線に関する教育を行ってきませんでした。このことは、男性3人に2人、女性2人に1

人が生涯にがん罹患する世界トップクラスの「がん大国」にもかかわらず、がんについて学校で教えてこなかったことにも通じます。

「想定外」の原子力発電所事故を前に、放射線に関する知識の欠如が露呈した結果、東大病院の医師のなかにも、家族を西日本に移住させるものまで出る始末。放射線と被ばくの影響を分かりやすく解説したこのツイッターは25万ものフォロワー数を記録しました。

ウラン鉱石など、資源が乏しいわが国の自然被ばくは年間2.1ミリシーベルトで世界平均以下。そのうち、約半分が天然の放射性物質による内部被ばくです。魚に自然に含まれるポロニウムなどの影響が主な理由です。

一方、医療での被ばくは年間3.8ミリシーベルトで、世界一。毛嫌いされる放射線ですが、自ら被ばくする医療被ばくが世界トップとは皮肉です。

年間の自然被ばくが2.1ミリシーベルト、医療被ばくが3.8ミリシーベルトですから、日本人は年間6ミリシーベルト程度の放射線を浴びていることになります。

もちろん、被ばく量が100～200ミリシーベルトになると、わずかですが、がんのリスクが高くなります。ただ、喫煙や深酒は2,000ミリシーベルトに近い発がんリスクに相当しますから、まずは生活習慣を整えることが大切です。

福島第一原子力発電所の事故は許されるものではありませんが、県民の被ばく量は非常に少なく、がんが増えるレベルではありません。

福島で増えている小児の甲状腺がんも、子供たちが自然に持っている甲状腺のがんを精密な検査で掘り出していることが原因です。

国連科学委員会が1年前に公表した報告書の結論も「放射線関連のがん発生率上昇はみられないと予測される」。

一方で、県内外への避難者数は最大で16万人。糖尿病が増えるなど、今後、「避難による発がん」が増える可能性があり、ほんとうに心配です。



－ 株式会社ボストンクラブの巻 －



(BOSTON CLUB本社 外観)

福井県・JR鯖江駅を降りると、大きく赤いメガネフレームとともに、「めがねのまち さばえ」と書かれた看板が改札に掛かっています。(写真1) 鯖江が日本を代表するメガネ産業の集積地であることが強くうかがえます。

この鯖江の地に著名なメガネブランド・BOSTON CLUBがあります。BOSTON CLUB社には弊社の水晶体用線量計・DOSIRISを防護メガネに取り付けるための部品をデザイン・製作いただいております、今回そのミュージアムやラボ、工場の見学ができましたので、ご紹介したいと思います。

のまま隣のスペースにあるミュージアムを見学いたしました。

ミュージアムは同社のメインブランド・JAPONISMの歴史や技術について展示されており、チーフデザイナーの笠島氏に直接レクチャーいただきました。特に力点が置かれていると感じたのは、鯖江の工場群が持つチタン加工技術でした。メガネの掛け心地をよくするため、多くの細かい技術が秘められていて、工程ごとの加工跡が展示され、それ自体大変美しいものです。(写真2)



写真1 JR鯖江駅 改札

古いビルをリノベーションしたというBOSTON CLUB本社へは、JR鯖江駅から北西に車で5分ほど向かったところにあります。まず2階の会議スペースで小松原一身社長、チーフデザイナーの笠島博信氏、品質管理を主に担当されている新保和成氏と面会し、そ



写真2 ミュージアム チタン加工の工程

JAPONISM以前のメガネはこれと言って日本人の顔型に合わせる工夫のない、顔幅の狭い欧米人向けのフレーム構造がそのまま移入されて来てしまっていて、掛けづらいものばかりだったそうです。そこで笠島氏は横に広い日本人の顔型にフィットするようにデザインしていくことを考え、JAPONISMのコン



写真3 2階ミュージアム風景

セプトを発展させていったとのことでした。

スケッチも展示されており、アイデアがどうやって形あるものになっていくかがうかがえました。アートに興味のある人には非常に参考になるかと思います。他にもフレームとテンプレを接続する部分にねじを使わない方法など、既成の概念にとらわれないアイデアなどが大変面白かったです。(写真3)

3階のラボは3Dプリンター、3次元切削加工機などがあります。(写真4)アイデアを早速形にすることができるようになっています。また4階には打合せスペースがあり、広いテーブルで製品の企画打合せが行われて



写真4 3階ラボ



写真5 1階直営メガネショップ

いました。

建物内部が、ちょっとした階段や手すりの形一つとっても遊び心あふれる意匠が施されていてワクワクしました。ここからあのデザインが生まれるのか、と感慨深かったです。

その後1階の直営のメガネショップ「ポストクラブショップサバエ」をご案内いただきました。(写真5)ここではメガネ以外のアイテムも置いてあり、銀座の旗艦店「GLOSS GINZA」とともにすべてのBOSTON CLUBブランドを購入できるとのことでした。実は私自身も大いに興味を惹かれ、GLOSS GINZAで個人用のメガネを購入してしまいました。KEVINというモデルです。まずショップの方に「メガネで何をしたいか」(私の場合は堅い雰囲気のを和らげたい、しかもスーツに合うように、という要望でしたが)を伝え、顔の大きさ・形・幅にベストフィットするモデルの選択、さらに近視・遠視・乱視などの検査までトータルでサポートいただきました。やはりプロの方にセレクトいただくのは、服や靴を買うときと全く同じで納得しながら買うことができるという大きなメリットがあります。

新保氏は「うちはネット通販はやらない。メガネを一人一人のお客様に似合うようコーディネートしてお渡しすることをモットーとしている」と仰っていました。これは嘘ではないことを私自身の経験から申し上げることができます。



写真6 「neoplug」

他に小松原社長、笠島氏、新保氏とのお話の中で印象的だったことを2つほど記します。

まずBOSTON CLUB社は個人用メガネだけを手掛けているのではないということです。弊社のDOSIRIS取付部品も企画いただきましたし、代表的なものはウェアラブルデバイス対応メガネの「neoplug」があります。(写真6)これは情報通信機能をメガネに持たせたもの、と解釈できる製品で、タブレットやスマホでは両手がふさがってできないことができる製品です。また、写真をご紹介できないのですが、米大手IT企業と連携した通信機能付きメガネの企画もあるようです。メガネにまつわるすべてのデバイスも手掛けておられるのです。

それから海外製品との差別化に言及されていたことも印象に残りました。少なくとも現在、日本(鯖江)の生産技術の、多品種生産への対応力は海外の工場ではマネできず、逆に大量生産の価格競争力は海外が強い、ということです。海外製品と差別化できる部分をビジネスとして成り立たせることへの強い意志を感じました。

チーフデザイナーの笠島氏についても特記しておきましょう。(写真7)



写真7 笠島博信氏

笠島氏は工業デザインの専門学校を卒業後、カナダやアメリカを放浪し、一度日本に帰国して親戚である小松原社長にお土産を持って行ったところ、デザイナーとして働くよう誘われたとのこと。

以来、ずっとBOSTON CLUB社のメガネデザインに携わってこられました。海外で様々なものを見てきたことがアイデアを発想する際の役に立っており、そのためBOSTON CLUB社に入社を希望する若者にもまず海外での生活体験を勧めているほどだそうです。

また笠島氏は「デザインとは色や形を考えるのではなく、問題を解決すること」と捉えていらっしゃるということでした。このあたり、「デザイナー」の生の声として面白いと思いました。また現在京都精華大学にて、メガネデザインの講義を持っておられます。すでに笠島氏の教え子が5人、鯖江のメガネ会社や工場に就職しているそうです。鯖江市全体のメガネ産業に対する情熱が感じられるエピソードです。

その後、場所を移しまして、実際の生産工場である株式会社前澤金型も見学いたしました。(写真8)中は町工場、という感じで工作機械がいくつも並んでいて、玉田隆則社長に一つ一つの工程をご説明いただきました。残念ながらそれらの撮影はできませんでした



前澤金型社 銘板



写真8 前澤金型社 全景



DOSIRIS



DOSIRIS取付部品

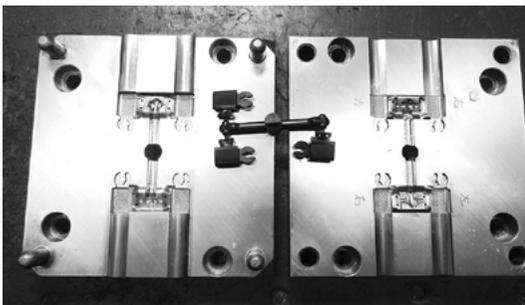


写真9 DOSIRIS取付部品金型

が、DOSIRISの取付部品の金型は撮影できました。(写真9) いつも納品いただいている部品の金型は1種類につき1個なのですが、材料を流し込み、型取りして1個1個製作していくことが本当に大変であることがわかります。しかもこの部品は2つの異なる材料をかみ合わせた、2重成型という方法で作られているので余計大変です。玉田社長には引き続きご尽力いただくことになり、頭の下がる思いです。

前澤金型社はもともとメガネのテンプレの耳にあたる部分を作っていたということです。そこから発展し、今では金型作成から製品製作までを一貫して行える工場、しかも多品種

に対応できる体制をとっているとのことです。2階の企画スペースにはBOSTON CLUB社と同じ3Dプリンターやサンプルを切削する機械などがありました。これは初めて知ったのですが、金型だけ作る、成型だけ行う、という工場も多いのだそうで、そうすると納期が余分にかかってしまう、そうではなく一貫した生産体制をとっているところが前澤金型社のアピールポイントだそうです。工場としてのアイデンティティーが個々にあることを知り、大いに参考になりました。

工場のポリシーについても伺いました。海外の工場では余った材料を混ぜて使うということも行われているようです。そんなことをすれば材料の特性がぼやけてしまうことは容易に想像できます。確かにそれで原価は節約できたとしても品質の不明な製品になってしまう、そういうことはやっていないとのこと。ここでも海外製品との差別化は強く意識されていることがうかがえました。

水晶体用線量計DOSIRISのサービス展開をしている弊社では、メガネに関連した情報も重要性が増してきており、今回の取材もとても刺激的な体験となりました。BOSTON CLUB社の高いクリエイティビティと、鯖江の工場群の優れた加工技術によっておしゃれで機能性に富んだアイウェアがこれからも生み出されていくでしょう。同社の今後の活躍に期待したいと思います。

末筆ながら、お忙しい中ご対応をいただきましたBOSTON CLUB社の小松原社長、笠島氏、新保氏、前澤金型社の玉田社長をはじめとする多くの皆様に紙面を借りて感謝申し上げます。

今回はFBNews編集委員会より新田、廣田、線量計測事業本部より古谷が訪問取材させていただきました。誠にありがとうございました。

(文責：古谷 一隆)

# 改正 電離放射線障害防止規則施行から 1 年経過 法令改正後のお問い合わせについて

線量計測技術課

## 1. はじめに

2021年4月1日改正電離放射線障害防止規則施行後（以下、法改正とします。）弊社へ多数お問い合わせいただいた内容より代表的な3つの項目について、改めて本紙面にてご案内申し上げます。

## 2. 法改正後、多くのお問い合わせをいただいた内容

法改正後、弊社へ以下の3つの項目において多くのお問い合わせをいただきました。

- お問い合わせ① 立ち入り検査や御社からの案内で、眼の水晶体線量限度の引き下げを知った。どういった改正ですか？
- お問い合わせ② 眼の水晶体線量を知るには、報告書のどこを見たらよいのですか？
- お問い合わせ③ 眼の水晶体をどうやって測定するのですか？

放射線業務を行う事業主の皆様にも、より一層の管理を求められております内容となりますので、ご一読いただき放射線被ばく管理の一助となりましたら幸いです。

## 3. お問い合わせ内容の解説

- お問い合わせ① 立ち入り検査や御社からの案内で、眼の水晶体線量限度の引き下げを知った。どういった改正ですか？

2021年4月1日施行の法改正では5項目において改正がなされており、厚生労働省より「放射線業務を行う事業主の皆様へ」としてリーフレットにまとめられています。

- ① 放射線業務従事者の眼の水晶体に受ける等価線量の限度の引き下げ
- ② 線量の測定および算定方法の一部変更
- ③ 線量の測定結果の算定・記録・保存期間の追加
- ④ 電離放射線健康診断結果報告書様式の項目の一部変更
- ⑤ 上記①に関する経過措置

放射線業務を行う事業主の皆様へ

令和3年4月1日から、  
**「改正電離放射線障害防止規則」**が  
施行されます

厚生労働省では、「電離放射線障害防止規則」（以下「電離則」）と「電離放射線障害防止規則第3条第3項並びに第8条第5項及び第9条第2項の規定に基づく厚生労働大臣が定める限度及び方法を定める件」（以下「告示」）を改正し、令和3年4月1日から施行・適用します。

今回の改正では、眼の水晶体の被ばく限度の見直しなどを行います。

事業者の皆様は、改正後の電離則および告示に基づき、労働者の電離放射線障害防止のための措置を講じるよう、よろしく願います。

今回の改正内容		
1	放射線業務従事者の眼の水晶体に受ける等価線量の限度の引き下げ	（電離則第5条）
2	線量の測定および算定方法の一部変更	（電離則第6条・告示第3条）
3	線量の測定結果の算定・記録・保存期間の追加	（電離則第9条）
4	電離放射線健康診断結果報告書様式の項目の一部変更	（電離則様式第2号）
5	上記1に関する経過措置	（改正電離則例）

厚生労働省・都道府県労働局・労働基準監督署

(令和2年4月)

厚生労働省発リーフレット

「眼の水晶体線量限度」が、令和3（2021）年4月1日を始期とする5年ごとに100mSv、かつ1年間に50mSvに変わりました。

以前の法令では、眼の水晶体線量限度に関し「1年間につき150mSvの管理」が求められていました。しかし、今回の法改正では、眼の水晶体線量限度の線量が引き下げになり「2021年4月1日を始期とした2026年3月31日までの5年間において100mSvかつ1年間50mSv」で線量管理を行う必要があります。

- \* 5年間で100mSvの限度値。よって1年間で20mSv以内に線量管理をお願いします。
- \* 「かつ1年間50mSv」の意味は、仮にある年に50mSvとなった場合には、残りのブロック5年間の合計を50mSv以下で管理することを求められております。
- \* また一定の条件を満たす医師においては
  - ・ 令和3（2021）年4月1日から令和5（2023）年3月31日まで：1年間に50mSv
  - ・ 令和5（2023）年4月1日から令和8（2026）年3月31日まで：3年間につき60mSvかつ1年間につき50mSvの経過措置が設けられます。

お問い合わせ② 眼の水晶体線量を知るには、報告書のどこを見たらよいのですか？

■「個人線量算定値報告書」の見方

ガラスバッジ測定後、弊社より毎月発行される「個人線量算定値報告書」をご確認ください。点線枠で囲っています「等価線量水晶体年度計」と「ブロック5年間の等価線量（水晶体）」の欄に線量が表示されています。該当欄の下部には等価線量（水晶体）の年限度と、ブロック5年の法令限度値を表記しています。

個人線量算定値報告書:毎月発行されます。個人線量一覧表となります。事業主様がご確認ください。

個人コード	氏名	性別	年齢	職種	個人線量		個人情報	
					水晶体	皮膚	実効線量	実効線量
12345678	千代田 太郎	男	H	X	0.1	0.2	0.0	3
001	123456789							
87654321	千代田 花子	女	調	X	X	X	X	****
002	987654321							
10543218	千代田 優子	女	調	X	X	X	X	0.0
003	876543219							

各個人の等価線量（水晶体）の年度計と、ブロック5年の項目を注目し法令限度値を超えないように管理ください

等価線量（水晶体）の年限度と、ブロック5年の法令限度値を表記しています

### ■「個人用報告書」の見方

左から当月、四半期計、当該年度合計線量を表示しています。等価線量（水晶体）線量は点線枠へ下部に「ブロック5年間の等価線量（水晶体）」を表示しています。

個人用報告書:毎月発行されます。各個人様へ配付用報告書として、ご使用ください。

等価線量（水晶体）に値を記載しています  
左から当月、四半期計、年度計の値を記載

DOSIRIS使用の場合は装着部「眼」の測定値を記載

等価線量（水晶体）のブロック5年の項目を追加

### ■「個人線量算定値管理票（法定管理帳票）」の見方

四半期毎に発行される「個人線量算定値管理票（法定管理帳票）」の点線枠部分に「等価線量水晶体年度計」と「ブロック5年間の等価線量（水晶体）」を表示し、法令で記録・保存することが定められている項目を網羅しています。事業主様で保管願います。

個人線量算定値管理票:四半期に一度発行されます。事業主様で保管が必要です。（各個人様毎に発行）

赤く表記しています  
報告書に混在しても、横から見ていただくと赤色が確認できます  
目印としてお使いください

等価線量（水晶体）の算定項目

等価線量（水晶体）のブロック5年間の累積線量

JAB（日本適合性認定協会）によるISO/IEC17025に基づく放射線個人線量測定分野の認定を取得したことを示すシンボルマークを印字しています

### お問い合わせ③ 眼の水晶体をどうやって測定するのですか？

弊社では眼の水晶体等価線量の測定用に「DOSIRIS」を準備しています。DOSIRISは眼の近傍に装着できるため、眼の水晶体の線量をより正確に測定することができます。

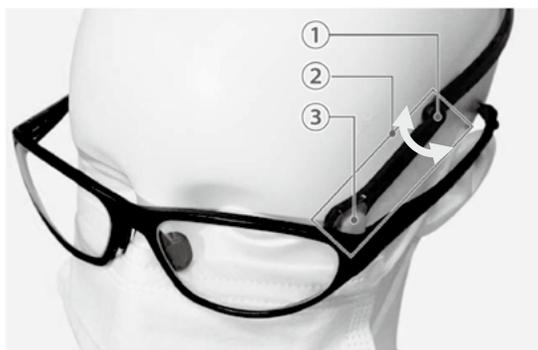
眼の水晶体線量が事業所で定められている管理基準に近くない／超える恐れがない場合は、基本部位または、体幹部不均等被ばくの場合は最大線量部位（頭頸部など）に装着したガラスバッジの測定結果から水晶体線量を求めることができます。

#### ■ 眼の水晶体用線量計DOSIRIS

〔防護メガネ〕 防護メガネの内側で線量を測定可能

〔ヘッドバンド〕 ①関節部は角度調整可能、②端部のみ取り外し可能、③素子格納部

##### ヘッドバンド

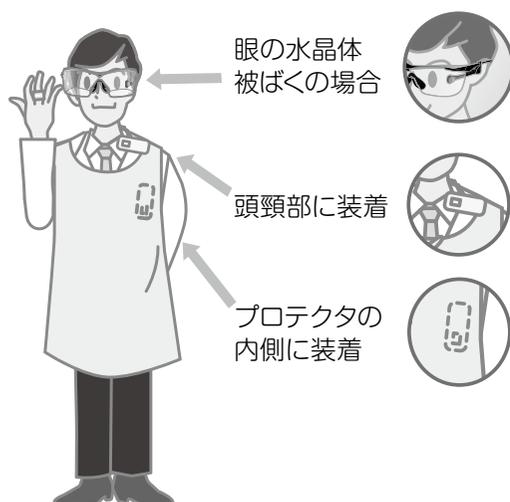


##### 防護メガネに装着



#### ■ 眼の水晶体用線量計の装着方法のご案内

前提として、防護眼鏡等によって受ける等価線量が低減されていることが求められます。

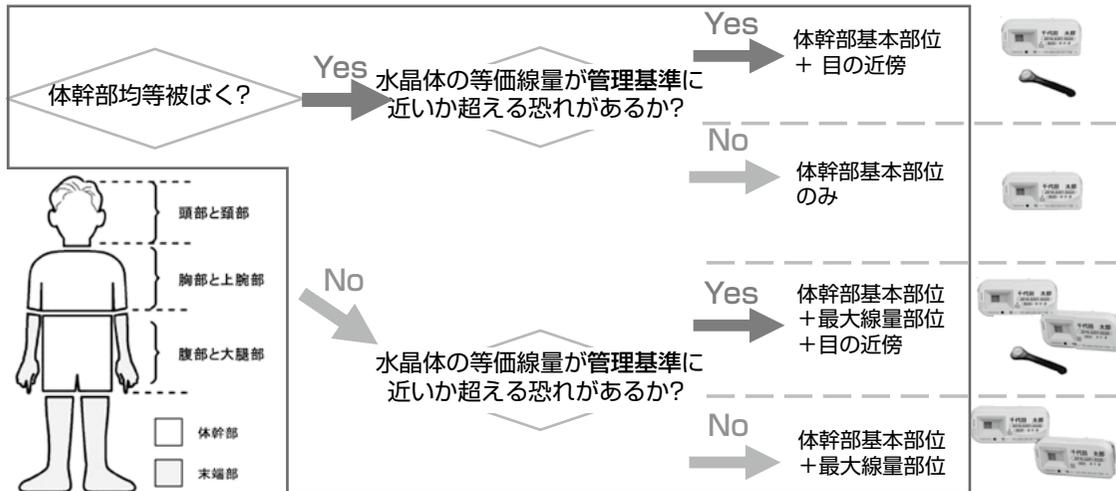


防護眼鏡等によって受ける等価線量が低減されている状態の眼の水晶体の等価線量を正確に算定するために適切な測定が行える部位に放射線測定器を装着し、眼の水晶体の等価線量としても差し支えないこと。

(令和2年10月27日基発1027第4号)

#### 4. 線量計の測定方法の選択フロー

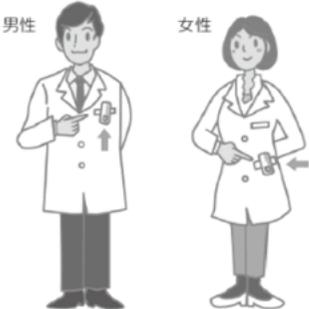
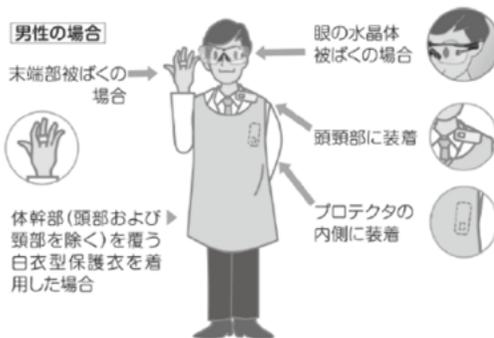
日本保健物理学会 眼の水晶体の線量モニタリングのガイドライン(2020) より



#### 5. 個人放射線被ばく線量測定のとまとめ

放射線管理区域に立ち入る者に対して法令で個人放射線被ばく線量測定が義務付けられております。

個人放射線被ばく線量測定サービスによる報告書より、貴施設の放射線業務従事者様の被ばく状況をご確認いただき、作業環境や作業状況の健全性をご確認ください。

均等被ばくの場合の 線量計装着部位	不均等被ばくの場合の 線量計装着部位
<p>男性は胸部、女性は腹部に装着します。</p> 	<p>プロテクタ等を使用して不均等に放射線を受ける場合は、均等被ばくの場合に加え、他に被ばくする部位(頭や指等)にも装着します。</p> <p><b>男性の場合</b></p> <p>末端部被ばくの場合</p> <p>体幹部(頭部および頸部を除く)を覆う白衣型保護衣を着用した場合</p> <p>眼の水晶体被ばくの場合</p> <p>頭部に装着</p> <p>プロテクタの内側に装着</p> 
	 <p>ガラスバッジ</p> <p>ガラスリング</p> <p>DOSIRIS</p>

#### 参考文献

- 1) 「厚生労働省より放射線業務を行う事業主の皆様へ」リーフレット
- 2) 令和2年10月27日 基発1027第4号 電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令等の施行等について
- 3) 日本保健物理学会 眼の水晶体の線量モニタリングのガイドライン(2020)より

放射線道場の喫茶室  
第15回

## ポアソン変数による 状態の監視と制御

鴻 知己



digital化された情報の品質は、綴られている言説の内容の正誤や当否とは関わりなく、置換された数字列の確度が関心事である。

事象の生起が、それ以前の事象生起に影響を受けず、単位時間当りの生起確率が、先験的あるいは後験的に $m$ と知られているとき、時間 $T$ に生起する数の期待値は $mT$ なる有理数となるが、実際に観察される生起数 $N$ は非負の整数となる。

期待値 $mT$ のとき $N$ を得る確率はPoisson分布と呼ばれる確率分布式

$$P(mT, N) = \exp\{-mT\} \cdot (mT)^N / N!$$

に従う。

$mT = \ln 2$  のとき、 $T = \ln 2 / m$  の測定で  $N = 0$  を得る確率は  $0.5 (= 1/2)$  となる。 $mT = K \ln 2$  のときは  $(1/2)^{**K}$  である。

時間 $T$ の測定を $K$ 回繰り返す行い、その何れに於いても計数がゼロであったとすれば、それは時間 $K \times T$ の測定で計数 $0$ を得たことと(情報理論的には)変るところがない。

確率の分布が上記式で記述できることだけが知られているとき、時間 $T$ の観察・観測で事象の生起数 $N = 0$ を得たとする。一般的に、生起確率  $(1/2)^{**K}$  のとき偶々 $N = 0$ を得た、と解釈することが可能である。 $K$ は任意に選択できる。

従って、Poisson変数を介して状態の監視や制御を、所与の管理基準 $m$ に対し、観察・観測時間を  $T = K \ln 2 / m$  に固定し、 $N = 0$  か  $N \neq 0$  かの判別に依るとする方策においては、判定の確度は  $1 - (1/2)^{**K}$ 、で  $N = 0$  を得る確率は  $(1/2)^{**K}$  ということになる。

$T = 2 \ln 2 / m$  に固定し、 $N$  の “0” か “非0” で基準逸脱の監視を行うことは、確度  $3/4$  で

の “基準逸脱判定” といえる。 $T = 3 \ln 2 / m$  に変えると確度は  $87.5\% (= 7/8)$  に変わる。

時間 $T/K$ の観察を $K$ 回繰り返す、その何れに於いても生起数ゼロを得ること、時間 $T$ の観察で生起数ゼロを得ることと、情報理論的には変わらない。

状態の監視・管理を計数のゼロ/非ゼロの別で行うとき、判定のための計測時間を  $T = K \ln 2 / m$  に設定すると、判定の確度は  $1 - (1/2)^{**K}$  となる。実際は基準以下であるのに基準逸脱と誤る確率と実際は基準を逸脱しているのに基準以下と誤る確率(実は両者等値)は  $(1/2)^{**K}$  となり、判定確度はその補数  $1 - (1/2)^{**K}$  となる。

観察・観測時間 $T$ で計数 $N = 0$ を得たとき、 $mT = k \ln 2$  を期待値とするPoisson分布で、確率  $(1/2)^{**k}$  の事象が生起したと解釈できる。 $k$ は任意である。

$T$ を  $T = k \ln 2 / m$  に固定して事象の生起を観察するとき、 $N = 0$ を得る確率は  $(1/2)^{**k}$  であり、 $n$ 回続けて $N = 0$ を得る確率は  $(1/2)^{**kn}$ 、 $n$ 回続けて $N \neq 0$ を得る確率は  $\{1 - (1/2)^{**k}\}^{**n}$  である。

Poisson変数を使用する状態監視では、実際には基準を超えているのに超えていないと見誤る過誤と、逆に実際は基準を超えていないのに超えていると見誤る、2種類の過誤が同値で付随する。

$T = 2 \ln 2 / m$  にとるとき、計数 $N$ が0か非0かを以て基準以下と逸脱の判定を行うとき、基準を超えているのに超えていないと見誤る過誤は最大  $1/4$ 、実際には基準を超えていないのに超えているとする過誤も同じく最大で  $1/4$  となる。

## ガラスリング形状変更のご案内

線量計測技術課

日頃は弊社ガラスバッジサービスをご利用いただきまして誠にありがとうございます。FBNews No.542 (2022年2月号)でご案内いたしました弊社製品の「ガラスリング」(末端部被ばく測定用)につきまして、形状変更の時期を予定通り2022年7月ご使用分から実施いたします。今回の改良により、ご利用されるお客様が装着し易く、よりご負担の掛からない形状へと進化いたしました「ガラスリング」をお届けいたします。

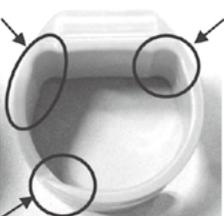
改めまして「ガラスリング」の改良点をお知らせいたします。

### 【切り替え時期】

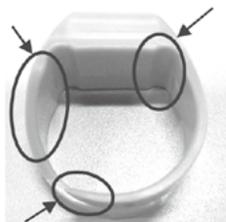
2022年7月のご使用分から変更いたします。

### 【変更内容】

#### ■ ガラスリング (一般のお客様用)

	現行品	改良品	変更箇所等
正面			<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガラス素子格納部分の形状に変更はありません。</li> <li>・ケースの材質に変更はありません。</li> </ul>
裏面			<ul style="list-style-type: none"> <li>・先端部を丸く、やや太くすることで先端部が指に食い込みにくくなっています。</li> </ul>
側面			<ul style="list-style-type: none"> <li>・内側の突起部を丸くし、指輪部へのスロープを緩やかにし、角のない仕上がりになりました。</li> <li>・リングの厚みを先端部にかけて薄くなるようにし、手袋装着時の圧迫感を軽減しました。</li> <li>・指輪サイズ：7号～30号に対応。 (変更ありません)</li> </ul>

■ ガラスリング（原子力発電所作業者様用）

	現行品	改良品	変更箇所等
正面			<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガラス素子格納部分の形状に変更はありません。</li> <li>・ケースの材質に変更はありません。</li> <li>・通し穴の位置に変更はありません。</li> </ul>
裏面			<ul style="list-style-type: none"> <li>・先端部を丸く、やや太くすることで先端部が指に食い込みにくくなっています。</li> </ul>
側面			<ul style="list-style-type: none"> <li>・内側の突起部を丸くし、指輪部へのスロープを緩やかにし、角のない仕上がりになりました。</li> <li>・リングの厚みを先端部にかけて薄くなるようにし、手袋装着時の圧迫感を軽減しました。</li> <li>・指輪サイズ：13号～30号に対応。</li> </ul>

弊社では、今後もより良いガラスバッジサービスをご提供できるようお客様からの声に真摯に向き合い、安心してご利用いただける製品づくりを目指してまいります。

引き続きご意見・ご要望等ございましたら、いつでもお気軽に最寄りの弊社担当事務所までお寄せください。

今後とも弊社製品のご愛顧を賜りますよう、何卒よろしくお願い申し上げます。



左：一般のお客様用、右：原子力発電所作業者様用

サービス部門からのお願い

## ガラスバッジの装着について

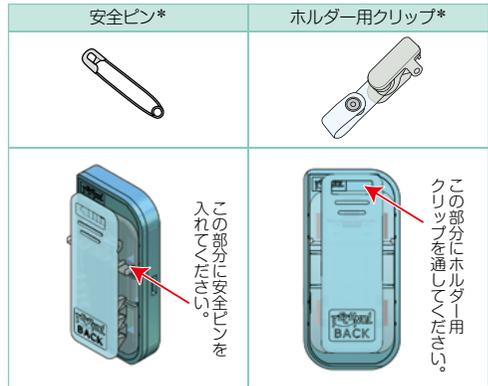
平素より弊社のガラスバッジサービスをご利用くださりまして、誠にありがとうございます。  
 ガラスバッジには市販品の安全ピンやホルダー用クリップを取り付けることができます。  
 お客様のご利用形態に合わせて取り付け、衣服のポケットの内側などにご装着ください。

ガラスバッジのご返却時には、安全ピンやホルダー用クリップは取り外してお手元に保管してください。

なお、ガラスバッジは、本体とクリップが一体型となっておりますが、万が一、クリップが本体から外れてしまった場合は、状況によりガラスバッジの交換等の対応をさせていただきますので、最寄りのガラスバッジ担当事務所までご連絡をお願いいたします。

皆様のご理解とご協力をよろしくお願い申し上げます。

### 【装着方法】



(\*市販品)

## 編集後記

- 公益社団法人日本アイソトープ協会の三家本隆宏様に「井戸形電離箱の校正と線源強度計測」と題して密封小線源治療の線源強度計測に用いられる井戸形電離箱の校正事業についてご紹介いただきました。この事業には弊社も大変お世話になっており、感謝申し上げます。
- 水晶体用線量計DOSIRISを防護メガネに取付けるための取付用部品の製作協力をいただいているBOSTON CLUB様を訪問させていただきました。取付用部品はBOSTON CLUB様が持ちのメガネ製造のノウハウを様々な部分でいただきながら開発いたしました。私もメガネを更新する際、BOSTON CLUB様にお世話になろうと考えております。
- FBNews No.542 (2022年2月発行)でもお伝えいたしましたが、これまでガラスリングの改良を検討してまいりましたが、2022年7月ご使用分より形状を変更いたします。今後ともガラスバッジサービスのご愛顧のほど、よろしくお願い申し上げます。
- 中川恵一先生のコラムは41回目となりました。今回は東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故より11年目が過ぎ、改めて中川先生が事故発生後「チーム中川」として活動を開始された当時のツイッターに対するツイートと今の日本における問題点をあらゆる情報と絡めて紹介いただきました。
- 放射線道場の喫茶室は第15回目となりました。今回は「ポアソン変数による状態の監視と制御」と題して寄稿いただきました。毎回、勉強させていただいております。
- 2021年4月1日施行の改正電離放射線障害防止規則に対し、これまで多くのお問い合わせをいただきました。既にご承知の方もおられると思いますが、改めていただいたお問い合わせの中から3点ご紹介させていただきました。参考にしていただけたら幸いです。
- 編集後記を作成している最中にウクライナへの軍事侵攻が始まりました。テレビで映し出される映像に衝撃を受けました。改めて平和の尊さを考えさせられております。本号がお手元に届く頃には停戦が合意されていることを願うばかりです。(H.T.)

## FBNews No.545

発行日/2022年5月1日

発行人/井上任

編集委員/新田浩 小口靖弘 中村尚司 金子正人 加藤和明 青山伸 藤森昭彦  
 篠崎和佳子 高橋英典 廣田盛一 前原風太 山口義樹

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/03-3252-2390 FAX/03-5297-3887

https://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364円)