

CONTENTS

1. 液体シンチレーションカウンタ迷い道
2. 令和4年度放射線安全取扱部会年次大会
(第63回放射線管理研修会) 概要報告



称名滝 (撮影者：原正憲氏)



公益社団法人

日本アイソトープ協会
Japan Radioisotope Association

発行日 2023年9月1日

発行 公益社団法人 日本アイソトープ協会
(連絡先) 学術振興部 学術課 03-5395-8081

液体シンチレーションカウンタ迷い道



富山大学 学術研究部 理学系

原 正憲

液体シンチレーションカウンタ（LSC）は多くの放射線取扱施設に設置されており、広く利用されています。しかし、その測定試料の調製はなかなか難しいものです。LSCについての学生からの質問や私自身の失敗を思い出しながら、LSCの測定試料の調製について考えてみたいと思います。

年度初め

大学の放射線取扱施設では、春から夏にかけて、学生から放射線測定装置の使い方、データ整理の仕方などの質問が寄せられます。私が主任者をしている施設では、トリチウムの測定を多くしており、LSCの使い方や測定結果に関する質問が多くなります。なかでも、LSCで測定した計数値がなんかおかしいが、なんでそうなるか理由が分からないという質問が多いです。このような質問を聞くと、まずは測定試料の調製が悪いかと思います。しかし、LSCの測定原理や試料の調製について、学生が入手し勉強できる日本語の資料や教科書はほとんどないのが現状です。このような質問が来るのも当然だと思います。

Thomson と Temple は“*Correct sample preparation in liquid scintillation analysis (LSA) is essential for both accurate and reproducible analysis, and no amount of instrumental sophistication can ever fully compensate for the problems attendant to a badly prepared sample.*”と述べています¹⁾。では、適切な試料調製とは何かとなります。これを考えるにはLSCの測定原理や液体シンチレータについての知識が必要となります。

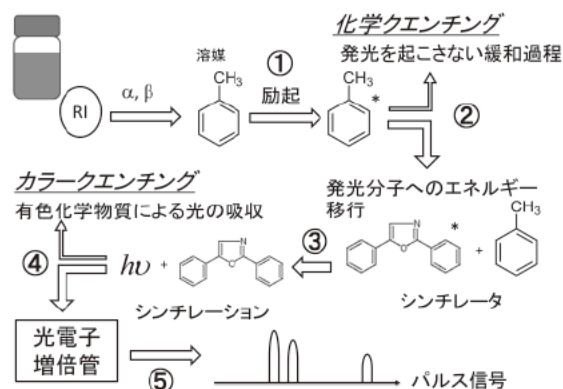


図1 液体シンチレータの発光過程

LSC の測定原理

LSCでは測定試料として、測定対象の液体と液体シンチレータを混合したカクテルを使用します。液体シンチレータは有機溶媒、発光性分子、界面活性剤などで構成されています。シンチレーション発光の過程を図1に示します。①放射線のエネルギーを液体シンチレータの溶媒が受け取り、励起状態となります。②溶媒のエネルギーが発光性分子に受け渡され、発光性分子が励起状態となります。③励起状態の発光性分子が基底状態に戻る際に発光が起こります。④発光が光電子増倍管により検出されます。⑤光電子増倍管から出た信号はLSC内で処理され計数されます。装置であるLSCは④以降の信号処理を担っています。つまり、放射線のエネルギーを受け取り発光に変換する①～④の過程が滞りなく行われるのが良い（適切な）カクテルとなります。しかし、クエンチングにより①～④の過程が阻害されます。

クエンチング

クエンチングには化学クエンチングとカラークエンチングがあります。これらのクエンチングが起こると検出効率が悪くなります。しかし、検出効率が悪くなる機構が化学クエンチングとカラークエンチングで異なります。

化学クエンチングは①と②の過程を妨げるものです。発光を妨げるので、放射線のエネルギーが同じでも化学クエンチングが強くなるに従い、検出されるパルスの波高は低くなります。つまり、化学クエンチングが起こると波高スペクトルは低い波高側に圧縮されていきます。そのなかで、もともと低い波高のシグナルは化学クエンチングにより弁別レベル以下の波高となります。これにより、検出効率が下がります。カクテルを作成する際には、試料を添加しますので多かれ少なかれ化学クエンチングの影響が出ます。クエンチドスタンダードを用いてのクエンチング校正は、この化学クエンチングを校正しています。

カラークエンチングは④の過程を妨げるものです。発光が起こり、その光子が光電子増倍管へ到達する前にカクテル中の有色の分子に吸収されてしまう現象です。液体シンチレータの発光は青紫です。実際に、ガラス容器に液体シンチレータを入れ、窓際に置くと青紫の発色を見ることができます。青紫色の補色の関係で橙、黄色でカラークエンチングが強くなります。シンチレータの発光波長の光を吸収しない場合は、試料に色がついていてもカラークエンチングは無視できます。

いずれのクエンチングでも、その影響が強すぎる場合には、試料を薄める、試料の溶媒を変える、測定成分を抽出するなどで対応します。

ルミネッセンス

ルミネッセンスには、フォトルミネッセンスと化学ルミネッセンスがあります。

フォトルミネッセンスは紫外線によりカクテル内の発光分子が励起され、発光が起こるというものです。ルミネッセンスは、低い波高のパルスを作るため、波高パルスの弁別レベルをルミネッセンスの波高以上にすればよいです。しかし、トリチウムの測定ではトリチウムの β 線に起因するパルスの波高が低いいためこの方法が使えません。フォトルミネッセ

ンスが減衰するのを待つか、フォトルミネッセンスの原因を作らないように配慮するかです。特に、低濃度のトリチウムを測定する際には、フォトルミネッセンスにより計数値を過剰に評価することがあります。そこで、フォトルミネッセンスの制御を検討しました²⁾。日光が入る実験室で調製したカクテルは100時間ぐらいフォトルミネッセンスが持続しました。一方、LED照明のもとでカクテル調製をして、LSCに装荷すればフォトルミネッセンスが抑えられることが分かりました。LED照明の光には紫外線成分が入っていないので、発光分子の励起が起こらなかったためです。

化学ルミネッセンスは試料と液体シンチレータが化学反応し、発光を引き起こす現象です。シンチレータと反応してしまう薬品を使用しないことが重要です。特にアルカリ性の試料でカクテルを調製すると顕著に化学ルミネッセンスが現れます。化学ルミネッセンスを引き起こす化学反応が終了するまで待てばよいと思われるかもしれませんが、現実的な時間でない時もあります。試料がアルカリ性の場合には、中和するなどを考えたほうが良いです。

液体シンチレータの選択

液体シンチレータは様々なメーカーより、いろいろな特徴を持つものが販売されています。測定対象に適合する液体シンチレータを選定する必要があります。この際、手持ちのクエンチドスタンダードに使用されている溶媒と同じ液体シンチレータを選定するとよいです。これは、化学クエンチングの校正曲線がシンチレータの溶媒により異なるためです。

バイアルの選択

LSC測定の20mlのバイアルとしてポリエチレン製あるいはガラス製のものを使用することが多いと思います。ポリエチレン製のバイアルの使用において、古典的な液体シンチレータでカクテルを調製し長期間の測定をすると壁効果（Wall effect）が現れるといわれています。現在、広く使われている液体シンチレータでも現れるか試してみたところ、10日間ぐらいの測定では影響は現れませんでした³⁾。もちろん、ガラス製のバイアルであれば壁効果を気にすることはないです。しかし、LSC用の20mlの

ガラスバイアルは20mlのガラス製試料瓶とほとんど見分けが付きません。実際、ガラス製の試料瓶がLSC測定で使われているところを見ました。LSC用のガラス製バイアルでは、カリウム含有量の少ないガラスが用いられております。このため、ガラス中の⁴⁰Kの影響が軽減され、バイアル由来のバックグラウンドが低くなります。

ポリエチレン製のバイアルはバックグラウンドも低く使いやすいのですが、不透明であるために測定時間の経過とともにカクテルが2層に分離して、不適切な計測になっていても気づきにくいです。一方、ガラス製バイアルを使用していると測定後の片付けの際に2層への分離に気づきます。忘れがちですが、初めての試料を測定するとき、あるいは混合比を変えるときなどは、コールドランの際にカクテルが分離しないか確認することが重要です。

環境試料中のトリチウムを測定する低バックグラウンドのLSCの中には、20mlのバイアルではなく、100mlのバイアルを使用できるものもあります。この際、Perfluoro alkoxy alkane (PFA) 製の100ml容器をバイアルとして使用することが多いです。これは壁効果を避けるためです。しかし、現在の液体シンチレータでは壁効果の影響は小さいので、100mlのポリエチレン製の容器が使えるのではないかと考えました。そこで、LSC-LB5（アロカ社製）を用いてバックグラウンドと計数効率を比較してみました³⁾。PFA製の容器とポリエチレン容器での測定結果に大きな差はみられませんでした。これにより、高価なPFA製の容器から安価なポリエチレン製容器に変更できることが分かりました。

LSCの教科書

LSCはほとんどの放射線取扱施設に設置されてい

ると思います。そして、LSCは α 、 β 、 γ 線を検出することができるある意味万能な測定装置です。しかし、勉強をしようと思っても書店で購入できる日本語の教科書が現時点ではありません。英語で書かれたよい教科書やメーカーからの技術文書があるといわれそうですが、広く使われている測定機器ですので、日本語の教科書があればと思います。

年次大会へのお誘い

LSCのことを、取り留めなく書いてきました。このようなことを気軽に話したり、意見交換したりする場が放射線安全取扱部会の年次大会ではないでしょうか。新型コロナウイルス感染症の流行により、ネットワーク上での開催となっておりましたが、令和5年度放射線安全取扱部会年次大会は富山市で開催します。今年度の年次大会のテーマとして「未来へつなげる放射線管理」といたしました。

対面での意見交換はネットワーク上の何倍も楽しいものです。ぜひ、富山市での年次大会(10月26日、27日)に参加していただければと思います。

参考文献

- 1) J. Thomson and S. Temple, "Sample preparation techniques for liquid scintillation analysis", Chapter 7 in Handbook of radioactivity analysis 4th Ed., Edited M. F. L'Annunziata, Academic Press, 2020.
- 2) M. Ohki, T. Matsunaga, T. Yasumatsu, M. Hara, "Working environment of tritium analysis for photoluminescence control", Fusion Eng. Design, 170 (2021) 112679.
- 3) Y. Oshimi, M. Ohki, M. Nagano, T. Yasumatsu, M. Hara, S. Akamaru, M. Nakayama, M. Shoji, "Applicability of a 100-ml polyethylene vial for Low-Level tritium measurement using a low-background liquid scintillation counter", Fusion Sci. Technol., 76 (2020) 583-588.



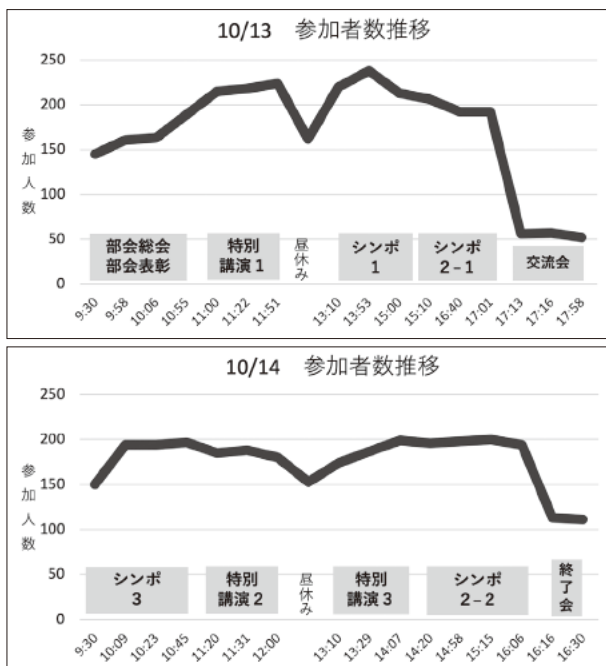
令和4年度放射線安全取扱部会年次大会 (第63回放射線管理研修会) 概要報告

令和4年度放射線安全取扱部会年次大会実行委員会

はじめに

令和4年度放射線安全取扱部会年次大会(第63回放射線管理研修会)は、新型コロナウイルスの感染収束が見通せない中、皆様のご健康と円滑な大会運営を第一に考え、3回目のWeb大会として10月13～14日に開催した。8年ぶりの北海道での大会に期待も大きかったと思う。その願いをかなえることができずオンラインとなったが、皆様のご協力を賜り、Web大会ならではの大きなトラブルもなく無事終了した。心より御礼申し上げます。登録参加申込者数274名、広告協賛も13社からいただいた。

新型コロナウイルス感染症が続く中、ロシアのウクライナへの侵攻という新たな世界情勢も加わり、大会テーマ「こんな今だから..主任者は安全管理を見直す」を掲げた。特別講演3件、シンポジウム3件をとおして、新たな方策、示唆を得ていただけたかと思う。Zoom画面での参加者の人数をもとに、大会参加者数の推移を下図に示す。

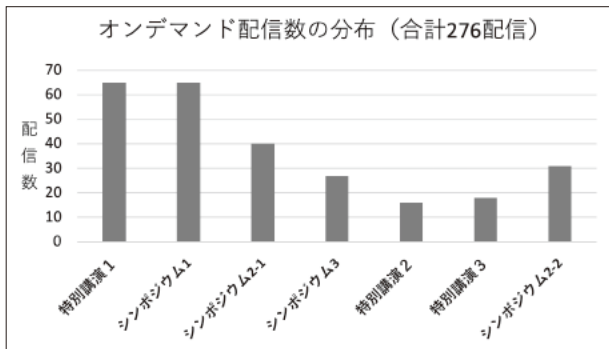


1日目(13日)は、部会総会・部会表彰で出足が悪かった(例年と同傾向)ものの、特別講演1が始まると、210名以上の参加となった。ただし、原子力規制庁からの依頼により質疑応答の時間が取れなかった。この点に関しては、アンケートにて厳しいご意見をいただいております。満足度もやや低く表れている。午後のシンポジウム1では測定機器メーカー3社からの校正に関する講演で、日頃なかなか聞けない話題でもあり240名近い参加者で推移した。ポスター発表であるシンポジウム2-1では若干減少したものの200名ほどの参加となり、残念ながら交流会では60名ほどとなった。交流会は対面での開催を望む方が多かったが、開催が帰宅と重なる時間帯であり、勤務先で参加され普段どおりに帰宅された方が多いから参加者が少なかったと推察する。Web大会ではもう少し早い時間より交流会を開始する等工夫が必要であると感じた。大通公園からの生中継や北海道観光案内をはさんで、ブレイクアウトルームを設定したが、盛況であったルームからは設定時間が短いとのご意見もいただいたので、今後の運営の課題となった。

2日目(14日)は、シンポジウムと特別講演で若干の参加者の変動が見られた。昨年と同様、シンポジウム3とシンポジウム2-2は放射線管理関係であったが、特別講演2と特別講演3は放射線関係ではあるものの地域色が入った講演のためか若干の減少が見られた。ただし、アンケートではいずれも変わらぬ高評価であり、有意義な話題を提供いただけたと思う。実行委員としてはもちろんすべての講演に参加いただきたいが、業務もある中並行して自由に参加できるのがWeb大会の利点でもある。今後の企画立案に際してどのように地域色と放射線管理の話題のバランスを取るかは大きな課題である。

今大会では大会終了後に、参加登録者限定のオンデマンド配信を新たに導入した。アンケートでは、

主任者コーナー



後日見逃した箇所や復習できるのはありがたいと高い評価をいただいている。Vimeo にて、10 月 21～31 日までの公開期間中の総配信数は 276 回で、その分布を上図に示す。Zoom 配信時の参加人数と相関がありそうである。

Web 大会となったため、両日とも朝早くから夕刻までの開催が可能となった。実行委員としては長時間いつもの勤務先の部屋で、孤独に Zoom と職場とのネットワーク状況把握に緊張を強いられつつ、大会を見守る状況であった。対面開催でないことから、ポスター発表申込みがやはり本年も少なかったが、時間を取れる分ポスター内容を分かりやすく発表いただいたことで自身が会場を回る形式と比較して見聞が広まったと感じる。しかし質疑応答に関しては、オンラインではやりとりしづらく気軽にはいかないため、敷居が高いと思われる。

ポスター賞は、例年より発表数が少ないことから、本年度は最優秀賞と優秀賞を 1 件ずつとし実行委員会メンバーにて投票を行った。受賞者には大変お喜びいただき光栄である。後日、主任者コーナーにて発表内容をご披露いただく予定である。

大会アンケート回答は 107 名の参加者からいただき、プログラムに関してはおおむね高評価であった。詳細は、日本アイソトープ協会ホームページに年次大会アンケート調査のまとめとして掲載しているのでご参照いただきたい。昨年同様、Web 開催（オンデマンド配信を含め）を引き続き望む声が続くもあった。旅費がかからず業務や授業等にとらわれることなく参加できるのはありがたい、との声を今後生かして行くには会場開催とオンライン開催とを同時に行うハイブリッド型を目指すより他はないように思う。人員と経費の確保が大きな課題であるが、コロナ禍を経験して DX 化も進む中、目指す新たな道が見えてきたと思われる。

最後になったが、本 Web 大会を無事に終えることができたのは、実行委員及び協賛企業の皆様そして参加者の皆様の多大なるご協力、ご支援によって成しえたものです。この場を借りて厚く御礼申し上げます。ありがとうございました。来秋は富山でお会いしましょう。

（北浦廣剛）

特別講演 1

「最近の放射線安全規制の動向」

（原子力規制庁 深野重男氏）

恒例の原子力規制庁より特別講演をいただいた。前回と同様今大会も、深野重男氏より講演いただくことになった。要旨集にある 100 枚を超えるスライド資料から、60 分すべてを Zoom にて講演いただいた。以下に概要を紹介する。「法律名が変わり、それに伴い様式が変わり押印がなくなりました」より始まり、冒頭に 0 号を追加する形で講演が開始した。

O. 未承認放射性医薬品等の二重規制の解消等

未承認放射性医薬品等が RI 法と医療法の二重規制状態となっており、規制合理化の観点よりこれらを RI 法の規制対象から除外する必要から、適用規制法令の変更点の説明がなされた。

I. 測定の信頼性確保

「放射線障害予防規程に定めるべき事項に関するガイド」の改正の追加と、現在策定中の立入検査ガイド（仮称）において、測定の信頼性の確保及びその記録に係る検査の視点等を示す予定であることが説明された。

II. 眼の水晶体の等価線量限度の取入れ

III. 運搬に関する規則等の改正

改正済みの関係法令及び規則について、改めて解説がなされた。

IV. 立入検査の実施状況等

令和 3 年からの立入検査の基本方針を踏襲し、政府及び自治体の新型コロナウイルス感染症対策やこれに関する事業所等の対応方針を考慮しながら、柔軟に対応していくこと、年間実施予定件数は約 160 件を目指しているとのことであった。令和 3 年度立入検査の実績は、障害の防止に係わるもので 22 事業所（うち不備件数 3）、防護措置に係わるもので 126 事業所（うち不備件数 16）であった。立入検査での留意点等が詳細に説明された。

V. 最近の事故・トラブル事例等

令和 4 年度は、9 月 1 日までに法令報告事例が 2 件であった。また最近の事故・トラブル事例が紹介され、線源の所在不明や漏えい、計画外被ばく等が実例で示された。これらは教育訓練の資料としても重要であり、自施設にて発生した場合を常に想定しておくことが求められる。

VI. 緊急時における連絡について

連絡体制をフローチャートとしてもまとめておき、事故・トラブルの際の第 1 報は未確認なものも確認を待たずに連絡することが重要である。第 2 報以降で順次確認できた内容を連絡することで良い。

VII. 許可届出使用者等の責務

VIII. 特定放射性同位元素の防護措置

最近の事故事象（漏洩等）の背景として、安全に対する意識の低下のほか、安全確保に係る組織・人といったリソース配分の不足・軽視が挙げられており、放射線取扱主任者のみならず、マネジメント層の積極的な関与が不可欠であることが強調された。

IX. 新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言を踏まえた RI 法の運用

緊急事態宣言は解除されたが、新型コロナウイルス感染症対策やこれに関する事業所等の対応方針を考慮しながら、実態に応じた対応をしていくのでやむを得ない事情がある場合には放射線規制部門まで相談下さいとのことであった。

X. 今後の規制見直しについて

前述の立入検査ガイド（仮称）や審査ガイド（仮称）について今後の整備予定が説明された。

（北浦廣剛）

特別講演 2

「北海道大学電子加速器駆動中性子実験施設の活動と放射線管理」

（北海道大学 大学院工学研究院 加美山隆氏）

地元北海道の大学の大型の放射線施設として、北海道大学 大学院工学研究院の電子線形加速器「北大 LINAC」と、それを利用した中性子ビーム実験施設「HUNS」の紹介を行っていただいた。講演では HUNS の設立から現在に至るまでの研究活動、そして、放射線防護に関する状況等が幅広く紹介された。中性子ビーム利用施設は遮蔽の困難さや放射化が問題になるであろうとの考えから、それらに関

する話題も関心ポイントであった。

北海道大学には病院の陽子線治療センターといった加速器施設もあるが、工学研究院の電子線形加速器（正式名称：瞬間強力パルス状放射線発生装置研究室）が最も高出力な加速器施設である。それでも、LHC、KEKB、SPRING-8、J-PARC といった大型の加速器施設に比べると非常に小さな施設となっている。初代加速器は 1973 年に完成し、現在の 2 代目の加速器は 2018 年度に新たに更新されたものとなっている。かつてはパルスラジオリシスやパラメトリック X 線に関する実験も行われていたが、現在はほぼ 100% の実験が中性子利用実験になっていることが述べられた。加速器は 2856 MHz のマイクロ波を利用した S バンド LINAC で、加速エネルギー 32 MeV、尖頭電流 250 mA、最大パルス幅 4 μ s、パルス運転 1 Hz 当たりの平均電流 1 μ A（最大 100 Hz）、最大出力 3.2 kW の電子線を利用して、W ターゲットで制動 X 線を発生させ、後段の Pb ターゲットにおける光核反応により数 MeV の高速中性子を発生させているシステムが説明された。電子加速器は枯れた技術で安定的であることから、加速器更新時も同じ電子加速器が選ばれたという経緯も述べられた。パルス運転が可能であるため、パルス中性子源並びに中性子飛行時間（TOF）法を利用した、中性子エネルギー分解型実験が可能となっていることが特色として述べられた。

様々な研究が行われてきたが、初期の重要な研究は世界初の加速器冷中性子源の研究開発である。現在も当時の研究により確認された最高性能の 20 K 固体メタン減速材が使用されている。中性子発生強度は 5×10^{12} n/s であり、高速中性子・熱中性子・冷中性子の高度なビーム利用ができる設備が整っている。

高速中性子は半導体デバイスの宇宙線中性子ソフトエラー対策に供されている。熱中性子は TOF 分析型中性子イメージング実験に供され、鉄鋼、リチウムイオンバッテリー、鉄文化財、非破壊温度測定、放射線遮蔽材に関する研究が行われている。冷中性子は TOF 分析型中性子小角散乱実験に供され、鉄鋼、軽金属、建築材料、食品に関する研究が行われている。もちろん他にも様々なニーズに応えた多様な中性子ビーム利用実験が行われており、中性子検出器の開発等が行われている。

主任者コーナー

放射線管理に関する説明もあった。加速器更新に併せ、放射化物保管設備の増床、管理区域境界の縮小、放射線遮蔽体の増強等が行われたことが述べられた。施設利用登録者は工学系事務部の安全衛生管理事務室で一括管理されており、学外者の受け入れもスムーズに行えるような体制が整っているとのことである。年 2 回の外部委託による線量測定や、年 1 回の学内点検が行われている。一方、近年は建屋の老朽化が進んでおり、建屋改築に向けた努力が行われていることも紹介された。

質疑応答では空気の放射化並びに排気設備に関する話題が議論された。また、減速材の放射化についても議論があった。小規模な施設だからこそ放射化は比較的影響が小さいこと等が紹介された。更に、中性子発生ターゲットの除熱といった安全性に関わる議論も行われた。放射線遮蔽については、遮蔽体を線源付近に近付ける工夫により効率化を図っている一方、ハンドリングが難しくなるのではないかと指摘もあったが、遮蔽体を適切にパーツ分割することで作業性を高めていることが紹介された。

(佐藤博隆)

特別講演 3

「泊発電所の放射線管理と北海道胆振東部地震におけるブラックアウト対応について」

(北海道電力(株)泊発電所 松田茂樹氏)

2 日目の特別講演 3 では、北海道電力(株)泊発電所で安全管理課長を務める松田茂樹氏に泊発電所における放射線管理の概要と平成 30 年 9 月 6 日の北海道胆振東部地震を契機として発生した全道ブラックアウトにおける泊発電所の状況等についてご講演いただいた。

泊発電所は、1、2 号機が 57 万 9 千 kW/基、3 号機が 91 万 2 千 kW の出力を有する軽水減速・軽水冷却・加圧水型 (PWR) の原子力発電所で平成元年 6 月の 1 号機運転開始以降、北海道の大型電源として低廉かつ安定した電力供給に貢献してきたが、平成 23 年に発生した「東京電力(株)福島第一原子力発電所」の事故以降は長期停止中にあり、現在は再稼働に伴う原子力規制委員会の新規制基準適合性審査が継続中とのことである。

泊発電所における放射線管理は、放射線業務従事者の被ばく管理、施設内の放射線量等の測定はもち

ろんのこと、ALALA を踏まえた被ばく低減対策やプラント系統水の水質管理による放射性物質濃度の低減等を実施している。また、運営上発生する固体・液体・気体の各放射性廃棄物を適切に処理・監視し、発電所から環境中へ放出される気体・液体廃棄物については、モニタリングポスト等による発電所周辺の放射線状況の常時測定、発電所内外の環境試料中の放射能測定を定期的の実施すると共に、公表していることの説明があった。このように原子力発電所の運営においては、法令等に基づく種々の放射線管理はもちろんのこと、地域住民等への積極的な情報公開により理解を得ることが非常に大切であると感じた。

次に平成 30 年 9 月 6 日午前 3 時 7 分に北海道胆振地方東部において M6.7、最大震度 7 の地震が起こり、これを契機として発生した北海道全域停電(ブラックアウト)の概要、泊発電所の状況について説明があった。

電力会社では電力需要を予想して発電量を調整し、需要と供給を同時同量の状態とすることで系統の周波数を一定に保っているが、震源地にほど近い苫東厚真発電所 2 号機と 4 号機が緊急停止したことで周波数が急激に低下、北海道と本州を結ぶ北本連携設備による緊急融通で一時的に周波数が回復したものの、その後の負荷遮断、送電事故、火力・水力発電所の緊急停止により、北海道内の発電設備がなくなり、18 分後の 3 時 25 分にブラックアウト発生に至ったとのことである。この対策として、建設中であった石狩湾新港発電所の運転開始や新北本連携設備の送電量増加を行うことで電力の安定供給が可能なように改善を図っている。

泊発電所では、地震による影響はなかったものの、ブラックアウトにより外部電源が喪失した状態となったが、非常用電源設備であるディーゼル発電機が自動起動し、原子力安全上優先順位の高い設備に設計どおり電源供給がされており、安全上問題となることはなかった。放射線管理上の影響としては、管理区域の出入管理設備が停止したため、監視員による入退域管理を実施したことや安全協定に基づき泊発電所から北海道へテレメータ伝送しているデータ等が一時的に欠測となる事象が発生したが、これについてもその後の対策で非常用電源から電源が供給できるように設備改造を実施している。

泊発電所では、様々なトラブルを想定したトラブル対応の教育・訓練を定期的実施しているとのことで、外部電源喪失のような場面においても、状況確認やそれに基づく対応が遅延することなくできたのではないかと感じた。

現在、泊発電所は長期停止中であるが、今後の再稼働に向けて現状の管理に満足することなく、原子力安全を維持して欲しい。

(北野尚弘)

シンポジウム1

「放射線測定器の精度向上と校正について」

本シンポジウムでは、令和5年10月1日に施行される「放射線の量等の測定信頼性確保のための改正」について、義務化される測定器の点検と校正をこれからどのように対応していけば良いかを、測定事業や製造、点検と校正を行っている3社より、それぞれご講演をいただいた。

最初の演者として「法令改正に伴う測定器の校正について」と題し、(株)千代田テクノルの西尾貴史氏よりご講演いただいた。初めに、法令改正の施行日までに行わなければならない「予防規程の改正」とタイムスケジュールについて説明をいただいた。タイムスケジュールでは令和5年10月1日の施行日までに予防規程の変更を行い、変更の日から30日以内に原子力規制委員会に届出を行う必要があるとの説明があった。「予防規程の改正」の詳細については、原子力規制委員会が制定している「放射線障害予防規程に定めるべき事項に関するガイド」に詳細が記載されているとの紹介があった(12月には日本アイソトープ協会からも「放射線障害予防規程ガイドの解説書」がホームページに掲載されており閲覧ができる)。

次に、「信頼性の確保が必要な測定(場所や目的)の適用範囲」、「信頼性を確保するため点検と校正の内容」について、委託事業として行っている校正や個人被ばく線量の測定における対応事例を交えながら説明をいただいた。(株)千代田テクノルの各種測定器の校正サービスでは、多種多様なメーカーの測定器の校正が可能となっており、使用者の目的・用途に応じ、計量法に基づくJCSS(校正事業者登録制度)校正から一般校正(JIS等に基づく校正)まで行っているとの説明であった。JCSSの校正範囲

は、 γ 線測定器と β 線表面汚染測定器になり、 γ 線測定器については多国間の相互承認である国際MRAも取得しており、相互承認署名機関の間で同等な校正証明書として取り扱うことが可能との説明があった。また、今回の法令改正に合わせ、校正前の受入検査(動作確認や機能確認等)を点検結果報告書として発行するサービスも別途有償で行っているとの説明があった。個人被ばく線量の測定では、(株)千代田テクノルが提供しているガラスバッジによる個人線量測定サービスはISO/IEC17025に基づく放射線個人線量測定分野の認定を受けており、改正法令の要求事項に合致している。管理者は、事業所で所有する各種測定器の数量により、実施計画の検討が必要になることを改めて認識する内容であった。講演後には、校正の委託数量が今後増加した場合の受け入れ体制と納期についての質問に対して、しっかりと対応できるように準備を進めていくとの説明があった。

2番目の演者として、富士電機(株)の水野裕元氏より「RI施設向け放射線監視システムの点検校正」についてご講演いただいた。最初に、令和2年9月にRI法施行規則が改正され、令和5年10月に施行される点について説明があった。この改正でRI施設の場所における測定の信頼性確保が求められており、放射線測定器の点検及び校正を1年ごとに適切に組み合わせて行うことになっている。本改正については、原子力規制委員会より「放射線障害予防規程に定める事項に関するガイド」について詳細が示されている。その中で点検とは放射線測定器が有する機能及び期待される性能が維持されていることを確認する行為を指し、製造者等による検出部や計測回路が機能することの確認等が該当するとある。また、校正とは①JCSS校正、②JISに基づいて校正施設で実施する校正、③自施設で放射線測定器を標準測定器として用いる比較校正、④JIS等示されている確認校正とある。今回、富士電機(株)の放射線測定器の点検、校正について現状を紹介いただいた。

まず、富士電機(株)の放射線測定器は国内生産であり、東京工場で機器設計、製造、点検、修理を含めた品質管理からアフターサービスまで自社で実施しており、工場内には校正施設を有している。また、ISO14000、ISO9000シリーズを取得している。校正

主任者コーナー

施設のトレーサビリティは国家標準の産業技術総合研究所、特定二次標準器の放射線計測協会と富士電機(株)の基準器はトレーサビリティが取れており、この基準により値付けした施設で製品の校正を行っている。校正室は「高線量用」、「中線量用」、「低線量用」、「中性子用」がある。高線量校正装置の線源は強度が異なる ^{137}Cs が 4.44 TBq から 37 MBq まで 6 種類、 ^{60}Co が 2 種類ある。この校正装置では主に γ 線エリアモニタや電離箱サーベイメータ、シンチレーションサーベイメータ等を校正する。中線源線量装置は主に個人被ばく線量計等を校正する。

次に、放射線監視システムについて説明いただいた。このシステムは RI 施設の放射線管理を総合的にサポートし、RI 施設内外の放射線量を自動的に測定、記録、管理することができる。システム構成によっては排水設備や排気設備の遠隔操作が可能となる。病院の核医学 (PET) 検査施設を例にすると、管理室に各モニタのデータ収集、表示、記録等を行うオペレーションコンソールを設置する。操作室、準備室等には γ 線エリアモニタを設置し、空間中の放射線レベルを監視することができる。汚染検査室には手、足、衣服の汚染を確認するハンドフットクロスモニタを設置する。また、排気設備、排水設備にはガスモニタ、水モニタを設置し、施設外に排出する排気排水中の放射能濃度を測定することができる。

最後に、放射線測定器の点検検査について説明いただいた。RI 施設に設置された放射線測定器は富士電機(株)の技術員が現地で点検検査を実施する。検査項目は JIS 規格や社内基準、出荷検査等で合否判定を行い、その結果を検査成績書として提出する。主な検査項目としては「指示値確認」、「設定値確認」、「外観検査」、「テスト機能」、「電源電圧測定」、「機能検査」、「ディスクリレベル検査」、「線源照射確認」等を行う。一方、サーベイメータの点検校正については富士電機(株)の工場で実施する。検査項目は測定器毎に異なり、JIS 規格や社内基準等で合否判定を行い、検査成績書を提出する。

以上が富士電機(株)の代表的な放射線測定器の点検及び校正についての現状である。

3 番目の演者として日本レイテック(株)の島元武志氏より「放射線測定器の点検、校正について (測定の信頼性確保への対応)」についてご講演いた

いた。放射性同位元素等の規制に関する法律施行規則第 20 条の改正により「場所に係る放射線の量及び汚染の状況の測定」「内部被ばくによる線量に係る測定」「放射線施設に立ち入ったものに係る汚染状況の測定」に使用する放射線測定器については、点検及び校正を 1 年ごとに適切に組み合わせて行うことを令和 5 年 10 月 1 日以降義務付けられることとなり、点検・校正の考え方について見解を踏まえて説明いただいた。

日本レイテック(株)の点検としては法改正後も従来と同じであるが、校正については校正相当の作業を既に実施している装置は従来どおりに行い、法改正に基づいた校正が含まれないものは校正に相当する追加作業を行うとのことであった。「点検」にはユーザーサイド実施レベルの日常点検と、製造メーカー実施レベルの定期点検があり、後者は測定器を使用した性能確認と共に適正值への調整を行う作業とのことであった。「校正」には分類があり、従来の一般の校正に分類されるものには校正証明書を発行し、規則第 20 条の校正の例として加えられた校正に分類されるものには試験成績書を発行とのことであった。尚、試験成績書には規則第 20 条の校正に対応している旨を明記されるとのことであった。その他、実際の装置に対する校正概要の説明や校正作業例の紹介をしていただき講演を終えた。

(東山貴之、森元朗史、臼井俊介)

シンポジウム 2-1

「ポスター発表 1」

今大会も前回に引き続きオンライン発表であったことから、参加者との意見交換の場を充実させるために、特設 Web ページでのポスター掲示とは別に、シンポジウムとして口頭で発表いただいた。発表者の方には資料のご準備等でご負担をおかけしましたが、対面でのポスター発表に劣らず、参加者との意見交換が図れたかと思います。2 日目のシンポジウム 2-2 と合わせて、12 件の申込みがあり、その内の 7 件についてシンポジウム 2-1 で発表いただいた。発表された演題は表 1 に示すとおりであり、以下に各発表について簡単に紹介する。

まず①では、市販の簡便な放射線測定器の基礎特性に関して、非常に丁寧に検討された結果について発表された。コロナ禍での教育訓練における参加者

表1 シンポジウム2-1で発表された演題

演題名及び発表者（○は発表者）
①簡易放射線測定器の基礎特性に関する検討と教育訓練における使用例 ○赤石泰一（青山学院大学）
②放射線教育用e-ラーニング教材の開発 ○宗岡重依，稲田晋宜，松嶋亮人，木庭亮二，寺元浩昭，中島覚（広島大学）
③産学連携放射線教育における専門家と学生とのコミュニケーションの充実 ○猪瀬聡史，関野梨名，小池裕也（明治大学），杉山和幸（理化学研究所・エア・ウォーター防災(株)），加藤明子（エア・ウォーター防災(株)）
④教育訓練教材作成のためのヒヤリハット情報提供のお願い ○鈴木智和，高橋賢臣（大阪大学），桧垣正吾（東京大学）
⑤電離放射線健康診断個人票の記入について ○小坂尚樹，鈴木太志，木村圭志，中田よしみ，桧垣正吾，和田洋一郎（東京大学）
⑥放射線施設における管理区域内の機器・設備等の日常巡回点検—過去30年間の実績紹介— ○阿部利明，日南真理，府川洋代，馬田敏幸（産業医科大学）
⑦施設検査，原子力規制検査に対応した自動帳票化システム ○長井理恵，乗物丈巳，高治一彦，猿田康二，小田川雅信（(株)竹中工務店）

同士の接触を最小限にするための工夫として，参加者に1台ずつ放射線測定器を扱って学んでもらうことは，感染対策のみならず，訓練に参加する者の意識を高め，実習効率の向上につながることでよく理解できた。

②についてもコロナ感染症対策の一環として，放射線教育用e-ラーニング教材の開発について報告された。自作の教材作成に関してリアリティを高めた工夫や，講習内でチェックポイントとして設問することによる能動的な受講管理の方法について分かりやすく紹介された。

③では，放射線教育の産学連携について，学生の立場から紹介された。理化学研究所での放射線安全取扱講習への参加と現地見学により，主任者試験に向けた学生のモチベーション向上や実学的な経験の取得等多数のメリットが得られることを説明していただいた。

④では，教育訓練教材に活かすためのヒヤリハットデータベースの構築に関する取組みについて紹介された。放射線施設の重大トラブルにつながる可能性のあるヒヤリハット事例について，原子力施設が公開する「ニューシア」のようにデータベースとしてまとめ公開することの意義や情報提供協力について分かりやすく講演された。

⑤では，電離放射線健康診断個人票の記入に関する説明と，被ばく歴や業務歴といった入力情報と様式の共通化に関する問題提起がされた。事業所間での放射線業務従事者の移動がありふれたものになっ

た現在では，健診記録をシームレスに共有できるようにDX化を目指すことが重要であり，記載事項や様式の共通化がその一助になることが伝わる内容であった。

⑥では，産業医科大学アイソトープ研究センターの30年間にわたる管理区域内の日常点検に関する取組みについて発表された。抜けのない点検記録を作成し，継続することは，事故や異常の未然の防止や機器管理の健全性維持，また何よりも主任者をはじめ施設管理者の精神的負担の軽減に寄与していることが印象的であった。

⑦では放射線施設の新設，改修における検査・施工記録の自動帳票化システムの説明と活用事例について発表された。本システムを用いることで得られるメリットとして，検査の見える化は使用前事業者検査に向けた漏れのない記録整備に非常に有用であること，またクラウドサーバを利用した情報の一元化が，建設会社と事業主更には協力会社との情報共有に貢献できることを紹介された。

各発表には，Web参加者から数々の質問が寄せられ，活発な意見交換が行われたと感じている。また，すべての発表については大会後のオンデマンド配信も行われ，リアルタイムで参加できなかった方へのフォローや，復習としてのサポートになったのではないかと考えている。なお，ポスター賞として，最優秀賞には④が，優秀賞には⑦が選ばれた。

（安井博宣）

主任者コーナー

表 2 シンポジウム 2-2 で発表された演題

演題名及び発表者（○は発表者）
①電離箱サーベイメータの中性子感度 ○上袁義朋（日本アイソトープ協会）、向井弘樹（理化学研究所）
②粒子線治療施設における電子機器への高速中性子の影響評価に関する予備的な観察研究 ○山口一郎（国立保健医療科学院）、清水勝一（兵庫県立粒子線医療センター）、田中鐘信（理化学研究所）
③企画専門委員会の活動—令和 4 年度 教育訓練講習会アンケート調査結果とその考察— ○企画専門委員会
④ PET 施設管理研究会の活動報告 ○ PET 施設管理研究会
⑤放射線取扱施設における安全管理技術の継承分科会活動報告 2022 ○放射線取扱施設における安全管理技術の継承分科会

シンポジウム 2-2

「ポスター発表 2」

本セッションでは、委員会・分科会活動を含む 5 件の発表が行われた。発表された演題は表 2 に示すとおりである。

①では、 γ 線用电離箱サーベイメータの中性子に対する感度を PHITS 計算による評価について説明があった。サーベイメータ実機を再現した詳細形状のシミュレーションの光子に対する応答がよく一致すること、構造を大幅に簡略化した模擬形状の感度も $\pm 20\%$ 以内であり、他の一般的なサーベイメータの計算へ適用可能であることについて紹介された。

②では、全国の陽子線治療施設で治療室内に X 線 CT 装置を設置している施設の半数が 1 年半以内に何らかのトラブルを経験していること、粒子線治療室内で発生する高速中性子が引き起こす半導体のソフトウェアの検証をスマートフォンのタイムラプスアプリを用いて行ったことについて紹介された。

③では、企画専門委員会を代表して、鳥取大学の北氏から、日本アイソトープ協会が主催する教育訓練について報告された。2020 年から開始された Web 講習会のアンケート結果と品質向上に向けた取り組みが紹介された。テキストマイニングツールを用いた自由記述コメントの解析では「分かりやすい」等の好意的なワードが占めており、受講者に対するアンケートでは大多数が対面よりオンライン形式での教育訓練の受講を望んでいる結果も示されていた。

④では、放射線安全取扱部会分科会 PET 施設管理研究会を代表して、神戸市立医療センター中央市民病院の佐々木氏から 2021 年秋以降の活動について報告された。昨年度は新型コロナウイルス感染症

対策のためオンライン開催となっていた PET サマーセミナーが 2022 年度は現地開催で行われ、セッション終了後に行われる情報交換会が「本音」を話すことができる貴重な場であることが再認識されたとのことであった。

⑤では、放射線取扱施設における安全管理技術の継承分科会を代表して、山口大学の坂口氏から 2022 年度の活動報告について説明された。分科会では会員全員が日々の問題を共有できるようにメーリングリストや日本アイソトープ協会ポータルを活用し、情報交換や Web 会議で挙げられたエピソードの収集・蓄積を行っていること、*Isotope News* で連載されている“日常管理のノウハウ”について紹介があった。

本セッションは、オンライン開催の利点を生かした録画発表、画像共有によるコンテンツ紹介等が行われ、聴講者に有益な情報が紹介され、活発に議論が行われた。

（吉井勇治）

シンポジウム 3

「放射線管理の DX」

本大会はコロナ禍の中でリモートでの開催を余儀なくされている。こういった状況や外部から要請により放射線関連施設も IT（デジタル）化することが急務とされている。それだけではなく IT 化に付随する安全管理の見直し（トランスフォーメーション）の必要性も各所で求められている。本シンポジウムでは、座長の渡部浩司氏（東北大学）が DX 化についての意義を説明し、それに関する 3 題の講演が行われた。

最初の演者として、理化学研究所の石岡純氏によ

る「SPring-8 及び SACL A における放射線業務従事者管理の DX 化」で SPring-8 及び SACL A での従事者登録手続きの Web 化の話が中心となった。年間 5000 人以上の従事者登録手続きを行うに当たってペーパーレス、押印レスは業務の効率化、負担軽減に非常に有効であると感じた。申請状況について現在 Web 申請が半数であるが、信頼性の確保や操作性の向上の改良を検討されているため、今後の Web 申請増加が期待される。

2 番目の演者として、京都工芸繊維大学の田村文香氏より「放射線教育訓練のデジタル化の試み～オンデマンド・ライブ・外国語対応～」と題し、コロナ禍で実際に取り組まれた放射線業務従事者のための放射線教育訓練について紹介がなされた。京都工芸繊維大学では、学習管理システム Moodle を使用し教育訓練が行われている。2020 年度の対応では、オンデマンド配信において、講義動画の視聴と確認テストの合格が修了要件として設定された。それぞれ、動画視聴を促すような仕組みの構築の必要性、受講生同士の解答の共有を避け、動画視聴を保証する確認テストの作成が必要とのことであった。講師側、受講側双方のメリット、デメリットについて解説がなされた。また課題として、英語が母語の留学生についての対応が検討され、リアルタイム翻訳技術が発展すれば解決される可能性があるとして報告された。

最後の演者として、京都大学の角山雄一氏より「放射線取扱者個人情報管理の DX に必須となった要件～KRUMS の導入事例から～」と題し、京都大学における放射線管理システムについて報告された。京都大学では約 4000 人のユーザーがおり、大半が RI の事業所でありそれに加え X 線装置を使用する施設があり、多くが RI 規制法による教育訓練を受けている。毎年 1000 名前後が新人として入り、e-ラーニングで教育を行っている。このような大量のデータを扱う場合において、従来の紙ベースからデジタル媒体に移行する際の事例として、新システム KRUMS 導入時について解説いただいた。新システムで必須となったことは、管理実態に合致するシステムを構築することと、継続的なリソースの確保とることである。特に後者は実際にシステムを使い始めてから重要性が判明したそうである。旧システムから KRUMS へのデータ移行は、旧データを参照せ

ず、一旦旧データベースを閉じてから新システムへ移行した方が問題の発生が抑えられたと報告がなされた。また、システムを熟知する後任スタッフの育成、伝承、マネジメント等のサポート人員の確保が課題であると報告された。

DX の長所は地理的な距離を解決でき、講演者の教訓をすべての主任者、安全管理者が活用できることであり、知識伝承のための良いシンポジウムであった。

(原子怜、柏原進)

相談コーナー

今大会も Web 開催となったため、相談コーナーは事前申し込み制とし、1 日目 (13 日) の 12:00～13:00 に専用のブレイクアウトルームを設ける形で実施した。

今回は 3 件の相談が寄せられた。内容は、密封小線源の管理、帳簿類の記載方法についての疑問、施設管理に関する相談であった。対面式で実施していた時より件数は少なかったが、あらかじめ相談内容を受けたことにより、相談員を引き受けて下さった先生方には説明資料を用意する等入念な準備をしていただいた。お忙しい中ご対応いただき心から感謝を申し上げる。

今大会もそれぞれの相談とそれに対する回答は、内容を相談コーナー相談票に記載し、法令検討専門委員会に報告した。日本アイソトープ協会 Web サイトの放射線管理 Q&A にはこれまでの年次大会相談コーナーに寄せられた相談が掲載されているので一助にいただけると幸いである。

来年度は対面式での大会が復活することを願っているが、相談コーナーの利用に当たり、あらかじめ相談者が相談票を提出する方式は続くと思われるのでご協力をお願いする。

会員諸氏によっては、身近に放射線関連の話ができる相手がいない方もおられると拝察する。相談コーナーは全国の経験豊富な先生方とのお縁を得られる貴重な機会でもある。今後も本コーナーを活用していただきたい。

(安原優子)

交流会

令和 4 年度北海道大会も令和 3 年度熊本大会に引

主任者コーナー

き続き、Web 交流会を実施することとなり、前年の実績を参考にして Zoom の機能が活用された。1 日目は内容盛りだくさんの企画の後であったため、どのくらいの方に参加いただけるか心配であったが 50 名程度の参加があった。北浦廣剛実行委員長による開会の挨拶から始まり、松田尚樹部会長からのご挨拶をいただき、そして上養義朋担当常務理事に乾杯の音頭をいただいた。

乾杯後は北海道支部によるプレゼンテーションで今年度年次大会開催の紆余曲折を説明された。その際、前北海道支部長の故 久保直樹氏の経歴・業績についても紹介された。その後、臼井俊介実行委員による大通公園からの中継でリアルタイムの大通公園と札幌テレビ塔のイルミネーションの画像が配信された。続いて、遠藤大二実行委員による北海道観光案内プレゼンテーションが行われた。時間が限られており、すべて紹介できないため、Zoom のチャットで観光案内ブログの URL を添付して配信し、時間内に紹介できない観光地については、配信した URL から交流会終了後もブログから見られるように工夫がなされた。

北海道観光案内終了後には令和 4 年度放射線安全取扱部会の功労賞及び奨励賞受賞者の紹介が行われ、Web 交流会に参加していた功労賞受賞の馬田敏幸氏、奨励賞受賞の三浦美和氏と坂口修一氏から

一言ずついただいた。その後、交流会企画として「もし北海道で開催できたなら何がしたい？」アンケートが開催された。アンケートは全 10 問で、その中で「札幌以外ならどこで開催して欲しい？」という質問では函館が 1 番人気であった。最後に「北海道に行きたかったか？」という質問では 8 割以上が「行きたかった」と回答し、今後の北海道開催へのモチベーションが上がる結果であった。続いて中部支部長の原正憲氏から令和 5 年度放射線安全取扱部会年次大会についての紹介があった。来年は富山市で開催されることが報告され、富山市の観光や、ご当地ならではの「お寿司屋事情」について紹介された。

この後、ブレイクアウトルームでの歓談の時間となった。今年は 3 つの「フリールーム」と呼ばれるブレイクアウトルームが設けられ、誰でも自由に入ることができ、実際の交流会のように誰とでも歓談できるようになった。これらのブレイクアウトルームは入るまで誰がその部屋に入っているか分からないが、いずれのフリールームにも人が入り、歓談で盛り上がっていたようであった。約 20 分の歓談の後にメイン会場に戻る案内があり、北浦廣剛実行委員長による閉会の挨拶で Web 交流会は締め括られた。

(華園究)

主任者コーナーの編集は、放射線安全取扱部会広報専門委員会が担当しています。

【広報専門委員】

柴田理尋（委員長）、井原智美、恵谷玲央、出路静彦、平木仁史、福島芳子

入会のご案内

会員の特典

- Isotope News（広報誌）購読料無料
- RADIOISOTOPES（電子版）閲覧（無料）※¹
- 出版物（当協会発行書籍）1割引
- 研修会・勉強会※² 受講料割引 など※³

※¹ 協会ホームページの会員専用ページ（マイページ）に2016年1月号から公開しています。

※² 一部の講習は除きます。

※³ そのほかの特典は当協会ホームページでご案内しています。

こんな方にお勧めします。

- アイソトープ・放射線を取り扱われる方
- 放射線安全管理に携わっている方
- アイソトープ利用・安全管理にご関心をお持ちの方
- 学生でアイソトープ・放射線に興味をお持ちの方

入会金及び会費（不課税）

	入会金	年会費
個人正会員	1,000 円	4,000 円
団体正会員	10,000 円	27,000 円
賛助会員	20,000 円	81,000 円
学生会員	なし	1,000 円

申込方法はホームページでご案内しています。

👉 <https://www.jrias.or.jp>

問合先：日本アイソトープ協会 会員窓口

E-mail : jria-post@as.bunken.co.jp

日本アイソトープ協会は、国民の皆様に安心してアイソトープをご利用いただけるよう供給から廃棄まで一貫した活動を展開しております。

協会の事業にご賛同いただき、一人でも多くの方のご入会を心よりお待ちしております。