



Photo Yasuhiro Kirano

Index

〔書籍紹介〕

「地上から宇宙まで様々な環境中での中性子測定」 中性子検出器の誕生秘話が凝縮	1
令和6年度 一人平均年間被ばく実効線量0.16ミリシーベルト…中村 尚司	5
令和6年度 年齢・性別個人線量の実態	8
〔コラム〕 83th Column	
【デジタルインフラを支える原子力の再評価】.....中川 恵一	11
国際会議 ISORD-12 開催報告	12
追悼「古田 悦子先生を偲ぶ」	16
公益財団法人原子力安全技術センターからのお知らせ.....	17
2025年 製薬放射線研修会	17
ラディエーションモニタリングセンター見学者5,000人目！	18
〔サービス部門からのお願い〕	
～ガラスバッジを汚染させてしまったかも??～.....	19

*誌名の「FBNews」は、弊社が行っていた「フィルムバッジ(FB)」による個人線量測定サービスに由来しています。

書籍紹介

「地上から宇宙まで様々な環境中での中性子測定」 中性子検出器の誕生秘話が凝縮

著 者 中村 尚司（東北大学名誉教授）
高田 真志（防衛大学校教授） 2025年 6 月発行

この度、表題の書籍を私の教え子である高田真志氏（防衛大学校教授）と共著したので、紹介させていただく。中性子が発生する場としては、原子炉施設、加速器施設、医療施設などの人工的に生成される場の他に、宇宙から地球にやってくる宇宙線中性子などがある。これらの様々な場において中性子検出器の開発は重要な研究分野であり、これまでに開発してきた様々な中性子検出器について述べるとともに、それを用いた様々な場所での測定について述べたものであり、まずは以下に目次を提示する。

目次

第 1 章 はじめに	5
第 2 章 様々な中性子検出器の開発	9
2.1 中性子測定の特徴	9
2.2 中性子線量測定器の開発	11
2.2.1 高感度中性子線量当量計の開発	11
2.2.2 軽量中性子線量当量計の開発	15
2.2.3 リアルタイム式中性子個人線量計の開発	20
2.2.4 新型シリコン中性子線量計の開発	24
2.2.5 固体飛跡検出器(CR39)による中性子個人線量計の開発	28
2.3 中性子スペクトロメータの開発	30
2.3.1 ボナーボール検出器の開発	30
2.3.2 ホスウィッチ検出器の開発	32
2.3.3 高エネルギー中性子検出器の開発	38
第 3 章 様々な地球及び宇宙環境中での中性子測定	41
3.1 様々な世界の高エネルギー加速器施設での中性子測定	41
3.2 宇宙線中性子の測定	51
3.2.1 航空機中でのボナーボールによる測定	55
3.2.2 航空機中でのホスウィッチ検出器による測定	57
3.2.3 バルーン搭載測定	60
3.2.4 地上での長期間測定	62
3.2.5 宇宙ステーションとスペースシャトルでの測定	65
第 4 章 医療分野への応用	69
4.1 生物実験用中性子場の評価	69
4.1.1 10MeV ピークを有する中性子に対する生物照射場	69
4.1.2 2MeV ピークを有する中性子に対する生物照射用中性子場(NASBEE)	71
4.2 BNCT におけるビームモニタ	75
4.2.1 リアルタイム熱中性子検出器	75
4.2.2 熱中性子に対する応答関数	75
4.2.3 リアルタイムビームモニタリング	75
第 5 章 最後に	81

地上から宇宙まで様々な環境中での中性子測定
中性子検出器の誕生秘話が凝縮

中村尚司(東北大学名誉教授)
高田真志(防衛大学校教授)



2025年6月10日 版

次にもっとも力を入れて取り組んだ
開発について、記述した部分を紹介する。

1. 高感度中性子線量当量計の開発

中村がこの開発にかかわりを持つことになったのは、1975年3月に京都大学から東京大学原子核研究所の放射線管理室に助教授として赴任してからのことである。その当時は、レムカウンタはスウェーデン製のStudsvik2202Dしか世界中になく、しかもこの製品は環境モニタとするには感度が低いという欠点があった。そこで、もっと中性子感度の高いレムカウンタを開発することにした。検出器は当時アメリカLND社か

ら発売されていた直径2インチと5インチの2つの ^3He カウンタ(10気圧入り)を用いることにした。 ^3He の方が ^{10}B より熱中性子に対する反応断面積が大きく、しかも高圧(10気圧くらいまで)に出来るので、検出感度が高く出来るからである。 ^3He カウンタの周りに方向依存性のない球形のポリエチレン減速材を巻き、内部にボロン入りのシリコンゴムを入れて、中性子に対するエネルギー特性をICRPが決めた感度特性に合わせるように、1次元輸送計算コードANISNを用いた様々な計算と実験を行った。

これは世界最高感度の中性子レムカウンタとなり、昭和61年に第18回市村賞の貢献賞(学術の部)「高感度中性子線量当量計の開発」を受賞することが出来た。

2インチ径のものはStudsvik2202Dの感度の10倍、5インチ径のものは70倍という高感度であり、現在でも世界中の市販品の中でも最も高感度なものである。(図1参照)



図1 高感度レムカウンタの開発—世界最高感度

2. 軽量中性子線量当量計の開発

中性子線量当量計として市販されている製品は、厚いポリエチレン減速材を使っているために重量が重く、最も軽い富士電機の製品で8 kg 近くあり、ほとんどの製品は10 kgを超えていた。このため、放射線サーベイのために持ち歩くのが大変で、もっと軽い製品が欲しいという要望が多く寄せられていた。そこで減速材を使わない軽量の製品を開発しようと計画して、富士電機の山村精仁氏、布宮智也氏と共に2007年3月頃に速中性子用と熱中性子用に混合ガスを使う方式を考案した。窒素ガスを1気圧、メタンガスを4気圧とし、減速材を全く使用せずにその重量を約2 kgと従来品と比べて飛躍的に軽量化できた(図2のNSN3A)。また、 ^3He ガスを使わなかったことから、近年世界的に問題となっている ^3He ガスクライシス(入手困難)の問題を回避できたことも幸運であった。このNSN3はメタンガスを使っていることから、図3に示す

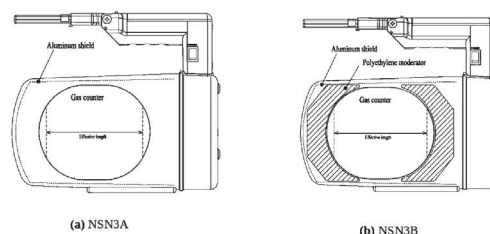


図2 軽量レムカウンターの概略図
(a)NSN3A、(b)NSD3B

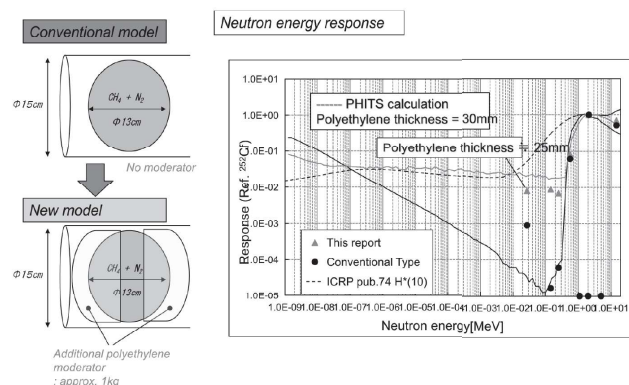


図3 更なるエネルギー特性の改良により、特に原子力発電施設でのkeV領域の特性が改善した結果

ように100MeVを超える高エネルギー中性子に対する感度も従来品に比べて高く、特に加速器施設での使用に適している。ただし、米国の原子力発電所から、発電所内で最も中性子線量が高いパーソナルエアロックのところで、この軽量中性子線量計の感度が他の検出器と比べて低いという指摘を受けた。この場所は周りが鉄ばかりで囲まれていて、熱中性子も高速中性子も少なく、この軽量線量計の感度が低い数100keV近辺の中性子が大半を占める特殊な環境である。

そこで、このエネルギー領域の感度を上げるために、検出器の周りに薄く（2cm厚）のポリエチレンを巻くことにした（図2のNSN3B）。



図4 軽量レムカウンタ

図3にポリエチレンの厚さを変えた時の感度の変化を示している。このために重さは約3kgと多少重くなったが、エネルギー特性は図3に示すように大きく改善された。特

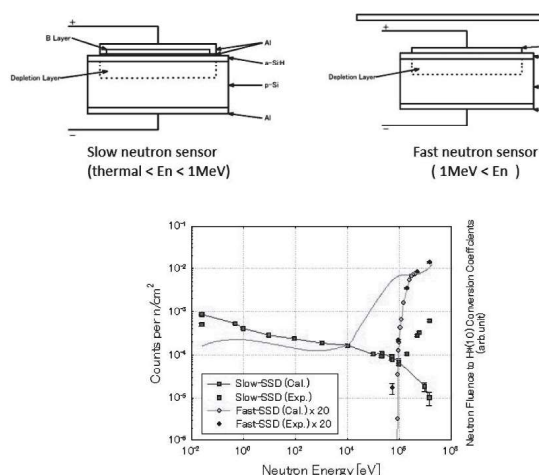
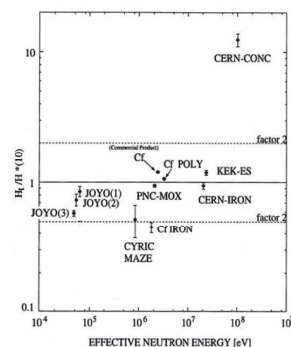


図5 (左) シリコン半導体式リアルタイム中性子個人線量計の開発。熱中性子用と速中性子用中性子センサーの概略図(上段)とエネルギー応答特性(下段)

に原子力発電所用にはこれが利用されている。図4に外観を示す。この研究開発に対して、原子力学会賞に共同開発者の布宮智也氏を推薦し、2018年に原子力学会特賞・技術賞を受賞している。

3. リアルタイム式中性子個人線量計の開発

1985年頃に、当時横須賀にあった富士電機総合研究188所の佐藤則忠氏からプラズマCVD（Chemical Vapor Deposition）法でボロンをコーティングしたシリコン素子が出来たので、中性子計測に使えないかという相談があった。シリコンを用いて中性子線量をリアルタイムに測定できる製品は世界中に無く、中村は東大から東北大サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターの教授に移ったばかりで、その研究室全体で力を入れることにした。熱中性子測定用にボロンコーティングしたシリコン素子と速中性子測定用にポリエチレンをラジエータとして用いたシリコン素子を組み合わせて中性子線量をリアルタイムに求める個人線量計として開発した（図5参照）。ボロンやポリエチレンの厚さを決めるのに、様々な中性子を用いた実験によって求めた。この2つのシ



Ratio of neutron dose equivalent given by our dosimeter, H_d , to ambient dose equivalent by the rem counter, $H^*(10)$, in various neutron fields.

$$E_{eff} = \frac{\int E \phi(E) h_{10}(E) dE}{\int \phi(E) h_0(E) dE}$$

図5 (右) 様々な施設における周辺線量当量の実測と評価値の比較[1、2]

リコン素子からのパルス出力には、ガンマ線によるパルスも含まれているので、それを差し引くためにカットオフレベルを決めなければならない。2つの素子からの出力に適切な重みを付けて加算して、出来るだけICRPの線量換算係数に感度を一致させる工夫をした。これらの場の線量をファクター2以内の精度で与えるように、施設ごとに最適の数値を選ぶことにより、ファクター2よりもずっと良い精度で線量を与えることが出来るようになった（図6参照）。

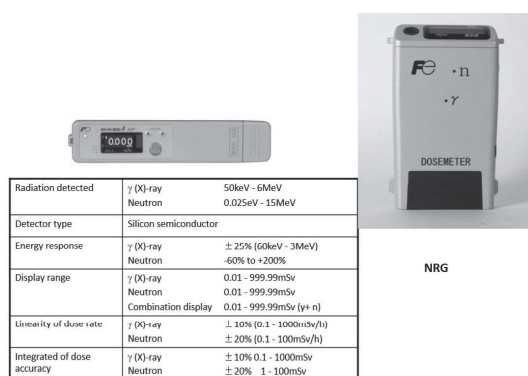
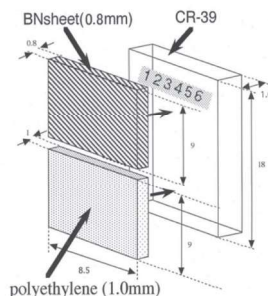


図6 富士電機社製の電子式個人線量計

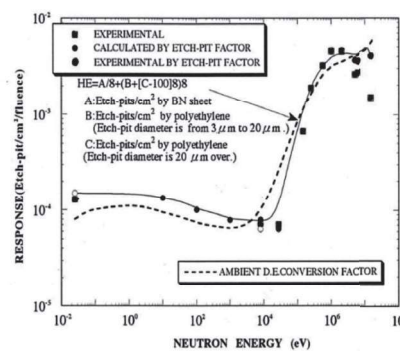
4. 固体飛跡検出器(CR39)による中性子個人線量計の開発

中村が東北大にいた時に、千代田テクノルから博士研究員として滞在した大口裕之氏と共同で現在メガネのレンズに使われているCR39という有機材料を使って中性子個人線量計の開発を行った。図7に示すようにCR39の前に熱中性子検出用に0.8mm厚BN(窒化ボロン)を置き、速中性子検出用に1mm厚ポリエチレンをおいた検出器である。これを図8に示す様々な中性子場で照射して、それをNaOH液で長時間エッチングして中性子の核反応で生成された荷電粒子（陽子とアルファ粒子）による飛跡を作り、その飛跡を顕微鏡で観察して中性子線量を求めるものである。ここでもシリコン線量計の場合と全く同様に、2つの素子からのエッチピット数に適切な重みを付けて加算して、出来るだけ線量換算係数に検出感度を



Combinations of CR-39 plastic with two radiators

図7 千代田テクノルと共同開発したCR39固体飛跡検出器による広帯域中性子個人線量計



Response of a combination of CR-39 plastic with two radiators

図8 CR39固体飛跡検出器の中性子エネルギー応答特性

一致させる工夫をした。また、エッチングについては大口氏がいろんな方法を開発した。図8から分かるように、中性子線量当量との一致は非常に良いことが分かる。これは現在千代田テクノルからパッシブ型の広帯域中性子個人線量計（ワイドレンジニューピットバッジ）として販売され、国内外で広く使われている。

以上、書籍紹介を特に重点的に取り組んだ中性子線量計の開発部分のみを中心にしていただいた。書籍にはこの他、第3章で地球及び宇宙環境中での中性子測定、第4章で医療分野の応用にも詳細に言及しており、皆様の中性子測定に関する要求に少しでも答える内容となっていると自負している。

ご興味のある方は、FBNews編集委員会事務局 (ctc-fbnews@c-technol.co.jp) まで問い合わせいただきたい。

(中村 尚司)

令和 6 年度

一人平均年間被ばく実効線量
0.16ミリシーベルト



中村 尚司

弊社の測定・算定による、令和 6 年度（令和 6 年 4 月～令和 7 年 3 月）の個人線量の集計の詳細については、「個人線量の実態」（FBNewsNo.585（令和 7 年 9 月 1 日））に報告されていますが、ここでは同実効線量について、より簡略に見やすい形にして報告いたします。

集計方法

令和 6 年 4 月から令和 7 年 3 月までの間に、1 回以上弊社の個人線量計を使用された324,419 名（前年度は323,051名なので、1,368名と昨年度に続いての増加で、一昨年と比べると、6,545 名増加しています。）を対象としました。

業種別の年実効線量は、全事業所を医療、研究教育、非破壊検査、一般工業、獣医療の 5 グループに分けて集計しました。職業別の年実効線量は、医療関係についてのみ職種を

医師、技師、看護師に分けました。最小検出限界未満を示す「X」は、実効線量“ゼロ”として計算してあります。

集計結果

一人平均の年実効線量は、表 1 に示されているように0.16mSvで、前年度（0.17 mSv）より減少しました。表 1 の業種別に見ると、医療が 0.20mSv(前年度0.21mSv)、研究教育が0.04mSv（前年度0.04mSv）、非破壊検査が0.16mSv（前年度0.18mSv）、一般工業が0.09mSv（前年度0.08mSv）、獣医療が0.02mSv（前年度0.02mSv）となっていて、医療と非破壊検査の年実効線量がやや減少し、研究教育と獣医療は変わらず、一般工業の年実効線量がやや増加しましたので、全業種での平均年実効線量が全年度よりやや減少しました。

表 1 令和 6 年度業種別年実効線量人数分布表（単位：人）（カッコ内の数字は％）

業 種	集団 実効線量 (manmSv)	平均年 実効線量 (mSv)	X (検出せず)	～0.10 (mSv)	0.11～ 1.00 (mSv)	1.01～ 5.00 (mSv)	5.01～ 10.00 (mSv)	10.01～ 15.00 (mSv)	15.01～ 20.00 (mSv)	20.01～ 50.00 (mSv)	50.00 超過 (mSv)	合計人数
医 療	47,765.70	0.20	186,693 (79.72)	11,289 (4.82)	22,827 (9.75)	12,113 (5.17)	1,011 (0.43)	177 (0.08)	54 (0.02)	33 (0.01)	0 (0.00)	234,197 (100.00)
研 究 教 育	1,405.80	0.04	37,753 (96.17)	476 (1.21)	620 (1.58)	364 (0.93)	39 (0.10)	2 (0.01)	1 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	39,255 (100.00)
非破壊 検 査	380.00	0.16	1,904 (82.42)	102 (4.42)	189 (8.18)	106 (4.59)	8 (0.35)	1 (0.04)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	2,310 (100.00)
一 般 工 業	3,034.60	0.09	32,868 (93.74)	480 (1.37)	982 (2.80)	616 (1.76)	78 (0.22)	21 (0.06)	9 (0.03)	10 (0.03)	0 (0.00)	35,064 (100.00)
獣医療	299.20	0.02	13,162 (96.83)	135 (0.99)	206 (1.52)	84 (0.62)	4 (0.03)	2 (0.01)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	13,593 (100.00)
全 体	52,885.30	0.16	272,380 (83.96)	12,482 (3.85)	24,824 (7.65)	13,283 (4.09)	1,140 (0.35)	203 (0.06)	64 (0.02)	43 (0.01)	0 (0.00)	324,419 (100.00)

注：矢印より左が分布（Ⅰ）に記載されています。
矢印より右が分布（Ⅱ）に記載されています。

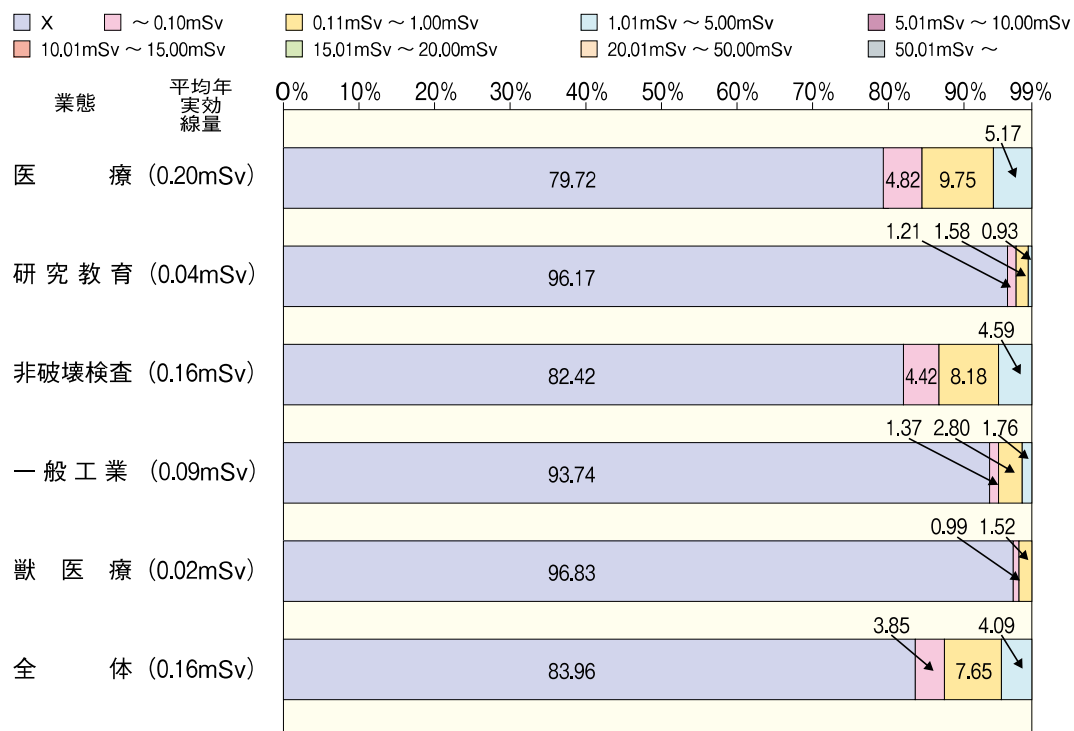


図1(a) 令和6年度業種別平均年実効線量の分布 (I)

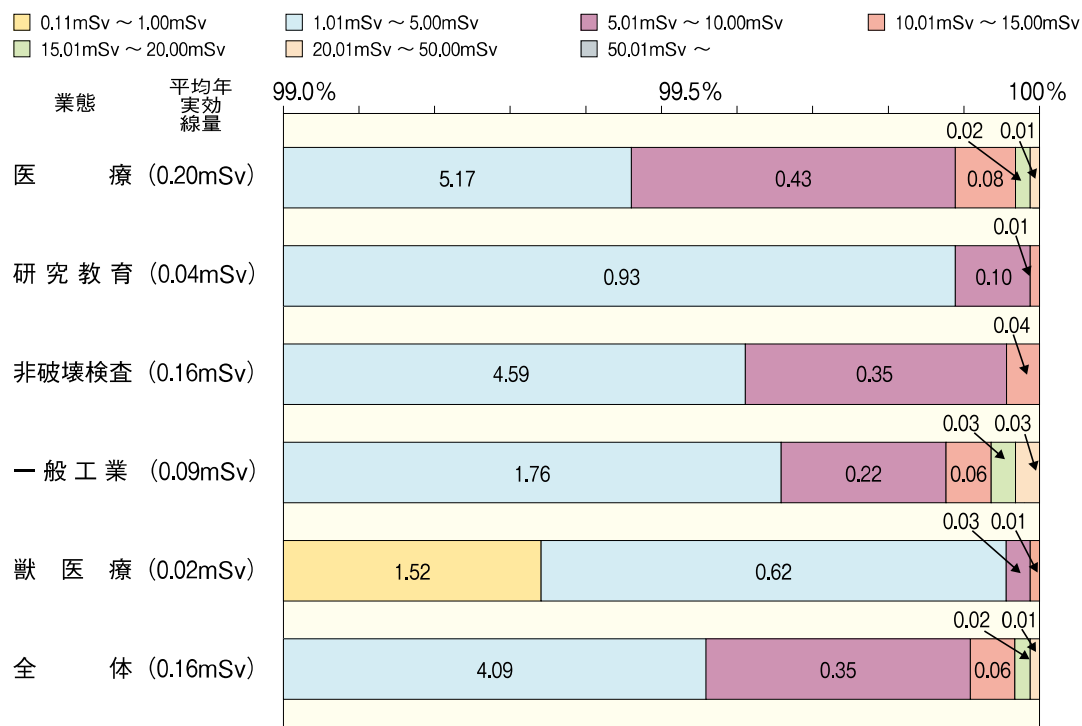


図1(b) 令和6年度業種別平均年実効線量の分布 (II)
(図1(a)の右端部の詳細を表す)

令和6年度を通して検出限界未満の人は、図1に示すように全体の83.96%（前年度83.57%）で、年間1.0mSv以下の人が、全体の95.46%（前年度95.27%）と、低線量当量の人の割合は、前年度と比べてわずかに増えています。また、業種別に見ると非破壊検査関係と医療関係では、その他の業種に比べて実効線量値が高い人の割合が多くなっているのも例年の傾向通りです。

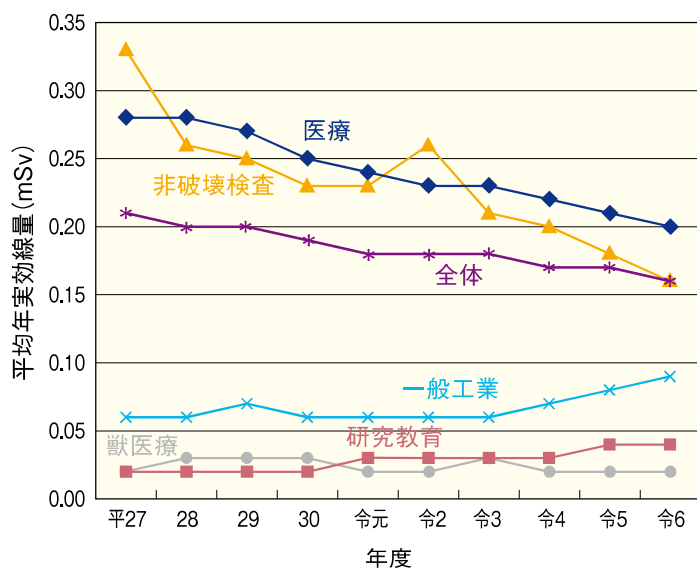


図2 過去10年間の業種別平均年実効線量の推移

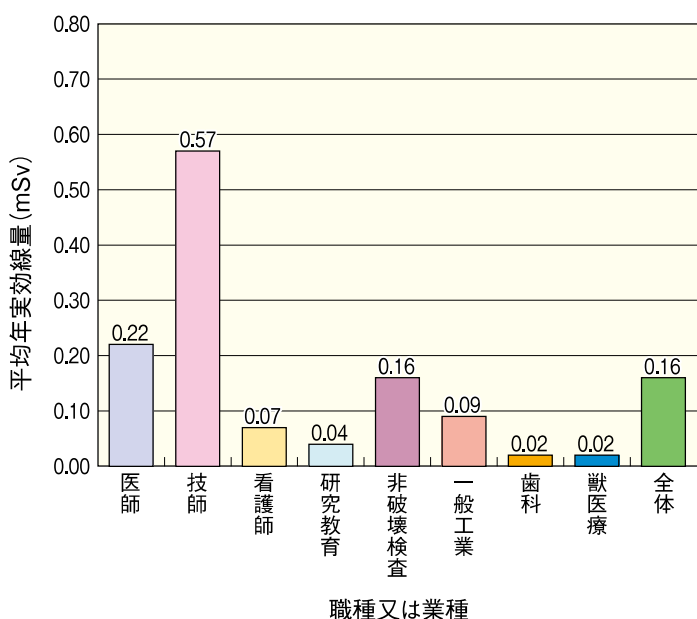


図3 令和6年度職種又は業種別平均年実効線量

表1と図1で実効線量の多い方を見ると、年間50mSvを超えた人は、前年度も今年度も1人もいませんでした。また、年間20mSv～50mSvの人は全体の0.01%で、実数では前年度の29名と比べて43名（医療33名、一般工業10名）となっていて、医療関係は昨年より11名増加、非破壊検査は1名から0に減少し、一般工業が4名増えています。年間5mSv～20mSvの人は全体の0.43%（前年度は0.45%）で、実数では1,407名（前年度1,447名）で、内訳は医療1,242名（前年度1,294名）、研究教育42名（前年度42名）、非破壊検査9名（前年度8名）、一般工業108名（前年度98名）、獣医療6名（前年度5名）です。前年度と比べると、医療が52名減少、研究教育が変わらず、非破壊検査が1名増加、一般工業が10名増加、獣医療が1名増加しています。

業種別の過去10年間の推移を見ると、図2に示すように、ここ10年間は、医療が平成27年からここ10年間は減少して4割ほど低くなっています。非破壊検査は平成27年度以降4年間は減少に転じ、令和2年度は再び少し増加しましたが、令和3年度以降は再び減少しました。一般工業はずっと一定でしたが令和3年度から少し増加しています。研究教育は令和5年度に少し増加したのち横ばい、獣医療もほぼ横ばいの値です。

職種別・業種別の一人平均年実効線量は、図3に示しますが、前年度と同じく、医療関係の職種別では技師が0.57mSv（前年度0.59mSv）と最も高く、ついで医師が0.22mSv（前年度0.23mSv）、看護師0.07mSv（前年度0.08mSv）の順に低くなっています。なお、獣医療は最も低く0.02mSv（前年度0.02mSv）で、歯科も0.02mSv（昨年度0.02mSv）と低い値です。医療以外では非破壊検査が最も高く0.16mSv（前年度0.18mSv）です。なお、一般工業は0.09mSv（前年度0.08mSv）とそれに次いで高くなっています。研究教育は0.04mSv（前年度0.04mSv）です。

令和 6 年度

年齢・性別個人線量の実態

1. はじめに

本資料は、弊社のガラスバッジサービスに基づく、令和 6 年度の年齢・性別の実効線量の実態の報告です。個人線量計で測定した 1 cm 線量当量から算定した、実効線量を年齢・性別に集計しています。

2. 用語の定義

- (1) 年実効線量 4 月 1 日から翌年 3 月 31 日における、1 個人の実効線量の合計（単位 mSv）
- (2) 集団実効線量 集団を構成する全員の年実効線量の合計（単位 manmSv）
- (3) 平均年実効線量 集団実効線量を、集団を構成する人数で除した値（単位 mSv）

3. 実効線量の求め方

測定した 1 cm 線量当量から実効線量を算出する方法の概略を示します。

なお、記号の意味は、次のとおりです。

H_E ：実効線量

$H_{1\text{cm}P}$ ：1 cm 線量当量

P…下記の部位を表します

基：基本部位（男性は胸、女性は腹）

頭：頭頸部

胸：胸部

腹：腹部

大：体幹部の中で最大値を示した部位

3.1 体幹部均等被ばくとして個人放射線被ばく線量測定をしている場合

$$H_E = H_{1\text{cm}基}$$

3.2 体幹部不均等被ばくとして個人放射線被ばく線量測定をしている場合

$$H_E = 0.08H_{1\text{cm}頭} + 0.44H_{1\text{cm}胸} + 0.45H_{1\text{cm}腹} + 0.03H_{1\text{cm}大}$$

4. 対象とするデータ

弊社のガラスバッジサービスの申し込みをされており、令和 6 年 4 月 1 日から令和 7 年 3 月 31 日までの間で 1 回以上個人線量計を使用された人の年実効線量を、集計対象データとしています。

注 1) 個人が受けた線量でないとお申し出のあったものは、除外しています。

注 2) 個人が受けた線量でないにもかかわらず、お申し出のないものは含んでいます。

注 3) 性別が不明のものは除外しています。

注 4) 年齢は、令和 7 年 3 月 31 日現在です。

5. 集計方法

(1) 集計

Table 1 の左欄に示すように年齢の区分を設け、その区分に入る個人の数と集団実効線量並びにそれらの百分率を集計の同一の欄内に示しています。ただし、「X（検出限界未満）」は、ゼロ mSv として処理しています。測定上限は、個人線量計によって異なりますが、例えば「10 超」は、10 Sv として集計しています。

(2) パラメータ

パラメータは、医療・獣医療、工業、研究教育および男性、女性としました。性別は、利用者からのお申し出の内容としています。

6. 集計結果

集計結果を、以下の図表に示します。

Table 1 年齢・性別集団実効線量および平均年実効線量

Fig. 1 年齢・性別平均年実効線量分布

Fig. 2 放射線業務従事者の年齢・性別構成

Table 1 (a) 年齢・性別集団実効線量及び平均年実効線量(男性)

人数(人) 人数(%)
 集団実効線量(manmSv) 線量(%)
 (R6.4.1～R7.3.31)

年齢	医 療・獣医療		工 業		研究教育		全 体		平均年実効線量(mSv)
18～19	72	0.05	448	1.33	1,157	4.08	1,677	0.85	0.02
	2.30	0.01	15.40	0.49	10.20	0.86	27.90	0.06	
20～24	5,436	4.04	2,493	7.41	10,890	38.42	18,819	9.57	0.14
	2,246.50	5.78	170.80	5.43	126.70	10.68	2,544.00	5.89	
25～29	17,737	13.17	3,969	11.80	3,117	11.00	24,823	12.62	0.23
	5,138.80	13.23	385.50	12.25	155.30	13.10	5,679.60	13.16	
30～34	17,245	12.81	4,443	13.21	2,154	7.60	23,842	12.13	0.27
	5,749.50	14.80	448.90	14.26	207.40	17.49	6,405.80	14.84	
35～39	16,666	12.38	4,496	13.37	2,022	7.13	23,184	11.79	0.26
	5,333.30	13.73	456.80	14.51	163.10	13.75	5,953.20	13.79	
40～44	15,094	11.21	4,284	12.74	1,994	7.03	21,372	10.87	0.25
	4,868.60	12.54	432.10	13.73	130.50	11.01	5,431.20	12.58	
45～49	14,186	10.53	4,470	13.29	1,847	6.52	20,503	10.43	0.24
	4,401.10	11.33	398.70	12.67	130.40	11.00	4,930.20	11.42	
50～59	24,757	18.39	6,730	20.02	3,390	11.96	34,877	17.74	0.23
	7,319.40	18.85	611.40	19.42	162.60	13.71	8,093.40	18.75	
60～69	16,841	12.51	2,015	5.99	1,506	5.31	20,362	10.36	0.16
	3,080.10	7.93	190.10	6.04	86.20	7.27	3,356.40	7.77	
70以上	6,109	4.54	207	0.62	230	0.81	6,546	3.33	0.09
	569.80	1.47	26.40	0.84	10.20	0.86	606.40	1.40	
年齢不明	514	0.38	68	0.20	40	0.14	622	0.32	0.23
	127.10	0.33	11.80	0.37	3.20	0.27	142.10	0.33	
合計	134,657	100.00	33,623	100.00	28,347	100.00	196,627	100.00	
	38,836.50	100.00	3,147.90	100.00	1,185.80	100.00	43,170.20	100.00	

Table 1 (b) 年齢・性別集団実効線量及び平均年実効線量(女性)

人数(人) 人数(%)
 集団実効線量(manmSv) 線量(%)
 (R6.4.1～R7.3.31)

年齢	医 療・獣医療		工 業		研究教育		全 体		平均年実効線量(mSv)
18～19	133	0.12	101	2.69	1,277	11.71	1,511	1.18	0.00
	0.70	0.01	2.00	0.75	0.60	0.27	3.30	0.03	
20～24	12,910	11.41	677	18.05	5,028	46.09	18,615	14.57	0.06
	973.00	10.54	37.00	13.87	76.00	34.55	1,086.00	11.18	
25～29	19,202	16.97	715	19.06	1,130	10.36	21,047	16.47	0.07
	1,504.10	16.30	48.20	18.07	25.70	11.68	1,578.00	16.24	
30～34	14,167	12.52	500	13.33	718	6.58	15,385	12.04	0.08
	1,089.40	11.80	77.20	28.95	16.70	7.59	1,183.30	12.18	
35～39	13,246	11.71	353	9.41	594	5.45	14,193	11.11	0.07
	919.90	9.97	34.60	12.97	20.10	9.14	974.60	10.03	
40～44	14,686	12.98	393	10.48	625	5.73	15,704	12.29	0.08
	1,259.70	13.65	33.10	12.41	17.30	7.86	1,310.10	13.49	
45～49	14,460	12.78	360	9.60	562	5.15	15,382	12.04	0.09
	1,331.60	14.43	20.50	7.69	28.20	12.82	1,380.30	14.21	
50～59	17,770	15.71	528	14.08	761	6.98	19,059	14.91	0.09
	1,582.70	17.15	9.20	3.45	30.30	13.77	1,622.20	16.70	
60～69	5,527	4.89	100	2.67	189	1.73	5,816	4.55	0.09
	492.90	5.34	4.80	1.80	5.10	2.32	502.80	5.18	
70以上	736	0.65	7	0.19	17	0.16	760	0.59	0.06
	42.10	0.46	0.10	0.04	0.00	0.00	42.20	0.43	
年齢不明	296	0.26	17	0.45	7	0.06	320	0.25	0.10
	32.30	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	32.30	0.33	
合計	113,133	100.00	3,751	100.00	10,908	100.00	127,792	100.00	
	9,228.40	100.00	266.70	100.00	220.00	100.00	9,715.10	100.00	

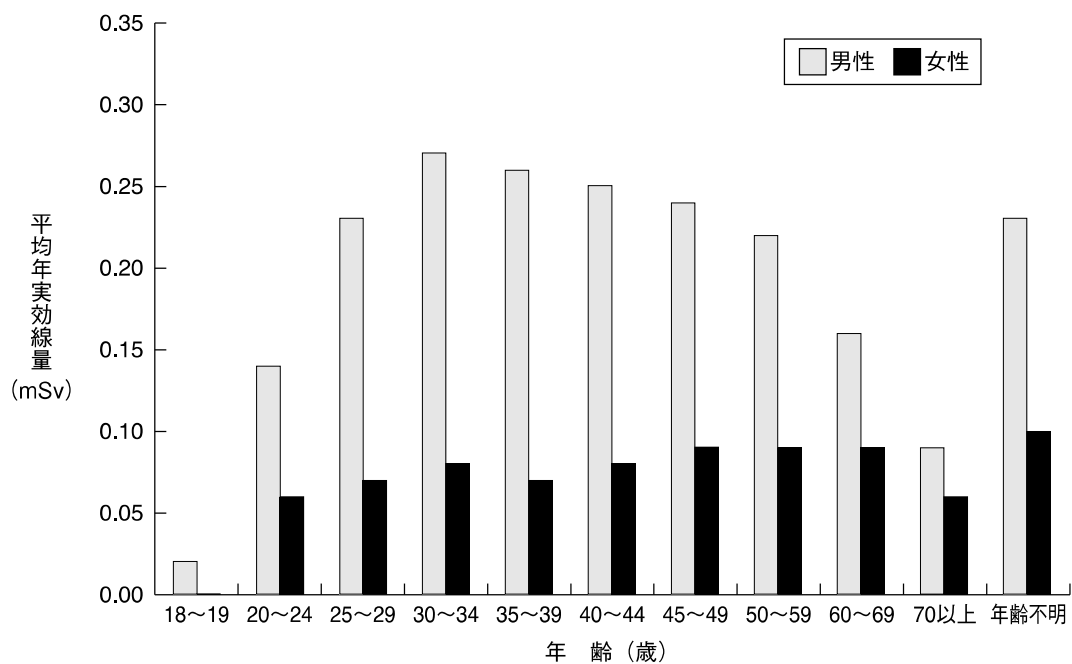


Fig. 1 年齢・性別平均年実効線量分布

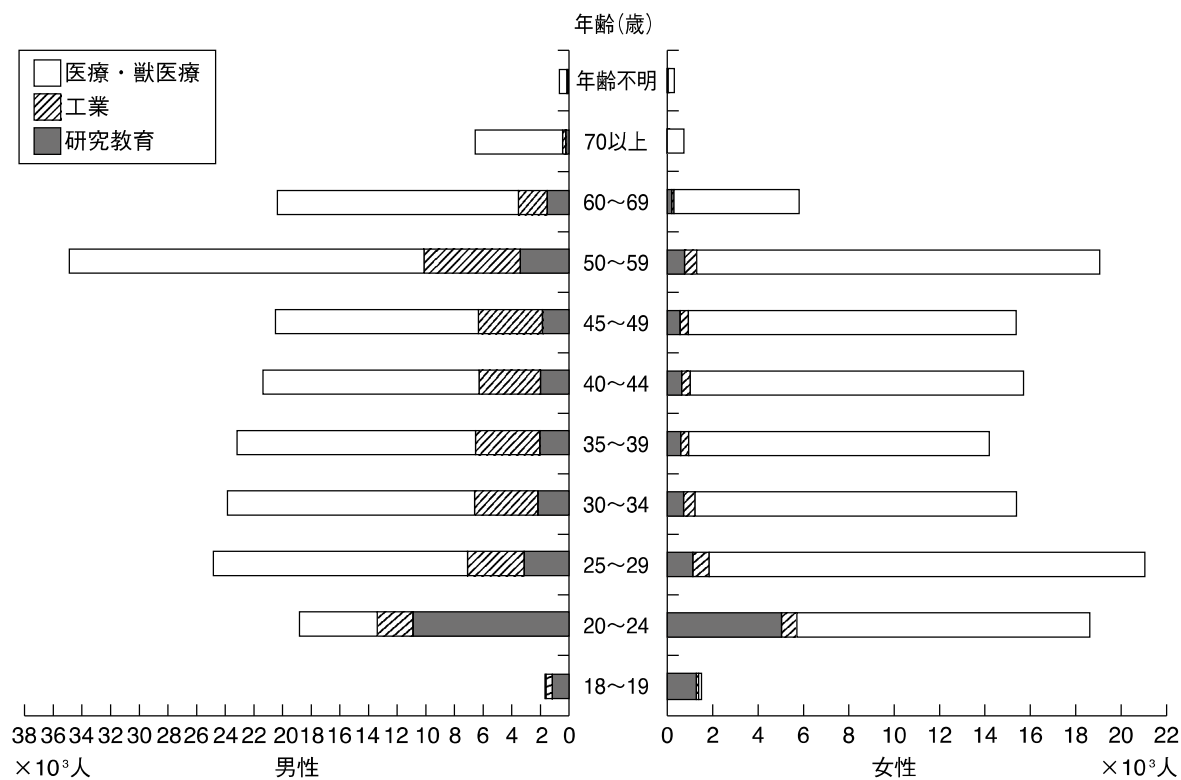


Fig. 2 放射線業務従事者の年齢・性別構成



中川 恵一
東京大学医学部附属病院

デジタルインフラを支える原子力の再評価

今やAIは私たちのビジネスや暮らしに欠かせないものとなってきました。がん医療の分野でも、AIの活用が進展しています。手軽に利用できる生成AIですが、大量の電力を必要とします。生成AIに一回質問する際に必要な電力量は、検索エンジンの約10倍にのぼるといわれています。生成AIに職を奪われることを心配する声もありますが、むしろ目の前に迫っているのは電力を奪われる危機かもしれません。

海外では、巨大IT企業がデータセンター（DC）の電力として原子力に活路を見出している事例が相次いでいます。米マイクロソフトは、スリーマイル島原子力発電所1号機から20年間の長期電力契約を締結し、世間を驚かせました。同原子力発電所は1979年に2号機がメルトダウンを起こしたものの、1号機はその後発電を続けましたが、2019年に採算悪化を理由に廃止されました。ところが、DCの電力需要増加を受けて再稼働に方針を変え、当初2028年に予定していた再稼働は2027年に1年前倒しするそうです。メタはクリントン原子力発電所から20年間の電力購入を、アマゾンやグーグルは小型モジュール炉（SMR）への投資も発表しています。また、40年以上稼働していたパリセイズ原子力発電所は、経済性悪化を理由に運転停止し廃炉が決定されましたが、DC増加による電力需要の高まりを受け、運転再開に見直されています。廃炉原子力の再稼働容認は米国初、世

界でも異例とのことです。このように、米国では老朽原子力の復活や次世代原子炉に投資し、生命線となるDC向けの電力確保に躍起となっています。DCは24時間365日の絶え間ないデータ処理を維持する必要があるため、太陽光や風力発電のような天候に左右される再生可能エネルギーだけでは安定供給を達成できません。大量で安定した電力を脱炭素電源で確保するための最適解として原子力が選ばれたのは、当然のことだと考えます。

国内では、DCの建設ラッシュは通信業界にとどまらず、大手ゼネコンや不動産デベロッパーもDC開発事業に参入しています。東京電力パワーグリッドによると、東京電力管内において申し込まれた2037年度までのDC向け電力は約950万kWに達するとのこと。これは関東圏だけで原子力9基分に相当するとてつもない需要です。なお、福島第一原子力発電所事故以降、新規制基準が施行され、全国では24基の廃炉が決まりましたが、残る36基（建設中3基含む）のうち、再稼働したのは14基にとどまります（2025年8月末時点）。また、DC建設に必要な期間は一般的に3年程度であるのに対し、電力会社による変電所増設や送電線増強には10年近い時間がかかるため、電力供給と需要のタイミングがかみ合わないリスクも指摘されています。電力需給の逼迫による電気料金上昇や停電といった事態は回避しなければなりません。大型DC建設には自前による電源確保の検討も求められますが、まずは安全を大前提とした停止中の原子力の早期再稼働が望まれます。

国際会議 ISORD-12開催報告

高橋 浩之*

放射線安全と検出技術に関する国際シンポジウム「ISORD-12」は、2025年6月30日～7月3日まで、東京大学山上会館・小柴ホールにおいて実施され、約250名の参加者を得て盛会のうちに開催された。

ISORDはInternational Symposium on Radiation Safety and Detection Technologyを略したものである。2001年に、東北大学の中村尚司教授のもとを韓国漢陽大学教授・Innovative Technology Center of Radiation Safety (iTRS) のセンター長をなさっておられたJohn Kyung Kim教授が訪れ、ISORDの共同開催について話し合われた結果、第1回は、2001年に韓国ソウルの漢陽大学において日本と韓国の間で開催される運びとなった。その後、2003年に第2回のISORDが東北大学において開催され、中国山西省太原に位置するChina Institute for Radiation Protection (CIRP) の主要メンバーが加わり、3か国での国際会議としての基本的な枠組みが作られ、以来、以下の表のように日本、韓国、中国の間で、2年おきに順次開催されている (ISORD-10とISORD-11の間が4年間となったのは、COVID-19の影響による)。

表1 ISORDの過去の開催状況

	開催年月	開催場所
ISORD-1	2001.7	Hanyang University, Seoul, Korea (Prof. J. K. Kim)
ISORD-2	2003.7	Tohoku University, Sendai, Japan (Prof. T. Nakamura)
ISORD-3	2005.7	China Institute for Radiation Protection, Taiyuan, China
ISORD-4	2007.7	Hanyang University, Seoul, Korea
ISORD-5	2009.7	Kyushu University, Kitakyushu, Japan (Prof. K. Ishibashi)
ISORD-6	2011.7	Langkawi Island, Malaysia
ISORD-7	2013.7	Sanya, Hainan Island, Baohang Hotel, China, CIAE
ISORD-8	2015.7	Jeju Island, Lotte City Hotel, Korea
ISORD-9	2017.7	Nagoya University, Nagoya, Japan (Prof. T. Iguchi)
ISORD-10	2019.7	China Institute for Radiation Protection, Taiyuan, China
ISORD-11	2023.7	Hanyang University, Seoul, Korea
ISORD-12	2025.7	University of Tokyo, Tokyo, Japan (Prof. H. Takahashi)

* Hiroyuki TAKAHASHI 東京大学大学院 工学系研究科

今回は、原子力学会放射線工学部会、応用物理学会放射線分科会、放射線科学とその応用研究会の支援を受けて、東京大学山上会館・小柴ホールにおいて開催し、論文数232件と、多数の論文が集まり、海外からの参加者160名、総計254名が参加する集会となった。

プログラム概要を表2に示した。初日は6月30日の午後2時から山上会館において開始し、議長の高橋から全体の概要の紹介があった。続いて東京大学大学院工学系研究科長の加藤泰浩教授と、日本原子力学会放射線工学部会の中島宏部会長の挨拶をいただいた。その後、東北大

表2 プログラム概要

Session Layout Overview

TIME	June 30	July 1	July 2	July 3	July 4
9:15-10:45		M1 Radiation Shielding Sanjo Hall S1 Student I Koshiba Hall	M4 Waste Management, Fukushima Sanjo Hall S4 Student IV Koshiba Hall	G3 Special Lectures (Overview/Status Reports) Sanjo Hall S5 Young Scientist Session Koshiba Hall	PHITS Tutorial
10:45-11:15		Coffee Break	Coffee Break	Coffee Break	
11:15-12:45		M2 Radiation Protection Sanjo Hall S2 Student II Koshiba Hall	M5 Imaging, Spectroscopy Sanjo Hall M6 Applications, Standard Koshiba Hall	G4 Closing Session Award Sanjo Hall	
12:45-14:00	Registration	Lunch*			
14:00-15:30	G1 Greetings Plenary I Sanjo Hall	M3 Monitoring Inspection System Sanjo Hall S3 Student III Koshiba Hall	M7 Dosimetry Sanjo Hall M8 New development, Misc. Koshiba Hall	Site visit to Riken	
15:30-16:00	Break	Coffee break	Coffee break		
16:00-17:30	G2 Plenary II Sanjo Hall	P1 Poster Session I Sanjo Hall & Koshiba Hall	P2 Poster Session II Sanjo Hall & Koshiba Hall		
17:30-18:00	Registration				
18:00-20:00	Reception Sanjo Hall	(MSC Dinner)	Conference Dinner Sanjo Hall		

*Two restaurants are available on the venue

学名誉教授の中村尚司先生、CIRP理事長のLiu Qun先生、IAEAのMiroslav Pinak先生、延世大学のYeon Soo Yeom先生、東京大学の鈴木俊一先生の基調講演、全体写真撮影を経て、山上会館の1階でレセプションが行われた。今回は会場の制約があり、山上会館のポスター会場を初日はオンライン中継会場としても利用したため、レセプションの最中にレイアウト変更を行うなど、工夫が必要であった。2日目からは、山上会館と小柴ホールの2会場に分かれて、それぞれ、口頭発表とポスター発表が行われた。学生セッションにおいて、独立した会場である小柴ホールを利用したため、山上会館と小柴ホールの間は少し距離があったが、今回は海外から多くの方が参加したため、両会場とも多くの参加者が集まり、大変盛会で、質疑応答も活発になされていた。



写真1 参加者全体集合写真



写真2 ISORD創設者の中村尚司先生による基調講演



写真3 CIRP理事長のLiu Qun先生による基調講演



写真4 会場風景(山上会館)



写真5 会場風景(小柴ホール)

4日目の午前は、山上会館では、特別講演として各分野の現状を紹介する講演がなされた。一方、小柴ホールにおいては、保健物理関係の若手研究者のミーティングが行われた。コーヒーブレイクの後、最後のクロージングセッションにおいては、学生講演の中から優れた講演を3件表彰するとともに、ポスターセッションからは4件が表彰された。ポスターセッションでは、当初3件の予定であったが、なかなか激戦であり、最終的に4件が選ばれた。また、次回開催予定のマレーシアのMARPA（Malaysian Radiation Protection Association）会長のDr. Husaini bin Sallehから、記念品の贈呈が行われた。

クロージングセッションの後には、理化学研究所仁科加速器科学研究センター、東京大学原子核研究センターの皆様のご協力により、理化学研究所の見学ツアーが実施され、約60名が参加された。東京大学からバスで移動したが、加速器施設の見学は充実しており、さまざまな質疑応答がなされた。

ISORD-12の本体プログラムは、7月3日で終了したが、7月4日には、放射線の挙動に関するモンテカルロ計算コードPHITSの講習会が開催され、JAEAの佐藤達彦先生、大西世紀先生により、東京大学の教室を用いて、PHITSの概要説明と演習が行われた。企業・研究所展示は、山上会館において行われた。原子力学会放射線工学部会、放射線科学とその応用研究会からのご支援のほか、企業からは、富士電機株式会社、株式会社千代田テクノル、クリアパルス株式会社から協賛金をいただき、ご支援いただいた。Proceedingsとして投稿された論文についてはアイソトープ協会のご好意を得て、Radioisotopes誌において掲載予定で、現在査読中である。次回の会議は2027年にMARPAが主催してクアラルンプールにおいて実施される予定である。



写真6 ポスターセッション



写真7 休憩時の様子



写真8 MARPAのHusaini bin Salleh会長から中島宏日本原子力学会放射線工学部会会長へ記念品が贈呈された



写真9 理研ツアーの様子
参加者が多数であったため4グループに分かれて実施した。

追悼 「古田 悦子先生を偲ぶ」



古田先生のご逝去の知らせを受けたのは、FBNews委員会の委員を辞めたいというメールが5月4日に届いてから、約1ヵ月後の6月16日の委員会でした。最後にお会いしたのは4月15日のFBNews委員会の時で、これからどんな話題があるか議論されていた時、古田先生は、「密封線源の最近の状況についてアイソトープの種類など特に変わっていないので、変化がないのかどうか分からないので取り上げたいかがでしょうか」と意見を述べられていました。その時の声が印象に残っています。一生懸命話している声がやっと聞こえる程度の音量でした。後で分かったのですが、ご家族に送り迎えをされて出席していて、次の日に自宅で倒れられて入院したということでもあります。ほんとうに無理を承知で最後の仕事に取り組まれたのだと感じられました。そして6月12日(木)に帰らぬ人になりました。

なお、5月4日に届きましたメールの一部から拝察すると、4年前から胆管細胞がんであったとのこと、何か因縁を感じずにはいられません。昨年のアイソトープニュース12月号に私のRI歴書(核化学との出会いと人々との関わりの中で)の中で、学生の頃からがんの治療薬の研究がしたく薬品会社の薬品研究所に就職したことが述べられています。また、東京都立大学理学部化学科の3年生の時に、ある先生に進められ、放射線取扱主任者試験を受けてその資格を取得されたとのこと、勉強意欲の高い優秀な学生だったことが伺えます。大学卒業後20歳代は研究所に勤め、30歳には会社勤務を辞め、家庭と子育てに支障ない勤務時間にアルバイトを約10年続けられました。そして、お茶の水女子大学の選任取扱主任者として1992年12月40歳で再就職し、アイソトープ施設の管理と研究を続けました。2002年に名古屋大学大学院博士後期課程に社会人として入学し、2006年に理学博士を所得しています。この間イメージングプレート(IP)などの放射線測定器を用いた「放射性コンシューマープロダクト(RCP)」の論文をたくさん発表しています。RCPの中には、被ばく影響が懸念すべきものがあり、朝日新聞に掲載され、またラジオ番組(J-wave)に取り上げられました。RCPについてまとめた著書「20XX年放射能問題」(古田悦子)が、幻冬舎より出版されています。

一方、選任主任者としても立派な業績を上げています。1994年から日本アイソトープ協会の放射線取扱主任者部会に参加して2000年には関東支部委員などを務められました。主任者部会に参加した頃私と出会いがありました。また、私は、たまたま非常勤講師としてお茶の水女子大学で放射化学の講義を受け持つことになり、お話する機会が増えました。

2005年3月文部科学省から管理区域外の管理下でない放射性物質の調査要請があり、ラジウム針などが発見されました。この時古田先生は、当時技術専門職である主任者でしたが、これを契機に専任講師に立場が変わられました。放射線の基礎や安全の講義を受け持ち、科学研究補助金を得られ、共同研究が可能となり、2009年には文部科学大臣賞(放射線安全管理功労者)を受けています。研究の後半には、液体シンチレータ溶液を使用せず(液体廃液が出ない)にプラスチックシンチレータ(PS)のシートやペレットを使ってトリチウムを測定する方法を確立して特許や助成金を獲得されました。

古田先生は、40歳で再就職し、多くの方に支えられて測定法の開発研究や主任者業務、論文執筆、国際会議発表など研究生活に尽力されました。また、「教育者として学生、一般向けの講演や討論を交わし、個人的には上等過ぎる研究教育者の生活を送ることができた。」と述べられています。亡くなられる半年前に掲載されたアイソトープニュース12月号(2024)の私のRI歴書には、古田悦子先生の生き方の真髓が綴られています。古田先生の功績は後輩へ引き継がれると確信しています。古田先生、長い間お疲れ様でした。心よりご冥福をお祈りいたします。

(野村 貴美)

講習名/月		11月	12月	1月	2月	3月
放射線取扱主任者 定期講習	オンライン講習 (ライブ配信)	11/12 (使・密)	12/10 (販・賃)		2/25 (使・密)	
	集合講習	11/5 大阪 (使・密)				
特定放射性同位元素 防護管理者定期講習	オンライン講習 (eラーニング講習、ライブ配信)				○	
放射線取扱主任者 講習 (集合講習)	第1種	11/17-21 (於：京都)	12/8-12 12/15-19 (於：京都)	○京都	○京都	○京都
	第2種	11/26-28 (於：京都)	12/19-21 (於：東京) 12/23-25 (於：京都)	○京都 ○東京	○東京	○京都
	第3種	2回程度開催予定 (於：東京)				3/16-17 (於：大阪)
医療機関の放射線業務従事者のための 放射性同位元素等規制法講習会 (オンライン講習 (ライブ配信))			○			○
放射線安全管理講習会 (オンライン講習 (ライブ配信))		○				



2025年 製薬放射線研修会



17

ラディエーションモニタリングセンター 見学者5,000人目！

ラディエーションモニタリングセンターは、2025年7月、見学者累計5,000人を達成しました。

記念すべき5,000人目の見学者となったのは、兵庫県立明石高等学校STEAM探究科の藤原様です。関東研修旅行のプログラムの一環として約40名の方々が来所され、放射線測定の実験を熱心に見学されました。節目を記念し、藤原様には弊社社長の細田より記念品を贈呈しました。

STEAM探究科は、科学（Science）、技術（Technology）、工学（Engineering）、芸術（Art）、数学（Mathematics）を融合した教育を通じて、課題解決力や創造力を育む新設学科です。理系・文系の枠を越えた探究活動を重視し、社会課題への理解を深める学びが展開されています。今回の研修旅行が放射線の安全利用や測定技術に関する知識を実地で学ぶ貴重な機会となりましたら幸いです。

ラディエーションモニタリングセンターでは、ガラスバッジによる個人線量測定を自動化し、ISO/IEC 17025に基づく放射線モニタリング認定試験所として、高精度な測定体制を整えています。これまでに教育機関、医療関係者、企業、行政機関など、幅広い分野から多くの方々にご来所いただいております。今回の5,000人達成は、放射線に対する理解促進の取り組みが着実に広がっている証です。

見学は随時受け付けております。皆様のお越しを社員一同お待ちしております。



サービス部門からのお願い

～ガラスバッジを汚染させてしまったかも??～

ガラスバッジをご使用中にガラスバッジに汚染の恐れが生じた場合は、サーベイメータ等を用いてガラスバッジの汚染の有無をご確認ください。ガラスバッジをご返却の際は、汚染がない状態で弊社測定センターへご返却くださいますようお願いいたします。

万が一、ガラスバッジに汚染があった場合の対応につきましては、「ガラスバッジサービス取扱説明書」に記載がありますので、ご参照ください。



参照先：取扱説明書P50



ガラスバッジを汚染しやすい場所を使用するときは、ジーガード(収納袋)に入れてのご使用をお奨めいたします。
 ←<https://www.c-technol.co.jp/pdf/glass-badge/manual/appendix.pdf>

Q ガラスバッジを汚染させてしまったのですが、どうしたらよいでしょうか？

A 直ちに、ガラスバッジ専用お問い合わせ番号または最寄りのガラスバッジ担当事務所へご連絡ください。替わりのガラスバッジをご用意いたします。汚染したガラスバッジは、基本的に新しいガラスバッジと交換となります。(有償となる場合があります。)汚染したガラスバッジは、測定依頼票の通信欄に該当する方の「お客様コード」「整理番号」「お名前」と汚染した旨を明記のうえ、完全に除染してから測定依頼してください。管理区域から持ち出せる基準値以下に除染できないときは、法令に従った処分をしてください。ガラスバッジを汚染しやすい場所を使用するときは、ガラスバッジをジーガード(収納袋)に入れてご使用ください。

記事に関するご意見や掲載希望の記事案については、こちらまでお送りください ctc-fbnews@c-technol.co.jp

編集後記

秋の深まりとともに、木々の葉が静かに舞い落ちる季節となりました。弊社がある東京都ではシンボルの木であるいちょうが随所で見られます。日々の業務に追われる中でも、ふと目にする風景に、心が立ち止まる瞬間があります。

秋は学会シーズンです。毎週のように各地で学術大会や研究発表が盛んに行われています。COVID-19がひと段落したところから、日本開催の学会に海外の研究者の姿が増えたように感じます。6月に開催されたISORD (International Symposium on Radiation Safety and Detection Technology) は、2001年に発足した比較的新しい会ではありますが、国内外から多くの研究者や学生の発表があり盛会であったことがうかがえました。

また、11月は年度後半の業務が本格化する時期でもあり、個人被ばく線量のデータ管理の見直し等に取り組んで

いる方も多いのではないのでしょうか。今号では、恒例となっている「年齢・性別 個人線量の実態」を掲載しました。実効線量の傾向を簡単に把握していただけるよう、見やすい形にまとめた内容と解説もあわせて掲載しました。被ばく線量の管理は、目に見えないリスクと向き合う繊細な仕事です。だからこそ、正確な知識と信頼できる情報が不可欠です。FBNewsがその一助となれば幸いです。

6月にご逝去された編集委員・古田悦子先生。多忙な日々の中でも七宝焼の趣味を大切にされていた先生の姿は、まるで静かに輝くいちょうの葉が地に還るように、深く、私たちの記憶に残り続けています。その作品のように、古田先生の知見と温かなまなざしは、これからもFBNewsの中に息づいていくことでしょう。

(丸山百合子)

FBNews No.587

発行日／2025年11月1日

発行人／井上任

編集委員／小山重成 小口靖弘 中村尚司 野村貴美 福土政広 青山伸 野島久美恵 藤森昭彦 川端方子 篠崎和佳子 高橋英典 田谷玲子 東元周平 堀口亜由美 松本和樹 丸山百合子 牟田雄一

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／03-3518-5665 FAX／03-3518-5026

<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)