



Photo Hironori Hirano

## Index

福島周辺における大規模環境測定(3) ー空間線量率の分布と経時変化ー	齋藤 公明	1
放射性核種ごとの防護上の制限値について	山中 庸靖	6
[書評] 「はじめまして ほうしゃせん」		11
東京工業大学における「全学放射線利用者管理システム」の紹介 .....	五十嵐敏美	12
「第12回テクノル技術情報セミナー」を終えて ー水晶体の線量限度に関するICRP声明および国内の動向についてー		17
[サービス部門からのお願い] 「ご使用者変更連絡票」の「処理区分」をご記入ください!!		19



# 福島周辺における大規模環境測定(3) —空間線量率の分布と経時変化—



齋藤 公明\*



## 1. はじめに

本連載記事の第1回では、福島事故後に分布状況調査<sup>1-6)</sup>の中で行われた大規模環境測定の種類や特徴について、第2回では土壌沈着量の測定結果についてまとめた。本稿では、空間線量率の分布と経時変化について紹介する。

## 2. 事故後4年間の空間線量率減少の特徴

### 2.1 平均的な空間線量率の減少傾向

分布状況調査で得られた空間線量率分布の経時変化を図1に示す。この図は、80km圏内を1kmメッシュに分割し、各メッシュで1箇所、攪乱のない平坦地を選んでサーベイメータを使用して行った空間線量率の測定結果をベースに武宮らが作成した。データの無いメッ

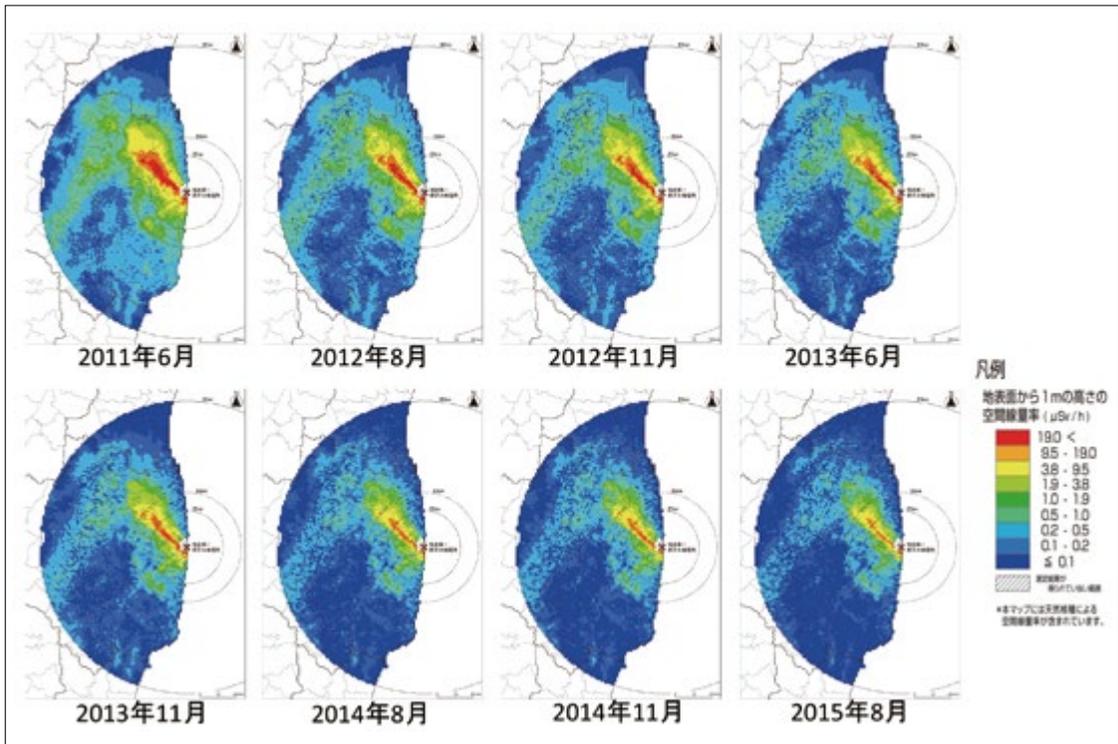


図1 80km圏内における空間線量率分布の変化

\* Kimiaki SAITO 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 福島環境安全センター 上席嘱託

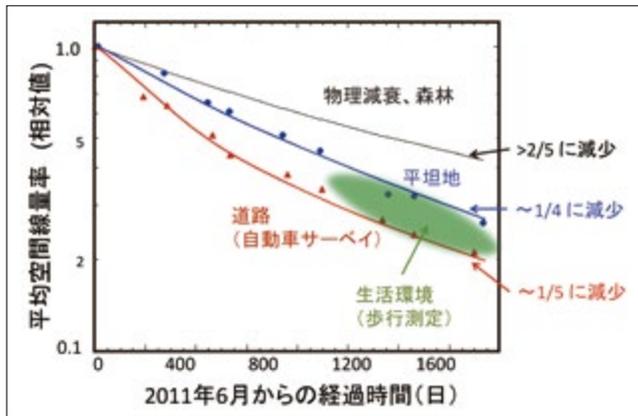


図2 事故後4年間の平均的な空間線量率の減少傾向

シュについては航空機サーベイのデータを地上値に規格化して加えている。経時的な空間線量率分布の変化が明確に見て取れる。

平均的な空間線量率の減少傾向を図2に示す<sup>6)</sup>。大まかに見ると、攪乱のない平坦地上の空間線量率は事故直後の2011年6月に比べて4年間でほぼ4分の1に、走行サーベイにより測定した道路上の空間線量率はほぼ5分の1に減少した。一方、純粋な物理減衰では空間線量率は当初の5分の2までは減らないので、平坦地においても道路上においても空間線量率は物理減衰に比べて顕著に速く減少してきたことがわかる。特に道路上の空間線量率は事故直後から急激な減少を見せてきた。

一方、森林について見ると、2015年に恩田らが測定を実施した結果によれば<sup>5)</sup>、樹種により多少の傾向は見られるものの、全体としては物理減衰に近い形で空間線量率が減少してきていることが確認された。

生活環境の空間線量率を測定するという位置付けで実施した歩行測定では、自動車サーベイや定点測定との比較から、その線量率は平均的に自動車サーベイよりは高く、定点測定よりは低いことが確認されている<sup>4-6)</sup>。

航空機モニタリングの結果によれば、平均的な空間線量率は事故後4年間で約3分の1に減少したと報告された<sup>7)</sup>。普段人間が生活している場に比べると航空機モニタリングで

観察された空間線量率の減少は遅いことがわかる。これは、福島では森林の面積が全体の6～7割を占めることを考慮すると妥当な結果である。

## 2.2 空間線量率の減少傾向の解釈

空間線量率の減少は2.1で見たように道路周辺>生活環境>平坦地>森林の順で速く、従って、空間線量率の高さはこの逆の順になる。これらの傾向の違いは放射性セシウムの移動により解釈することが可能である。

森林内の放射性セシウムについては、事故直後に樹冠に付着した放射性セシウムのかなりが地面に移行する一方、地面に沈着した放射性セシウムはゆっくりと地中に浸透しつつある<sup>5)</sup>。これらの移動の総和として、地上1mの空間線量率に寄与する放射性セシウムの実効的な量はあまり変わっていないと考えられる。

攪乱のない平坦地では、放射性セシウムの水平方向への動きは非常に少ないが、地中方向へは着実に浸透してきている。平坦地において物理減衰よりも速く空間線量率が減少してきた主な理由は、土による遮蔽効果の増大であることがシミュレーションにより確かめられている<sup>8)</sup>。

道路やその周辺の人工建造物に付着した放射性セシウムは物体の表面近くにその多くが存在するため、風雨等により除去されやすいことがチェルノブイリ事故後の調査等で明らかにされている<sup>9)</sup>。走行サーベイでは放射性セシウムのウェザリング効果が顕著な状況での測定を行っていることになる。

様々な土地利用状況を含む、生活環境に分類される地域では、放射性セシウムの動きは複雑である。特に都市環境における放射性セシウムの動きに関する情報は少ないため、今後のさらなる研究が望まれる。

## 2.3 空間線量率の減少に影響する要因

空間線量率の減少に影響する2つの要因が存在する。一つ目はすでに見たように土地の

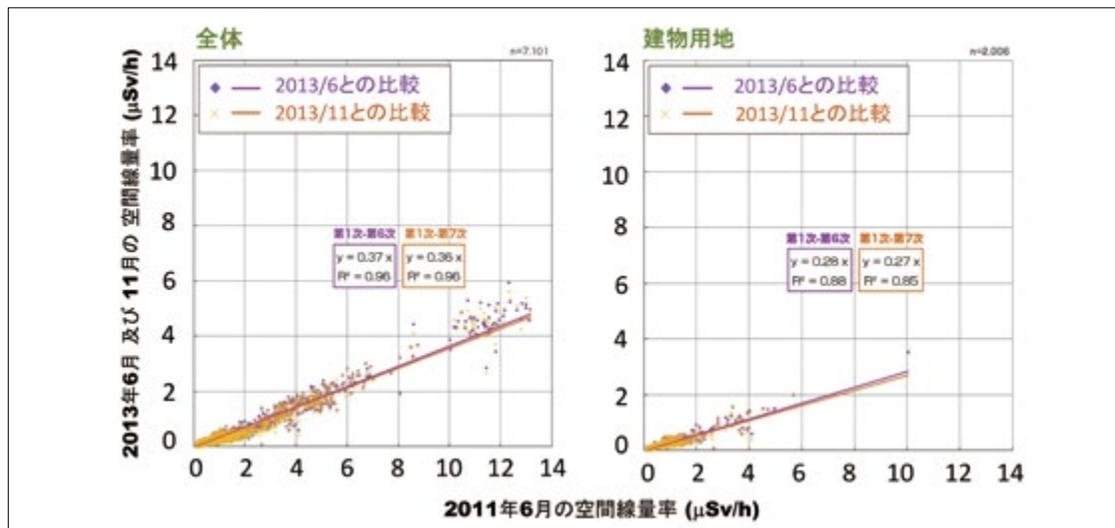


図3 空間線量率の減少の土地利用依存性

利用状況である。図3は、80km圏内全体と建物用地における走行サーベリの結果を、2011年と2013年との間で比較したものである<sup>4)</sup>。建物用地における空間線量率の減少が速いことがわかる。一方、森林地域における減少は遅いことも確認されている。

もう一つの重要な要因は人間活動である。避難指示区域の内外を比較すると、避難指示区域外のほうが明らかに空間線量率の減り方が速い。さらに詳しく見てみると、避難指示解除準備区域>居住制限区域>帰還困難区域の順で線量率の減少が速い。これらは、除染の効果も含めて人間の活動が空間線量率の減少を加速することを示している。

人間活動の影響に関して詳細な知見はあまりないが、自動車による走行、居住環境の清掃、田畑の耕作といった様々な活動が放射性セシウムを生活環境から遠ざける方向に作用し、空間線量率の減少を促進していることが考えられ、今後定量的な解析を行っていくことが望まれる。

2.4 平坦地における空間線量率減少の季節依存性  
攪乱のない平坦地の空間線量率の減少に注

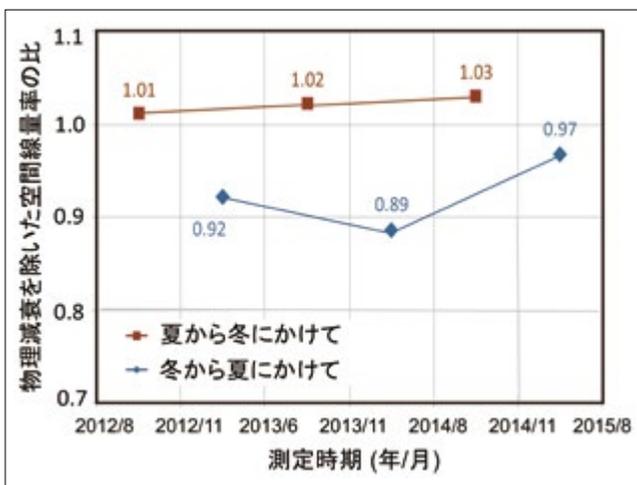


図4 各測定時期間の平均空間線量率の比率

目すると、空間線量率の減少が1年のすべての季節で均等に起きるのではなく、ある時期に特に速く減少しているように見える。図4は、特定の期間に物理減衰以外の要因で空間線量率がどの程度減少したかを示している。図に示した値が1の場合は、物理減衰のみにより空間線量率が減少したことを意味している。

「冬から夏」と分類された時期に物理減衰以外の要因で空間線量率が減少していることがわかる。別途特定の地点で連続的に行われた測定によれば、雪が解ける5月頃から8月頃

にかけて空間線量率が集中的に減少する傾向が観察されている<sup>10)</sup>。この減少傾向は、単純に降雨量等では説明できない。上記の特定の時期に、何らかの原因で放射性セシウムの地中への浸透が集中して起きていることが推察される。

### 2.5 線量率の頻度分布の変化

平坦地上の測定をもとに作成した空間線量率の頻度分布を図5に示す。各時期における測定結果を異なる色の棒グラフで表している。0.2 $\mu$ Sv/h以上の地域が時間とともに減ってきており、現在は0.5 $\mu$ Sv/h以下の地域が全体の90%を占めていることがわかる。

図6では、避難指示区域の内と外を分けて空間線量率の分布を示す。当然、避難指示区域内のほうが高い空間線量率分布を示すが、区域内でも0.5 $\mu$ Sv/h以下の比較的空間線量率の低い場所が相当割合存在しており、避難指示区域の指定が、純粋に空間線量率だけでは行われていないことがわかる。

### 3. 空間線量率分布の予測

分布状況調査等で得られた膨大な空間線量率データを統計的に解析することにより、事故後30年までの空間線量率分布を予測するためのモデル開発が木名瀬らにより行われてきた<sup>3-6,11)</sup>。ここでは、経験的な2成分モデルを用い、空間線量率の経時変化が、減衰の早い成分と遅い成分の組み合わせで表現され、それぞれの成分は指数関数で近似できるとの前提を置いている。

その上で、土地利用状況と避難指示区域の区分でデータを分類して自動車サーベイ結果

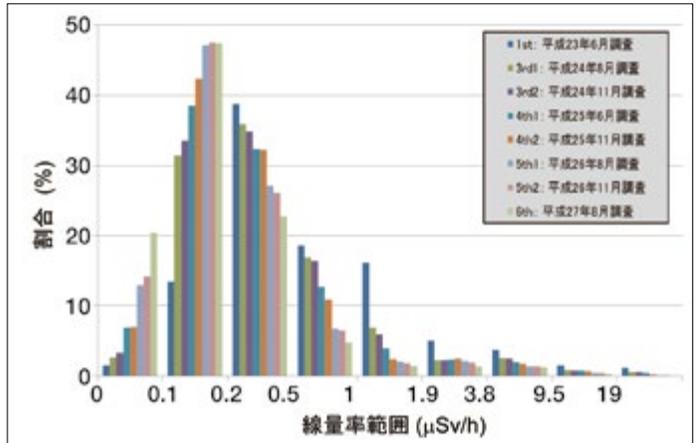


図5 80km圏内の空間線量率の頻度分布

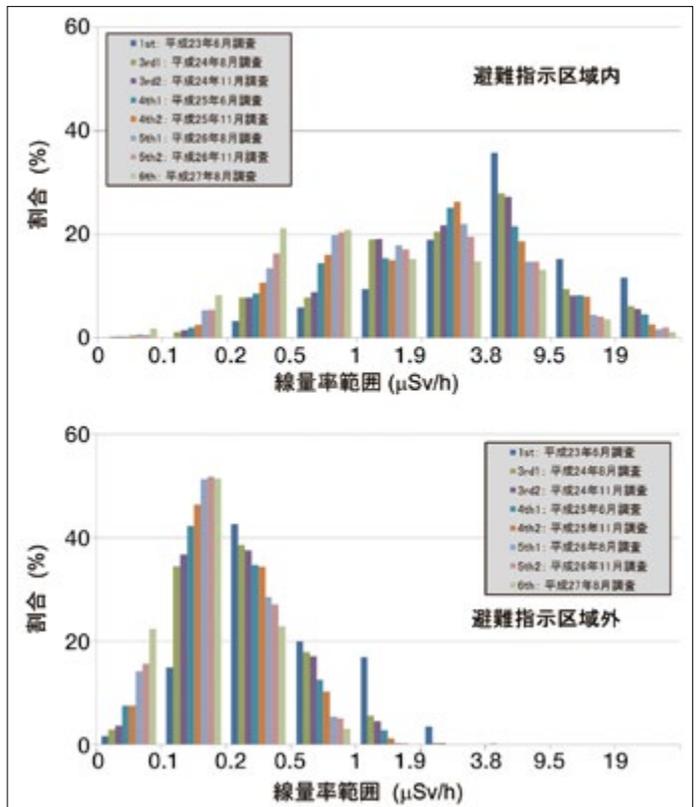


図6 避難指示区域内外の空間線量率の頻度分布

の統計解析を行い、状況ごとの代表的なパラメータを決定し、これを用いて将来予測を行う。図7は80km圏内を対象に事故後5年、10年、30年における空間線量率分布を予測した結果である<sup>11)</sup>。10 $\mu$ Sv/hを超える高線量域の領域

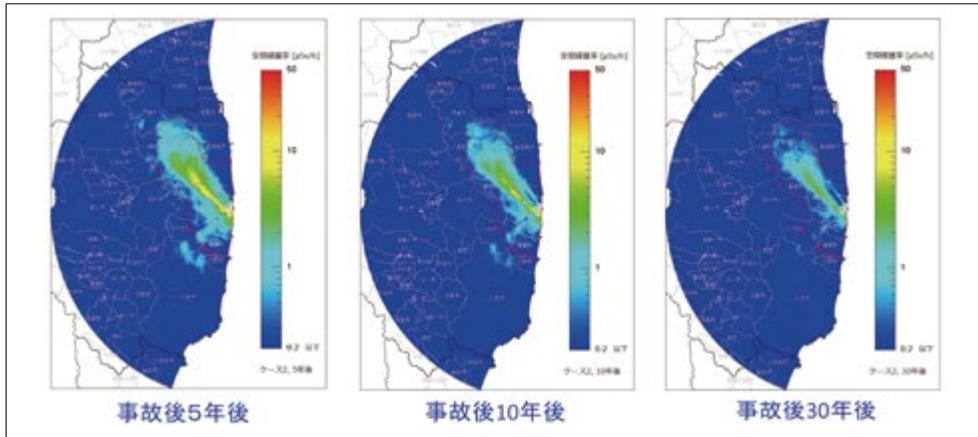


図7 大規模環境測定データの統計解析に基づく空間線量率分布の予測結果

\*原子力規制庁からの委託事業で得た知見をもとに原子力機構が作成

は、30年後にはごく限られた地域にまで減少することが予測されている。

#### 4. まとめ

福島事故から5年が経過したが、この間に福島周辺の空間線量率は大きく減少してきた。特に人間の生活に直接関わるような環境においては、物理減衰で予想される速度よりもずっと速く空間線量率が減少してきている。また、平坦地においては地表の放射性セシウム地中への浸透による、ガンマ線の遮蔽効果の増加が空間線量率のベースラインを下げることに貢献している。一方、面積的に福島の大半を占める森林における空間線量率は、これまでのところほぼ物理減衰に近い傾向で減少してきており、今後も大きくこの傾向が変化することは考え難い。

人間に関係した場の空間線量率は今後も物理減衰よりは速く減衰することが予想される。また、避難指示区域内においても、空間線量率が低い地域も相当存在する。今後の対策を考えると、これらの空間線量率分布の地域的、経時的な特徴を十分に考慮するとともに、住民への被ばく線量もより現実的に評価することが必要となる。

#### 参考文献

- 1) 文部科学省：第1次分布状況調査報告書  
<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/contents/6000/5235/view.html>
- 2) 文部科学省：第2次分布状況等調査報告書  
<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat03/entry02.html>
- 3) 文部科学省：第3次分布状況調査報告書  
<http://fukushima.jaea.go.jp/initiatives/cat03/entry05.html>
- 4) 原子力規制庁：平成25年度分布状況調査報告書  
<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/504/list-1.html>
- 5) 原子力規制庁：平成26年分布状況調査報告書  
<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/560/list-1.html>
- 6) 原子力規制庁：平成27年度分布状況調査報告書  
<http://radioactivity.nsr.go.jp/ja/list/564/list-1.html>
- 7) 内閣府他：放射線リスクに関する基礎情報  
[http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20160308Basic\\_InformationRR.pdf](http://www.reconstruction.go.jp/topics/main-cat1/sub-cat1-1/20160308Basic_InformationRR.pdf)
- 8) 松田規宏、他：日本原子力学会2015秋の大会、L-09 (2015).
- 9) K.G. Anderson et al: J. Environ. Radioactivity, 62, 49-60 (2002).
- 10) 吉田浩子、他：日本原子力学会2015秋の大会L-06 (2015).
- 11) 木名瀬他：京都大学シンポジウム(2015)  
[http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/anzen\\_kiban/sympo/sympo2015/IMG/slide/S2-2\\_Sakae\\_Kinase.pdf](http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/anzen_kiban/sympo/sympo2015/IMG/slide/S2-2_Sakae_Kinase.pdf)

#### 著者プロフィール

1977年に東京工業大学を卒業して日本原子力研究所へ入所し、環境放射線の測定と線量評価に関する研究を実施した。この中で、人体モデルとモンテカルロ計算を利用した環境中における線量評価を主に担当した。関連して、日本人ボクセルファントムを始めて開発し、西欧人と日本人の被ばく線量の違いの解明等に使用してきた。福島第一原子力発電所事故の後は、文部科学省及び原子力規制庁からの委託を受けて、福島周辺の大規模モニタリングとマッピングのプロジェクトの総括を担当している。

# 放射性核種ごとの防護上の 制限値について



山中 庸靖\*

## 1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所の事故（東電事故）以降、国内では放射線防護上の制限値への関心が高まっている。放射線の防護で用いられる様々な制限値は、「国際放射線防護委員会ICRP」で検討された「線量換算係数（外部被ばくの実効線量と計測可能な量の比）」や「線量係数（内部被ばくの内臓から50年間、子供の場合は70歳までの実効線量と摂取放射能の比）」をベースに算出され、各国の規制に取り入れられている。ICRPでは放射線防護の考え方や線量評価体系を出版するとともに、常に新しい知見を反映した見直しを行っており、「原子放射線の影響に関する国連科学委員会UNSCEAR」、「国際放射線防護学会IRPA」等での検討成果が取り入れられている。

東電事故直後の緊急被ばく状態では主としてヨウ素が、現存被ばく状態となった現在ではセシウム、ストロンチウム、トリチウム等が関心の対象となっている。今後は廃炉作業の進展とともに、 $\alpha$ 核種である超ウラン元素を含むあらゆる元素がその対象となり、有害度の極めて高い放射性核種を含む瓦礫と向き合うこととなる。他方、東京電力以外でも廃炉の方針が選択されたプラントが多く存在することとなった。廃炉先進国のドイツを中心とした欧州では、廃炉に伴って大量に発生するが有害度が極めて低く、放射性物質として扱う必要がないと当局に認められたクリアランスレベル以下の解体廃棄物の再利用を行っており、

その考え方は環境負荷低減の面から日本でも同様である。

今後多くの国で、原子力施設の廃止措置から発生する有害度が極めて低い廃棄物がクリアランス処理され、これを原料とした様々な製品が国際的に流通することが考えられる。他方、放射線は工業、農業、医療等の分野で利用され有用ではあるものの、中には有害度が高く核セキュリティの面から厳格な国際管理を行うことが必要となる物質もある。グローバル化された現代社会においては、多国間の円滑な管理には統一された防護上の制限値を用いることが不可欠であり、放射性物質については「国際原子力機関IAEA」の場で検討がなされている。

本稿では、「放射性核種ごとの防護上の制限値」に関するIAEAでの取組の歴史、国際的動向と国内での取組み、今後の課題と日本の方向性、などを述べたい。

## 2. IAEAでの取組の歴史

### 2.1 核種ごとの防護上の制限値の事始め

IAEAは、1953年の国連総会での米国アイゼンハワー大統領による「Atoms for Peace」演説を契機として1957年に発足し、日本は原加盟国である。翌1958年には最初の安全基準「放射性同位元素の安全な取扱（SS-1）」が出版された。現在に引き継がれる主要な文書としては、例えば1961年の「放射性物質安全輸送規則（SS-6）」、1962年の「放射線防護のための

\* Tsuneyasu YAMANAKA 元日立製作所／湘南テクニカ海事オフィス

表1 IAEA放射性物質安全輸送規則におけるA<sub>1</sub>及びA<sub>2</sub>の変遷

項目	1973年版～	1985年版～	1996年版～	今後改訂
誘導システム	旧Qシステム	Qシステム	Qシステム	Qシステム
外部被ばくシナリオ	3 m×3時間	1 m×30分	1 m×30分	1 m×30分
単位	Ci	TBq (Ci)	TBq	TBq
ICRP Publ. No.	ICRP6.9	ICRP26	ICRP60	ICRP103
主勧告(発行年)	(～1965年)	(1977年)	(1990年)	(2007年)
線量限度	ICRP6	ICRP26	ICRP60	ICRP103
摂取限度	ICRP2	ICRP30	ICRP66	ICRP130
放射線データ	ICRP2	ICRP38	ICRP38	ICRP107
線量換算係数	ICRP21	ICRP51	ICRP74	ICRP116
線量係数	ICRP2	ICRP30.48	ICRP68	(草案)

基本安全基準BSS (SS-9)」等がある。

今では放射線防護上の制限値は概ね核種ごとに定められるようになってきているが、その先駆けとなったのは1973年版のSS-6にて、輸送物放射能収納限度A<sub>1</sub>及びA<sub>2</sub>が、260核種に対して定められたことであろう。その後SS-6はST-1、TS-R-1、SSR-6と文書番号体系を変えつつ、ICRP勧告等の大きな改訂の都度、必要な範囲で数値の見直しが行われ、最新の2012年版のSSR-6では383核種となっている。現在IAEAでは、ICRPの2007年勧告を反映する検討を始めている。(表1)

2.2 核種ごとの規制免除値

前節のBSS (SS-9) は改訂を経て、1996年に「電離放射線に対する防護と放射線源の安全のための国際基本安全基準BSS (SS-115)」に引き継がれた。このSS-115には核種ごとの規制免除値として、欧州委員会で策定された「欧州指令書における報告を要しない濃度及び量 (RP-65)」に掲載された299核種の値が取り入れられた。なお、規制免除値の単位は、放射能濃度がBq/g、放射能がBqである。その後1999年に、旧英国放射線防護庁NRPB (健康保護局HPA) を経て現在は公衆衛生庁PHE) は、RP-65に含まれない核種について追加計算し、「欧州基本安全基準指令に含まれない放射性核種における免除の

濃度と量 (NRPB-R306)」を出版した。この規制免除値は、2014年に「放射線防護と放射線源の安全：国際基本安全基準BSS (GSR Part 3)」として改訂された際に取り入れられ、現在は776核種の規制免除値が掲載されている。これら核種ごとの規制免除値は、多くとも1トンのオーダーまでの

比較的小規模な放射性廃棄物が念頭に置かれている。(日本の放射線障害防止法の告示別表に取り入れられている。)

2.3 核種ごとのクリアランスレベル

欧州では、廃炉先進国のドイツを中心に原子力施設の解体廃棄物の再利用が進められている。加えてIAEA理事会への、チェルノブイリ事故による汚染地域からの商品の円滑な国際貿易のための要請もあり、IAEAでは2004年に「規制除外、規制免除及びクリアランスの概念の適用 (RS-G-1.7)」を出版し、257核種についてのクリアランスレベルの値を公表した。これらの値は規制免除値と同様GSR Part 3に取り入れられた。ここでのクリアランスレベルの単位は、放射能濃度Bq/gである。

クリアランスレベルは、原子力施設の廃止措置等によって発生する人工起源の大量 (1トンオーダーを超える) の放射性廃棄物に対して、放射性物質として扱う必要のない区分を設けるためのものである。規制免除値とクリ

表2 クリアランスと規制免除の運用概念(例)

非放射性	クリアランス	規制免除	規制対象	備考
稼働前	稼働後			
全て	1トンオーダーを超える施設建屋、大型構造物	1トンオーダーまでの機器、部品、工具等	施設本体	
○ ○	●	○		
搬出先(例)	検認 → 再利用	-	管理処分場	
○ ○		●		
搬出先(例)	-	産廃処分場	管理処分場	
放射能濃度[Bq/g]	≤ 0.1	≤ 1×10 <sup>1</sup>	> 1×10 <sup>1</sup>	Cs-137の場合
放射能[Bq]	-	≤ 1×10 <sup>4</sup>	> 1×10 <sup>4</sup>	
凡例 :	→ 照射(放射化、汚染)、 ←----- 安全貯蔵(壊変、除染)			

アランスレベルは、何れも規制から免除するための個人線量の基準として10 $\mu$ Sv/年、皮膚被ばくには50mSv/年を採用している。また、事故時（規制免除）或は低確率事象（クリアランス）に対しては1mSv/年が算出の基準に使用されている。

## 2.4 核種ごとの危険数量D値

「危険数量D値」とは、放射性核種が管理から外れた場合に、深刻な障害を起しうる放射能をTB<sub>q</sub>単位で定めたものである。放射線源が有する危険度に応じて管理レベルを定めるため、IAEAが2005年に出版した安全指針「放射線源の分類（RS-G-1.9）」において、33核種について公表され、GSR Part 3に取り入れられた。「危険数量D値」は、原子力事故等の安全上の重要性を統一された尺度で速やかに提供する制度である「国際原子力・放射線事象評価尺度INES」の評価にも使用されることとなり、「放射性物質の危険数量D値（EPR-D-VALUES）」が2006年にIAEAから出版され、373核種の数値が提供されたが、GSR Part 3では文書の引用のみがなされている。

「危険数量D値」には放射線の影響だけでなく、核分裂性を有する場合に最小臨界量が支配的であればその値が採用され、化学的毒性を有する場合には予防上の注意も記載されているなどの特徴がある。また、放射線による人体への確定的影響に基づくため、緊急時対応や核セキュリティ分野へ利用範囲が広がっている。

## 2.5 GSR Part 3に至る出版の経緯

放射性核種ごとに防護上の制限値が掲載された最新の「基本安全基準（BSS）」であるGSR Part 3に至る、代表的な出版物を図1に示す。



図1 最新の国際基本安全基準BSSの策定に至る代表的文書

## 3. 国際的動向と国内での取組み

### 3.1 国際的動向と必要な国内対応

国内外で現在用いられている核種ごとの防護上の制限値の多くは、外部被ばくについてICRPのPubl.60（1990年勧告）に基づくPubl.74の線量換算係数を、また、内部被ばくについてPubl.66（呼吸気道モデル）やPubl.30以降導入された体内動態モデル等に基づくPubl.68の線量係数を、ベースとして算出されている。ICRPでは、既に外部被ばく評価に用いる線量換算係数をPubl.103（2007年勧告）、Publ.110（ボクセルファントム）等によって見直し、Publ.116として出版している。また、内部被ばく評価に用いる体内動態モデルについて、Publ.30の胃腸管モデルからPubl.100のヒト消化管モデルへの切り替え、Publ.66のヒト呼吸気道の一部改訂等が検討されるとともに、線量係数の見直しが進められている。これらの動向から、2.1節で述べたA<sub>1</sub>及びA<sub>2</sub>を見直す検討がIAEAで既に始まっている。

日本では、放射線障害の防止に関する技術的基準を法令に定めようとするときは、放射線審議会に諮問する必要がある。最近では国際機関等で定められた基準値を日本に取り入れる際にも国内で確認計算を行い、その結果を示した上で放射線審議会に諮問され、放射線



技術的な課題としては、「A<sub>1</sub>及びA<sub>2</sub>」について、IAEAの輸送安全基準委員会TRANS-SCで、現行の値に再現上の課題のあることが報告され、IAEA加盟国の関心も高く、日本でも輸送関係者を中心に、他に先駆けて検討が進められている。「規制免除値」はIAEAの輸送規則でもその値を取り入れていることから、A<sub>1</sub>及びA<sub>2</sub>に続いて見直される可能性が高いが、シナリオの整合性の観点から「クリアランスレベル」とセットで見直すことが望まれる。また、「クリアランスレベル」について、日本では旧原子力安全委員会やその後の国内取入れの検討等で、詳細かつ広範囲の検討を行ったので、その経験を反映するため、見直しが行われる場合には早い段階から関与することが望まれる。

「危険数量D値」については、放射線源が有する危険度に応じて管理レベルを定めるための指標として、限定された核種について先ず算出された。その後、INESにおける輸送事象の尺度評価に用いられることになり、比較的短期間に少人数で検討が行われた経緯がある。従って、国際的な再評価を行うことは大きな意義があると考えられる。

放射性核種ごとの防護上の制限値を見直す際の、IAEAの関連委員会の関与に係る予想を図2に示す。このような国際的な場で、国内の検討結果を適切に規則に反映させるためには、これらの委員会に先立つ専門家会合CSや技術会合TMでの意見表明が重要であり、特にCSに招聘されるような人材を育成することが必要である。

#### 4.2 日本の進むべき方向性

放射線分野は国際的かつ学際的な面があり、多様な分野の専門家が関与することになること、また世代を超えた取組みとなること等から、国内外の動向を含め情報の共有化が特に必要であり、集中的に情報を管理するための

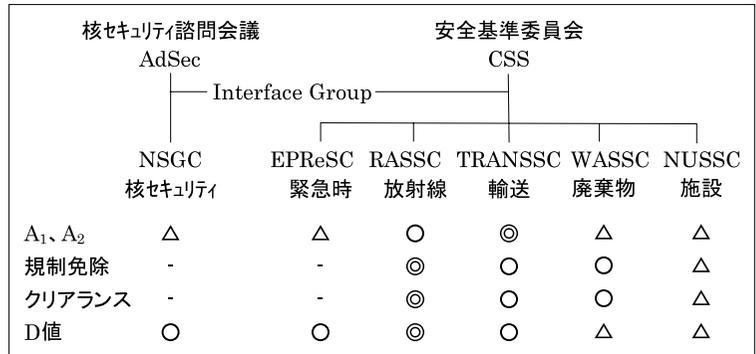


図2 IAEAの関連委員会の関与(予想)

プラットフォームを構築しておく必要がある。放射線防護の評価に必要なツールについては、常に最新の評価モデルを反映して整備し、維持管理するための組織的な取組みが必要である。また、それらの計算コードを国際基準の検討に活用するためには当該コードを公開し、学会等の第三者機関において検証することが重要である。更に、放射線分野の底辺を拡大し、多様性のある若手専門家を育成し、世界の最新の知見を学習するための場を提供することが必要である。

#### 参考文献

- [1] 「放射性核種ごとの防護上の制限値に関する専門研究会報告書」、一般社団法人日本保健物理学会 専門研究会報告書Vol.9, No.2, (2016).  
<http://www.jhps.or.jp/report/pdf/report9.2.pdf>

#### 著者プロフィール

(株)日立製作所にて、高速増殖原型炉「もんじゅ」及び新型転換炉原型炉「ふげん」の原子炉設計、タンク型FBRフィージビリティ・スタディ、「もんじゅ」初装荷用ブランケット燃料集合体全数製作、「もんじゅ」炉心燃料集合体用プルトニウム燃料製造施設設計、使用済燃料乾式貯蔵施設開発等に従事。

その後、(財)原子力発電技術機構にて発電用原子炉廃止措置技術確認試験、金属キャスク貯蔵技術確認試験等、(独)原子力安全基盤機構にて放射性物質国際輸送規則に係る技術的動向調査等、内閣府にて原子力利用の政策企画調査等に従事。

日本原子力学会会員、日本保健物理学会会員、日本海事代理士会会員。

# 書評

## 「はじめまして ほうしゃせん」



企画・制作 株式会社原子力安全システム研究所  
 構成協力 秋津 裕  
 イラスト 株式会社ジョーソンドキュメンツ  
 2013年3月発行

早いもので、あの“3.11”から5年が経った。所によっては震度7という大きな揺れや大津波に見舞われ、1,000年に1度といわれる大きな自然災害（天災）であったが、今から思えば、備えに不十分なところがあったので、被害を大きくしたという意味で“人災”の様相もない訳ではない。また、幾つかの原発がこの“天災”に遭遇したのであったが、その中で、ご存じ、東京電力の福島第一（1F）が、それまで“（安全対策を講じる上で）想定外”としてきた「過酷事故」を引き起こしたのであった。いわゆる「安全神話」がもたらしたもので、これこそレッキとした“人災”であった。当時の（基本的には今も

変わらない）“放射線防護に係る国の制度設計”は、言ってみれば、“原子力は（過酷）事故を起こさない”ことを前提に組み立てられ、運用されていた（安全神話）。そして、放射線の安全管理の目標は“（国の指定する特定放射線源の使用に伴う）放射線被曝起因のリスクをミニマムにすること”とされていた。国民の多くは、放射線被曝の種類に関係なく、国は国民にこのことを約束してくれていると思ひ込み、“放射線はどんなに微量であっても危険”という“思ひ込み”を植え付けてしまった（危険神話）。原子力安全の世界でも、放射線防護の世界でも、リスクという言葉が共通に用いられているが、前者においては“原子炉システムが過酷事故を引き起こす可能性（の測度）”を意味し、後者においては“放射線への被曝により、人体の健康に望ましくない影響が、実際に発生する可能性（の測度）”を意味していたが、これは今も変わっていない。

この国の民は、「安全神話」も「危険神話」も追放すべきだということを、5年前に悟った筈であったが、現実には今も全く変わっていないように見える。国民の多くは、今も放射線との合理的な付き合い方が分からずにいる（納得できないということ）。5年前、理系出身のマスコミ人が「専門家が“科学的に安全”といたら、それを信じて安心せよ」と説き、当時の政権も現政権も、それぞれの思惑を込めてそれに乗り、専門家（原子力規制委員会NRA）が新基準に適合していると判断したものは“安全”と見做して政治を行う、としてきたが、5年目の“3.11”の2日前に、稼働中であった関西電力の高浜3号炉が裁判官の判断で運転停止を命じられた。“NRAの科学的・技術的判断”で“安全”と見做すことはできないとの見解である。

5年前、放射線が突然身近な問題となって戸惑った多くの母親に読まれた書物に、本書があった。幼稚園で教諭を務めたこともあり、今は京都大学でエネルギー科学を研究されている秋津裕さん（女性）が、幼児、保護者、保育者向けに書かれたものである。この国が、今なお「危険神話」も「安全神話」も放逐できずにいることから、この絵本の存在をお伝えしたいと考えた次第である。なお、本書の刊行には、N女子大学が“3.11”に先立って“放射線教育の講座”を開設したことが大きなdriving forceとなって居るが、それには当社の細田会長が深く関わっていたこと、またそのご縁で“3.11”後の本書の増刷に当社が協力したことを書き添えておきたい。

（加藤和明：千代田テクノル・アドバイザー）

# 東京工業大学における 「全学放射線利用者管理システム」の紹介



五十嵐敏美\*

2005年度から構築を開始した当システムは、10年間更新を繰り返し、2015年度アイソトープ協会が主催する「放射線安全取扱部会年次大会（第56回放射線管理研修会）」において、Vr6の内容をポスター発表したもので、ここに紹介する。Vr6では、サーバ更新に伴うデータベースソフト更新、被ばく線量測定結果を提供している外部ソフトの更新に伴う対応、教育訓練内容変更に伴う対応を行った。



写真1 手の上のWYSE



写真2 シンクライアント端末

## 1. サーバ更新に伴う対応

2006年度、当大学の大岡山キャンパス、すずかけ台キャンパスにおいて、運用を開始した「全学放射線利用者管理システム」(File Maker Pro8)は、2010年11月、サーバとデータベースソフトの更新に合わせて、シンクライアントシステムを導入した。

シンクライアント端末は、手のひらサイズで、モニタの背面に装着するか、机の上に立てて、また横にして置くことができ、場所をとらない。(写真1、2)

2014年11月、windows Server 2003の保守が2015年7月で切れることから、サーバをwindows Server 2012に、データベースソフトをFileMaker Server11及びFileMaker Pro11からFileMaker Server13及びFileMaker Pro13に更新した。

図1は、クライアントがパソコンの場合とシンクライアント端末を用いた場合で、更新にかかる費用、更新作業の手間がどれだけ違うかを表しており、2011年度にシンクライアントを採用した結果、2014年度の更新時に、費用が約半分に抑えられ、現地作業は、ほぼ、1日で終了したことを報告する。

## 2. 外部ソフト更新に伴う対応

当システムでは、被ばく線量の測定結果(累積線量：約11,000人分、毎月の線量：約1,500

\* Toshimi IGARASHI 東京工業大学 バイオ研究基盤支援総合センター

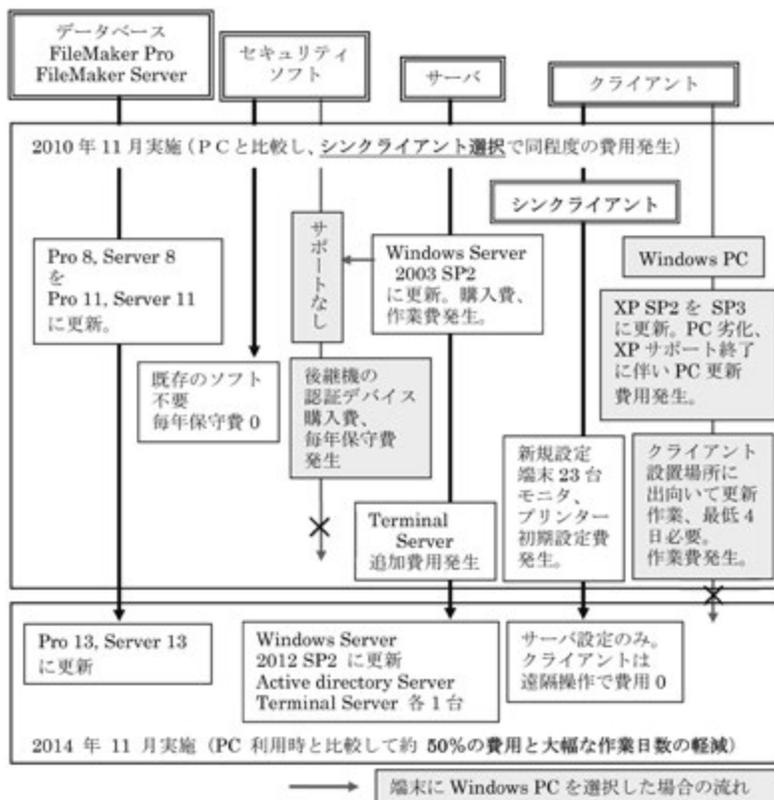


図1 【全学放射線利用者管理システム】ハード更新の実績

人分) を千代田テクノルのACE GEARというソフトから取り込み運用している。

2014年10月、バージョンをV3からV4に更新した際、データ取り込み方法の変更が必要となり対応した内容について紹介する。V3では、ひとり1レコードだったので、当システムのひとり1レコードとガラスバッジの個人コードで照合し、測定結果を取り込んでいた。しかし、V4では、同一人物であっても、所属コード変更で、新たなレコードが作成されひとりが複数のレコードを持つことになる。(図2)

従って、個人コードで照合すると、最初にヒットしたレコードのみ照合されるという不具合が生じた。そこで、ポータル挿入という手法を用い、同じ個人コードのレコードをすべてリレーションで結び、集計した値を、ひとつのレコードとして表示することにした。(図3、4、5)

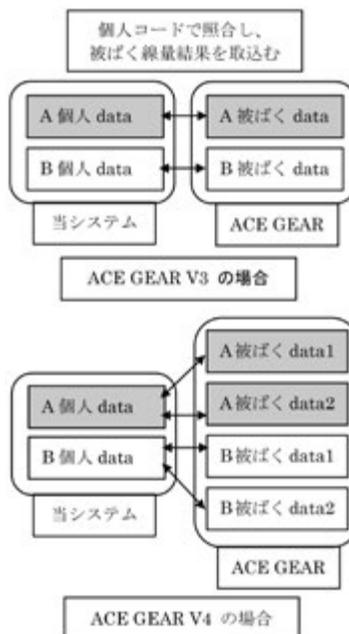


図2 【全学放射線利用者管理システム】と被ばく線量測定結果(外部データソフト)との関係

図3  
年度毎のACE GEARデータを毎月被ばく結果偶数年度または、奇数年度Fileに取り込み個人コード毎に自動集計し合算値を算出

(例) 多都絵羽例子

所属コード	個人コード	職員コード	所属名称	年度	氏名漢字	氏名	性別	実効4月	実効5月	実効6月	実効7月	実効8月	実効9月	実効10月	実効11月	実効12月
12-3456 001	57700001	08000000	遺伝子実験分野	2014年度	多都絵羽 例子	多都絵羽 例子	女									
12-3456 000	57700001	08000000	遺伝子実験分野共通	2014年度	多都絵羽 例子	多都絵羽 例子	女									
130831 3	57700001	08000000	イソラックワクシネワ	2014年度	多都絵羽 例子	多都絵羽 例子	女	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

外部被ばく線量  
偶数年度 合算値

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
実効線量	0.0 (12X)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
中高音線量	0.0 (12X)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
皮膚線量	0.0 (12X)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ガラスパッシブ測定結果 (当年度 および 前年度)

氏名 / 個人コード	所属コード	年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
多都絵羽 例子 / 57700001	12-3456 001	2014年度	0.0 (2X)	0.0	0.0									
多都絵羽 例子 / 57700001	12-3456 000	2014年度	0.0 (2X)	0.0	0.0									
多都絵羽 例子 / 57700001	130831 3	2014年度	0.0 (2X)	0.0	0.0									

図4  
放射線利用者管理システムは、偶数年度と奇数年度の被ばく結果をリセッションで参照。V4では、研究室移動履歴が明白となった。

図5  
管理区域立入者の被ばく管理記録の結果は、V3は、1レコードを参照。V4では、集計結果を参照するように変更した。

2014年度 すずかけ台放射線実験施設  
管理区域立入者被ばく管理記録

所属	氏名	年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
ハイオ研究開発センター	多都絵羽 三樹	2014年度	0.0 (12X)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
遺伝子実験分野	多都絵羽 三樹	2014年度	0.0 (12X)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ハイオ研究開発センター	多都絵羽 例子	2014年度	0.0 (12X)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
遺伝子実験分野	多都絵羽 例子	2014年度	0.0 (12X)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



図6 教育訓練受講証明書作成の仕組み

- ①個人データ画面で【教育確認へ】をクリックすると「教育確認」画面に移動。
- ②【新規教育証明書へ】をクリックすると、スクリプト計算が実行され、新規AB区分21種類のレイアウトの中から最適なレイアウト③が選択されその画面に移動。
- ③《新規教育訓練データ》Fileと新規講義日・教育区分・クラス言語・B実習場所で照合し選択されたレコードが持つ他のデータをレイアウト上の所定の位置に取込む。省略受講など非定型的な受講の場合は「教育確認」画面④内に省略内容を記載し、個々の省略内容（2015年度上期時点で約320人分）に対応した証明書となる。管理者は、ボタン二つのクリックで証明書を完成することが可能。同様に、継続教育は9種類のレイアウトがあり、放射線業務従事者5,000人弱、1MV未満のX線装置を管理区域外で利用する人（C区分）では、4種類のレイアウト、3,000人強の証明書の作成が可能。

これにより、見た目は、今までと変わらないレイアウトのページと、更に、複数のレコードが表示され所属変更の経過を確認することが可能な別のレイアウトのページを作成することができた。

### 3. 教育訓練内容変更に伴う対応

2012年度、放射線総合センターとバイオ研究基盤支援総合センターが共同管理する放射線事業所「すずかけ台放射線実験施設」が放射線発生装置の使用許可を受けた為、新規者教育訓練の実習内容にこれまで実施していたA区分実習（非密封放射性同位元素実習）とB区分実習（密封放射性同位元素実習）に、放射線発生装置の実習を加えることになった。

施設の都合から、大岡山キャンパスで実施するB区分実習は、「密封放射性同位元素実習」、すずかけ台キャンパスで実施するB区分実習は、「密封放射性同位元素および放射線発生装置実習」という変則的なプログラムで、受講者は、申込時にWeb上で、実習希望日を選択する。新規者教育訓練受講者のデータが、当システムに取り込まれると、簡単な操作で証明書発行が可能となる。これまで、講義日と実習の受講区分で振り分けていたが、振り分けの要素に実習実施場所が追加されたため、システムを変更した。（図6）

### 4. まとめ

利用状況・管理内容に柔軟に対応するシステムとして常に更新できるのが、自製システムの利点ではあるが、更新作業を行う後継者の育成が今後の課題となっている。

#### 著者プロフィール

現在の北海道大学医学部保健学科放射線技術科学専攻の前進である北海道大学医学部附属診療放射線技師学校で3年間学び、3年時に第1種放射線取扱主任者の資格を取得。

卒業後、東海大学医学部にて放射線管理業務に就く。その後、専業主婦期間を経て子育てがひと段落した後、千代田テクノルの社員として、横浜市立大学医学部で放射線管理を行う。そこで、File Makerと出会い、その楽しさの虜となり管理事務合理化の為、業務にどんどん取り入れるようになる。2001年度、本社勤務を経験したが2時間以上の通勤が困難となり退社。

2002年4月から東京工業大学バイオ研究基盤支援総合センターに着任し、File Makerを用いた教育訓練システム、全校放射線利用者管理システムの構築を行い現在に至る。

## 「第12回テクノ技術情報セミナー」を終えて

### － 水晶体の線量限度に関するICRP声明および国内の動向について －

弊社では、社の企業理念である「放射線の安全利用技術を基礎に人と地球の“安心”を創造する」の一環として、毎年テクノ技術情報セミナーを開催しております。今年度は、平成28年5月20日、21日の2日間、茨城県水戸市内のホテルおよび弊社大洗事業所（茨城県東茨城郡大洗町）にて「第12回テクノ技術情報セミナー」を開催いたしました。

今回のテクノ技術情報セミナーには、全国の大学病院など医療関連の方々35名のお客様が参加されました。初日は午後からの開催で2題の講演がありました。まず1つ目の講演（講演Ⅰ）として、「眼の水晶体に対する放射線防護の現状と今後の展望」と題して、国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所の赤羽恵一先生に講演をお願いしました。内容としては、眼の水晶体の被ばく線量評価の国内外の動向についてわかりやすくご説明いただきました。日本国内では現状として眼の水晶体の等価線量の評価（3mm線量当量測定）は、1cm線量当量と、70 $\mu$ m線量当量で管理していれば眼の水晶体の線量限度を超えることはほとんどなく、防護が担保されるとみなされ、法令などで測定対象とされていません。しかし、国際的な3mm線量当量測定の動向を受け、日本国内でも眼の水晶体の防護に対する関心が高まり、議論や調査が行われるようになってきているということをお話いただきました。

講演Ⅱでは、「医療施設におけるDOSIRISを用いた水晶体線量（3mm線量当量）測定評価」と題して、東北大学大学院医学系研究科の千田浩一先生に講演をお願いしました。防護眼鏡の有無による線量差を調査した結果をもとに、3mm線量当量評価および防護眼鏡の重要性についてご説明いただきました。医療従事者が受ける職業被ばくは、通常は確率的



初日の講演会場風景（水戸市内のホテル）

影響を心配するレベルではないようですが、特にInterventional Radiology (IVR) 従事者などは、白内障などの確定的影響の発生に注意をする必要があるそうです。水晶体線量評価（3mm線量当量測定評価）について、医療施設での約半年間の測定評価の紹介を中心に解説していただき、眼の水晶体用線量計DOSIRISの重要性・必要性等についてご紹介いただきました。

2日目はホテルからバスで弊社大洗事業所へ移動し、到着後すぐに測定センター前で記念撮影を行いました。撮影後、Hosoda Hallにて、講演Ⅲ「放射線測定器の校正方法について－3mm線量当量含む－」と題して、弊社大洗研究所の柳田弘が講師を務め、放射線部門における計量計測トレーサビリティの国内



2日目の講演会場風景（Hosoda Hall）

外の関連情報および現状について説明させていただきました。3mm線量当量の校正条件は現状ではスラブファントムが用いられています。その際にIEC 62387:2012〔放射線防護の測定機器（受動型）の国際規格〕の付属書に記載されている3mm線量当量の校正用の換算係数を使用して校正を行うこととなります。なお、ISO 4037〔X、 $\gamma$ 線の校正に関する国際規格〕は現在改正作業中で、3mm線量当量についてはスラブファントムの他にシリンダーファントム（頭部）も加わる予定となっております。

最終講演（講演Ⅳ）は、「3mm線量当量について-DOSIRIS線量計-」と題して、弊社大洗研究所の大口裕之が講師を務めさせていただきました。本講演ではDOSIRISおよびシリンダーファントムなどについて紹介させていただきました。シリンダーファントムは、ORAMED（Optimization of Radiation Protection of Medical Staff）プロジェクトにより3mm線量当量を評価するにあたり、従来のスラブファントムと別に新たなファントムとして提案され、このファントムに対する3mm線量当量換算係数が算出されました。スラブファントムは、本来体幹部用として設計されているため、ファントムからの散乱線が多く発生します。また、方向特性に関しても、75度以上では、ファントムからの散乱線が、実際の線量よりもさらに多くなり、過大評価する傾向を示すこととなります。シリンダーファントムは、これらの問題を解決するために設計された経緯などを含めて紹介させていただきました。



ガラスバッジ測定ライン見学

すべての講演が終了した後、弊社大洗事業所全体の紹介、および大洗研究所校正施設ならびにガラス線量計測定センターの施設見学を実施いたしました。普段中身を見ることのないガラスバッジおよび測定ラインに対し、参加者の皆様に興味を持っていただけたようでした。



DOSIRIS展示ブース

また、お昼休みおよび施設見学の合間にも、眼の水晶体用線量計のDOSIRISを展示ブースにて実物を用いた紹介をさせていただきました。実際にDOSIRISおよび防護眼鏡を装着していただいたところ、両目に装着可能なタイプが欲しい、防護眼鏡に取り付けられるようにして欲しいなど貴重なご意見をセミナー参加者の皆様からいただくこともできました。皆様からの声を今後の製品改良に活かしていこうと考えております。DOSIRISの他に、線量計測事業本部からは、ガラスバッジ、ACE GEAR V4、アイストープ事業本部からは、DoseAce、RADIREC、医療機器事業本部からは、マイクロセレクトロンHDR、サイバーナイフ、原子力事業本部からは、ガンマ・キャッチャー、ガンマ・ボールの紹介も行いました。

最後に、ご講演を賜りました赤羽先生、千田先生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方に心から御礼申し上げます。

（線量計測事業本部 犬飼 裕司）



第12回テクノル技術情報セミナー参加者の皆様

サービス部門からのお願い

## 「ご使用者変更連絡票」の「処理区分」をご記入ください！！

平素より弊社のモニタリングサービスをご利用くださり誠にありがとうございます。  
 「ご使用者変更連絡票」をご記入の際は、「処理区分」のいずれかの項目に○印をつけてください。「ご使用者変更連絡票」裏面に記入例、**処理区分早見表**を記載しておりますので、ご参照のうえ、ご記入をよろしくお願いたします。



株式会社千代田テクノ行 **ご使用者変更連絡票**

フリーダイヤル (FAX番号)  
0120-506-984

405-0448-00A-5 2014/09/01 - 2014/09/30

事業所名 千代田テクノ行診療所 部署名 放射線科 担当名 千代田 太郎 電話番号 03-3816-5210

使用書の変更を次のとおり依頼します。

処理区分(必須)	所属コード	登録番号	個人コード	使用書名	性別	生年月日(西暦)	職種	資格	資格取得年月日(西暦)	有効期限(西暦)	備考
追加・変更 中止・休止	123	567-890	001	千代田 太郎	女	1990年11月10日	医師	FS	2016年8月1日	2016年8月1日	源島 次郎
追加・変更 中止・休止	123	4567-890		千代田 花子	男	1995年10月20日	看護師	FS	2016年8月1日	2016年8月1日	
追加・変更 中止・休止				千代田	男						
追加・変更 中止・休止				千代田	女						
追加・変更 中止・休止				千代田	男						
追加・変更 中止・休止				千代田	女						
追加・変更 中止・休止				千代田	男						
追加・変更 中止・休止				千代田	女						
追加・変更 中止・休止				千代田	男						
追加・変更 中止・休止				千代田	女						

\*「ご使用者変更連絡票」はこちらまで…測定センター フリーダイヤルFAX: **0120-506-984**

## 編集後記

- 日本原子力研究開発機構の斎藤公明先生に連載いただいております「福島周辺における大規模環境測定」が最終回を迎えました。最終回は「-空間線量率の分布と経時変化-」と題して、事故後行なってきたモニタリングより得られた空間線量率の経時変化の特徴と要因を場所ごとにご紹介いただきました。たくさんの方々に関わられた福島周辺の大規模モニタリングの成果が今後の対策、復興に大いに役立つものと期待しております。
- 元日立製作所/湘南テクニカ海事オフィスの山中庸靖先生に「放射性核種ごとの防護上の制限値」に関するIAEAでの取組の歴史、国際的動向と国内での取組について今後の課題と方向性についてご執筆いただきました。これまでの歴史等を改めて理解された方もいらっしゃるのではないでしょうか。
- 東京工業大学の五十嵐敏美先生に学内で構築し運用されている「全学放射線利用者管理システム」についてご紹介

- いただきました。放射線業務従事者の被ばく管理記録の集計や教育訓練受講証明書の作成等が簡便にできるシステムにたどり着くまでの道のりは大変なものではなかったのかと感じました。また本システムに弊社取扱いの個人線量管理システム「ACE GEAR」も一助となっているとのことと本当にうれしく思います。
- 2016年5月20日、21日に開催いたしましたテクノ技術情報セミナーの報告をさせていただきました。おかげをもちまして本セミナーは今回で12回を迎える事ができました。今後も皆様へ有意義な情報を提供して参りたいと存じます。
- 皆様のお手元に本号が到着するころには暑い夏を迎え、4年に1度の祭典「リオデジャネイロオリンピック」の開催を迎えるころかと思っております。日本選手団の活躍を祈りつつ、多くのメダル獲得に期待しております。テレビの前で夏の暑さに負けなくらい熱い応援をしたいと思っております。(H.T.)

## FBNews No.476

発行日/平成28年8月1日  
 発行人/山口和彦

編集委員/畑崎成昭 根岸公一郎 中村尚司 金子正人 加藤和明 青山伸 五十嵐仁  
 加藤毅彦 兼尾昌二 木名瀬一美 篠崎和佳子 高橋英典 谷口和史 長谷川香織

発行所/株式会社千代田テクノ 線量計測事業本部

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4階

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)