

Photo M. Abe

Index

「原子力の日」に思う	藤田 玲子	1
農地および竹林での放射性物質の動態と 作物への移行抑制	小松崎将一	3
個人線量分布モデルの再考と 点減衰核法の一般化モデル式	熊澤 蕃	8
待ったなしの温暖化対策とCOP-21への期待	町 末男	13
単位「Sv」が表すもの	黒澤 忠弘	14
町 末男先生を偲んで		19

●「原子力の日」に思う

一般社団法人日本原子力学会
前会長

藤田 玲子*



東京電力(株)福島第一原子力発電所事故（福島事故）から4年半が経ち、未だに避難されている多くの方々に改めてお見舞いとお詫びを申し上げます。

福島事故後4年半経っても何も変わっていないという原子力関係者が多くいることに驚かされる。“原子力ムラ”にいるからに他ならない。原子力に係わっていない人々の間では静かに原子力離れが進んでいる。それは何故か？原子力に係わる我々が今一度、考えるときが来ているのではないか。

先ず課題の1つは原子力に関する研究環境の劣化、広くは人材育成の欠陥である。大学でも原子力分野の教授の数が明らかに減少している。学生が原子力を目指そうとしても、原子力専攻の教授が少ない上に魅力的な研究をしている方が多くない。その理由はいくつかあるが、原子力分野の研究体制に大きな問題があると考えている。原子力の研究予算は大部分が日本原子力研究開発機構（JAEA）に配分されている。しかしながら、JAEAはもんじゅの再稼働で躓き、再処理工場の閉鎖

など、将来の研究開発の戦略を策定できる組織になっていない。

経済産業省や文部科学省の方針なのか国の審議会が悪戯に多く、原子力専攻の教授は委員や主査に忙殺され、教授ご自身で大学院生や卒研究生を教育できる環境になっていない。原子力専攻の教授でその研究分野で世界的権威と言われる方がどれだけおられるであろうか？そこが原子力の将来にとって一番の問題である。大学そのものが独立行政法人（現在は国立研究開発法人）の改革で教育か研究かを問われ、国の公募事業などの研究資金を獲得できる教授が評価されるシステムや学長や総長に権限が集中し過ぎているという批判も多いが、教授が原子力行政に振り回されている今の原子力の教育研究の環境は劣悪としか言いようがない。

見えないところで原子力離れは進んでいるのである。国の審議会の委員や主査は名誉教授を中心に体制を組む。また、原子力専攻の教授の方々はまずは原点に戻りご自分の研究業績と学生指導に精進され、原子力専攻の教授ポストを他分野の教授に譲ることのないように努力をお願いしたい。研究業績を上げていけば、他の分野の教授とポストを十分競り合っていけるはずである。また、JAEAとは別に大学自身が材料照射施設や放射化学施設など学生が放射性物質を扱える施設を維持することも重要である。

もう1つはJAEAの問題である。表向きは

* Reiko FUJITA

● 原子力の日に思う

基礎から事業化手前までの技術開発が可能な組織ということになっているが、基礎研究をするにしても研究者を育てるのではなく、試験員養成組織になっているように見受けられる。研究者であれば、3割は自分で将来を目指した研究や勉強に当てないと新しいアイデアなど出てこない。最近、JAEAでも学会活動が認められるようになったと聞いているが、日本原子力学会長がJAEA関係者のときだけのようない過性に終わって欲しくない。また、もんじゅなど事業化直前の技術開発と基礎研究とは評価制度が同じでは組織として存続しない。もんじゅの技術者や運転員の評価制度を研究者とは異なる制度とすると共に、全く独立した安全を取り仕切る部署も必要である。JAEAに関しては基礎研究の部門では管理をするライン管理者を減らし、研究者や技術者などの専門職の方々が管理職になっても研究を続けることにより研究者の数を維持し、世界と研究開発で勝っていかれる体制を敷くべきであろう。

最近では韓国や中国で原子力分野に投資をし、戦略的に人材育成をしている。原子力の研究に携わる研究者の数全体は日本でも遜色ないかもしれないが、生産性の点で負けている。すなわち、実際に研究を続けている専門職の人数ではかなわない。大学や研究機関ではどれだけ本当の意味での研究に従事できるかを常に模索し続けることを望みたい。

最後に自分の子供を原子力分野に就職させようと思う原子力関係者がどれだけいるであ

ろうか？全く魅力ない研究分野、技術開発分野である限り、静かに原子力離れは進むのである。未来の研究者や技術者にとって魅力ある分野としての研究体制を再構築することが福島事故後の我々の責務ではないかと思う今日この頃である。

著者プロフィール

昭和28年	東京生まれ
昭和57年	東京工業大学 総合理工学研究科 博士課程修了(理学博士)
昭和58年	(株)東芝入社 原子力技術研究所
昭和63年	休職 米国アルゴンヌ国立研究所 客員研究員
平成5年	東京工業大学原子炉研究所 非常勤講師
平成18年	電気化学会 理事
平成20年	電力・社会システム技術開発 センター 技監
平成21年	東京工業大学創造エネルギー専 攻非常勤講師
平成22年	日本原子力学会 理事
平成23年	福島県除染アドバイザー
平成24年	電力・社会システム技術開発 センター 首席技監
平成26年	日本原子力学会 会長 ImPACTプログラムマネージャー

文部科学省の革新的原子力システム公募で6件が採択されるなど、使用済燃料の乾式再処理技術開発に1988年から従事。東京工業大学原子炉研究所、電力中央研究所などとの共同研究を推進。他に放射性廃棄物処理技術やレアメタルの研究開発に係わる。1995年日本原子力学会技術賞、1999年同論文賞、2007年電気化学会棚橋賞など多数受賞。2010年より日本原子力学会の理事を勤め、2014年度同会長。



農地および竹林での放射性物質の 動態と作物への移行抑制



小松崎将一*



1. はじめに



福島第一原子力発電所事故に伴う放射能汚染により、茨城県内では2011年3月および4月期において高濃度の放射性ヨウ素が農畜産物から検出され、出荷停止などの被害を受けた。その後、農産物に対する放射能汚染は政府の暫定基準値(500 Bq/kg)を大きく下回った。青果物は、東京都中央卸売市場での販売額が震災直後前年同月を大きく下回り、2011年6月頃から平年比90%台、2012年1月には100%を超え、2012年全体では平年比93%となっている。しかし、茨城県産の青果物の市場価格が回復した後も、有機野菜等の契約取引や関西方面への業務加工用野菜、観光果樹園・直売所等の客数などに減少が見られる。現在においては多くの農産物への放射能汚染は食品の新基準値(100 Bq/kg)を大きく下回っており、茨城県産の農産物の買い控えは回復基調であるが、震災後4年を経た2015年の調査においても県産野菜を買わない消費者は東京で1割を切ったものの、関西や北海道では依然として1割以上が「購入を控えている」と回答するなど、風評被害の根強さを裏付ける結果となっている(読売新聞2015年4月9日)。

一方、いままでの環境保全活動についても新たな局面を迎えつつある。地域の環境再生に向けて、市民参加による環境活動や地産地消の取り組みが各地で進められてきたが、放

射能汚染による風評被害などの影響により、いままでの市民レベルの環境保全や農業再生にむけた対応に地域での戸惑いが広がっている。この原因として、タケノコなどの一部の農産物が基準値を超えていることや環境中に放出された放射性物質による森林や農地などの汚染について、その長期的影響や生態系内での挙動について地域住民の不安感が潜在的に高いことが指摘できる。これらの課題解決には、環境中の放射性物質の動態と農業生産場面での対策を消費者が理解し、かつ改めて地産地消の意義を考え直すことが求められている。

本報告では、農耕地および竹林における農作業管理方法と放射性物質の移行についての研究成果の概要を報告する。これにより、現状での放射性物質の動態を理解し、農産物の安心と信頼を深める契機となることを期待する。

2. 土壌中の放射性セシウムの作物への移行



原発事故により大気中に放出された放射性セシウムは、大気中の大気粒子状物質や雨などと一緒になって地表に降下した。地表面が裸地状態であれば、放射性セシウムは表層土壌に沈着し、土壌中の有機物または粘土鉱物に吸着される。特に粘土鉱物は放射性セシウムなどの陽イオンの保持能力が高く、部分的に膨潤した末端部の層荷電(フレイド・エッジ)に特異的に吸着することが指摘されている(中尾・

* Masakazu KOMATSUZAKI 茨城大学農学部附属フィールドサイエンス教育研究センター 教授

山口 2012)。このため、放射性セシウムの多くが植物への移行を阻止され、非交換態として存在することとなる。土壌は、多くの陽イオンを保持する能力があり、この陽イオン保持機能の働きによって、放射性物質が土壌から作物へ移行することを阻止している。

また、茨城大学の新村教授らが福島県や茨城県などの落ち葉や土壌などに残留している放射性セシウムをイメージングプレートで調査した結果、それらは非水溶性の微細な粒子（顆粒状）で降下し、土壌や植物に付着していたことが判明した。同時に実施した酸による抽出実験でもイオン化が限定的であったことから、この顆粒は作物の根から吸収し難い形状をしていると考察している (Niimura et al 2015)。このことから、土壌に降下した放射性セシウムは、降下した時から作物に移行しにくく、水溶性の部分は土壌に吸着され、作物への移行がさらに低減したものという理解が進んでいる。

3. 耕すことで放射性セシウムの移行を抑制

農耕地内の放射性物質の移行抑制策としてカリウム施用が挙げられている。カリウム施用による移行抑制については他稿に譲るが、「土を耕す」という農業の基本作業もまた、放射性物質の移行抑制策となることを指摘したい。

原発事故以降、著者らは耕うんと緑肥を活用したダイズへのセシウム移行低減と地力維持について検討と調査を継続的に実施している。試験は茨城大学農学部附属フィールドサイエンス教育研究センター内の試験圃場（洪積台地、土性：CL、LiC）で行った。試験期間は2011年より2014年で、夏作物はダイズを栽培した。

ダイズ栽培前の耕うん方法は、

プラウ耕（耕うん深さ30cm）、ロータリー耕（同15cm）および不耕起（土を耕さずそのまま播種）を比較した。また、ダイズの前作として、ヘアリーベッチ（マメ科の緑肥）、ライムギ（イネ科の緑肥）および冬作裸地（自主雑草）とし比較した。

緑肥の乾物収量と放射性セシウムの含有量との関係を見ると、乾物収量が高い緑肥ほど放射性セシウムの含有量が低い傾向が認められた。また、緑肥の放射性セシウム量は耕うん方法の影響を強く受け、不耕起栽培で緑肥中の放射性セシウムが有意に増加することが認められた。ダイズの収量は、2011年では耕うん方法、緑肥の有無および堆肥施用別での有意差が認められなかった。2012年では、耕うん方法間に有意差が認められ、不耕起栽培でロータリー耕やプラウ耕に比較して有意に収量が増加した。

また、同圃場での放射性セシウムの動態を見ると、耕うんすることで作物への移行量を著しく抑制することが認められた。この傾向は4年間認められたことから、耕うんを継続して実施することで作物への移行量抑制効果も継続的に認められることが明らかになった（図1）。また、農耕地で生産される緑肥（ラ

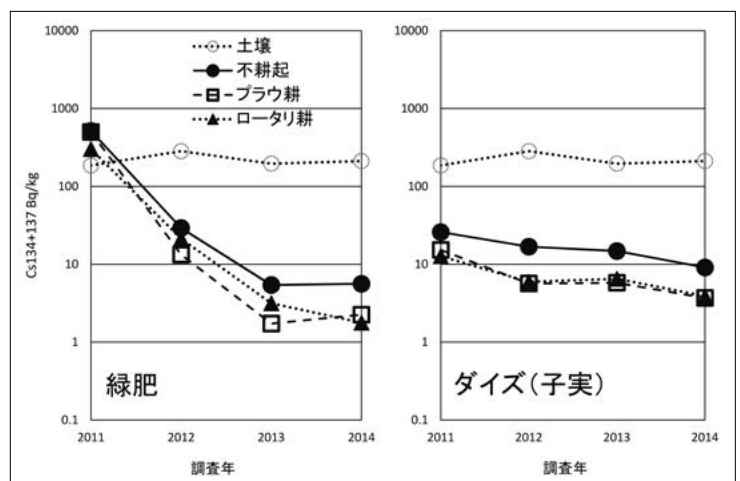


図1 原子力発電所事故以降の土壌中、緑肥(ライムギ)およびダイズ(子実)の放射性セシウムの推移(茨城大学農学部附属フィールドサイエンス教育研究センター)

イムギ)は、乾物収量も高くかつ雑草に比べて放射性セシウムが著しく少ないことが認められた。これらの緑肥を耕地に還元してもダイズへの放射性セシウムの増加は認められず、農耕地における適切な有機物還元技術となることが認められた。

4. 伝統技術“稲架け(ハザガケ)米”の安全性を確認

「放射性物質に対応した生産指導のための参考資料」(平成24年10月5日版)によると、原発事故の影響を受ける地域において、「水稻の自然乾燥はできるだけ避ける」とする指針が出され、稲架け米(写真1)が放射性物質の移行を促すのでは?と心配された。そこで、著者らは水稻の乾燥方法と放射性物質の玄米への移行について調査することとした。

2012年秋、福島県の自然乾燥予定の水稻圃場の稲を採取した。調査は水田の水口、中央、水尻の3か所の各20株をサンプリングした。採取した稲は株あたりの茎数を測定し、ほぼ同数の茎数となるよう2つのグループに分けた。ひとつは、コンバイン収穫を想定して、収穫直後すぐに穂を切除し、通風乾燥機において40℃で既定の水分値になるまで機械乾燥させた。もう一方のグループは、収穫した稲束をビニールハ



写真1 稲架け(ハザガケ)米は、自然にゆっくり乾燥されるためお米の品質が良いとされる(福島県二本松市)

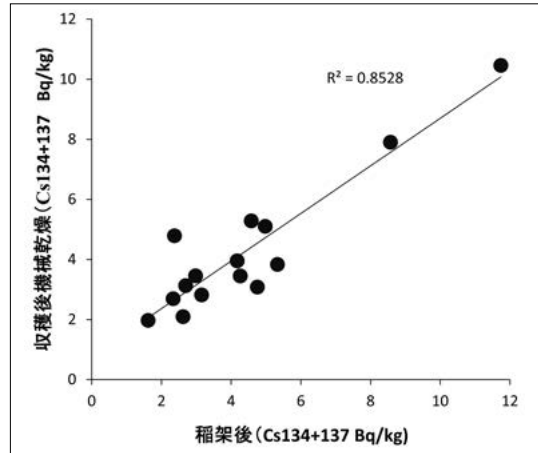


図2 機械収穫(コンバイン収穫)および稲架け乾燥の差異が玄米の放射性セシウムに及ぼす影響(2012年10月調査)

ウス内で3週間自然乾燥(稲架け乾燥)させ、既定の水分値になった時に脱穀を行った。各圃場において平均的な茎数の株を代表株とし、わら重、穂重、モミ数、登熟歩合(モミの充実度を示す)および千粒重を計測し、収量を求めた。また、代表株以外の稲株はすべて脱穀し、稲わら、玄米、もみ殻に分けて、Ge半導体検出器により放射性核種の分析を行った。

水稻の乾燥法と放射性セシウムの動態をみると、玄米では稲架け乾燥と機械乾燥とで差は認められなかった(図2)。これに対し、収量および収量構成要素を見ると、稲架け乾燥により、イネの登熟歩合が約10%向上することで、収量が14%向上することが認められた。食味については両者ともに82から86であり両方で品質が良好であることが認められた。以上の結果から自然乾燥によって玄米の放射性セシウム含有量が増加することは認められず、自然を生かした稲架け米による登熟歩合の向上など品質向上効果が認められた。

5. 竹林でも放射性セシウムは減少し続けている

原発事故周辺県での農作物の多くが、食品中の放射性物質の基準値を大きく下回っている



写真2 タケノコの出荷制限以降、竹林放棄が進行している(福島県二本松市)



写真3 適正管理法を実施している竹林(茨城県牛久市)

反面、いまだにタケノコなど一部の農産物は出荷が規制されている。竹林は、耕すことができないために降下した放射性物質が竹林の地表面に存在したまま、竹林の放棄が進んでいる(写真2)。著者らの茨城県内での調査では、適正に管理している竹林(竹密度が0.5~1本/m²)で、タケノコへの放射性セシウムの蓄積が非常に低いことが認められた(写真3)。そこで、竹林内の放射性物質の地上部および地下部の分布について慣行竹林との比較を2012年4月に調査した。その結果、地上部をみると、枝笹の値が最も高く、タケノコやタケノコ皮では低くなった。両者に大きな違いが認められたのは、地下部での分布であり、一般の竹林では、リター層に放射性セシウムが集積していたが、適正管理竹林では、リター層の放射性セシウム量は少なく、土壌表層が高い値を示しており、放射性セシウムの多くが土壌中にあることが認められた(図3)。

土壌に降下した放射性セシウムは非交換態として存在することを前述したが、リター層に存在する放射性セシウムの吸着力は弱く、竹の根圏を通じて経根吸収する可能性がある。この結果、一般の竹林では原発事故直後に生育した竹の放射性セシウム量は、

フォールアウトの影響を直接受けた竹よりも放射性セシウムの濃度が高まっている。これに対し、適正管理竹林の竹幹について発生年ごとの放射性セシウム量を調査してみると、原発前年に発生した親竹の放射性セシウム量は最も高くなったが、事故以降、年々、親竹の放射性セシウム量が減少していた(図4)。2012年に発生した竹の放射性セ

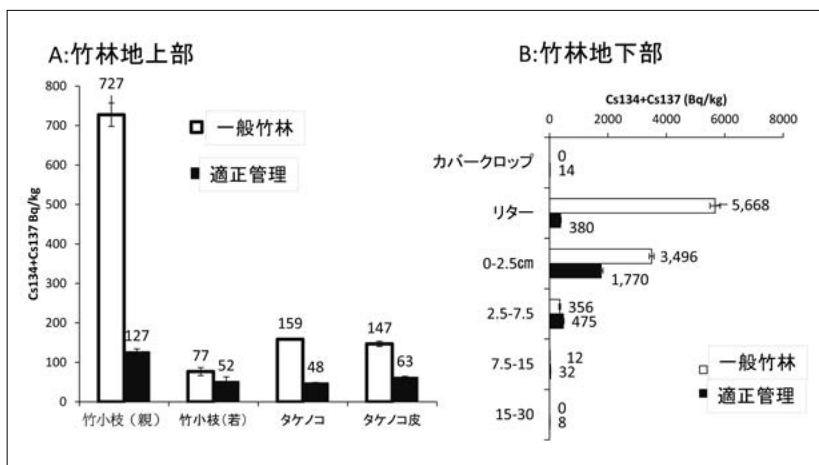


図3 竹林の管理方法と放射性セシウムの地上部(A)および地下部(B)の分布の差異。
グラフ中の値はCs134+137 Bq/kgを示す。(2012年4月調査)

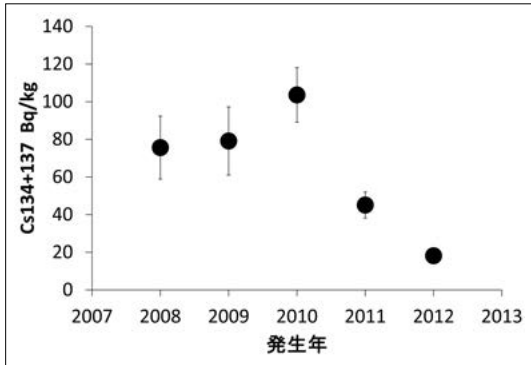


図4 適正管理竹林における竹の発生年と竹幹の放射能セシウム汚染度

シウム量は、2010年に発生した竹の5分の1に留まった。土壌の持つ放射性セシウムの固定能力が発揮されていることから、事故翌年から発生した親竹の放射性セシウム濃度が低減できるため、親竹の更新を進める適正管理手法がタケノコへの放射性セシウム抑制につながるということが示唆された。

茨城県内の竹林において、竹林の管理方法とタケノコの放射性物質の推移について調査した結果、適正管理竹林では、2012年では48.2 Bq/kg (n=1)、2013年では、29.4 Bq/kg (n=34)と低下し、2014年では7.0 Bq/kg (n=25)と大幅に低下した。これに対し放棄竹林への適正管理法の導入により、非導入区では、2012年では89.2 Bq/kg (n=3)、2013年では、60 Bq/kg (n=11)とやや低下したが、2014年では60.2 Bq/kg (n=25)と前年と同等の値を示した。これに対し、同竹林の適正管理区では、2013年では、60.3 Bq/kg (n=16)と慣行と同等の値を示したが、2014年では47.6 Bq/kg (n=9)と大幅に低下した。以上の結果から、竹林の適正管理によって、タケノコの放射性セシウムの低減効果が認められた。この結果を受けて、ある市町村ではタケノコの出荷自粛は継続されるが(2015年以降)、次年度から適正管理を実施している竹林については出荷できることとし、本研究の成果が活用された。

6. 地域の農業の良さを見直そう！

原発事故によって関東地域も広範囲に放射性物質の降下を受けた。しかし、原発事故以降、農家の方の懸命なる努力によって、今回の事故で放出された放射性物質は、作物へ移行しにくく、また農家の方の適正な農業管理方法の中に、放射性物質から作物を守る働きがあることがわかってきた。放射性物質による農業・環境問題は長期的な視点から冷静にとらえる必要がある。美しい日本の農地・農村を次の世代に伝えてくための地域の在り方について、みんなで考えることが大切であると感じている。

参考文献

小松崎将一・東達也・伊藤崇浩・八木岡敦、星野雅義、高橋是成、新村信雄・菊地賢治、(2012) 茨城および福島での竹林の放射能汚染の実態に関する調査、第13回日本有機農業学会、東京農工大学。
 中尾淳・山口紀子(2012) 放射性物質の土壌中での動き、最新農業技術『土壌施肥vol.4』、農文協。
 Hoshino, Y., Higashi, T., Ito, T., and Komatuzaki, M. 2015. Tillage can reduce the radiocesium contamination of soybean after the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant accident. Soil & Tillage Research 153 : 76-85.
 Niimura, N., K. Kikuchi, N. D. Tuyena, M. Komatsuzaki and Y. Motohashi, (2015) Physical properties, structure, and shape of radioactive Cs from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident derived from soil, bamboo and shiitake measurements. Journal of Environmental Radioactivity. 139: 234-23.

著者プロフィール

1987年 茨城大学農学部農業工学科 卒業、同年4月茨城県農地部勤務後、88年茨城大学助手農学部勤務。その後、筑波大学研究員、茨城大学助教授、ノースカロライナ州立大学客員助教授を経て、現在、茨城大学 教授 農学部附属フィールドサイエンス教育研究センター 副センター長。専門は、農業環境工学。博士(農学)。環境保全型の農業生産システム開発の教育と研究に従事し、1997年日本農作業学会学術奨励賞、2006年日本農作業学会学術賞、および2015年全国農場協議会教育賞を受賞している。

個人線量分布モデルの再考と 点減衰核法の一般化モデル式



熊澤 蕃*

1. はじめに

今は昔、ICRPの1977年勧告100項に“…委員会勧告の適用状況で、大きな職業グループ内の年線量当量の分布は約5 mSvの算術平均を持つ対数正規関数によく合い、限度に近い値は非常に少ない場合がほとんど…”という個人線量分布に関する記載がある。

ICRPのLochard副委員長は、NCRP 2015年会 第1回指定講演「放射線防護倫理」¹⁾で、“To seek for fair distribution of exposures”を防護原則の一つに位置付け、線量規準が個人線量に与える最適化の影響を示した(図1)。

この言及から判断し、参考レベル設定の公衆被ばくを含め、今も適正な個人線量分布の把握が重要というICRPの立場が窺える。

線量基準設定等で、高い線量ほど低減化される個人線量の分布はどう数量化されるかは、

旧日本原子力研究所で筆者らが研究を進め、FBNews前身²⁾で、その結果を紹介した。

ここでは、作業前予測線量 ΔX が大きいと、被ばく係数 ε に低減係数 ρ でフィードバックする機構を考へて $\varepsilon' = \varepsilon - \rho \Delta X$ と置き換えて、対数正規型増分 $\Delta X = \varepsilon X$ から被ばく低減型の線量増分 $\Delta X = \varepsilon X / (1 + \rho X)$ の式が導き出されること、また、被ばくを受ける場の線量率と滞在時間には不確実性があり、 ε はランダム量で、 ρ は代表値として、被ばく刺激のランダム量総和は $\sum \varepsilon_i = \sum \Delta \ln(X_i)$ に置き換えて $\sum \varepsilon_i = \sum \Delta \{ \rho X_i + \ln(\rho X_i) \}$ という統計的に変動する線量増加を与えることを報告した。

線量基準に近づくほど被ばく低減を強める状況では、ハイブリッド関数(混成関数) $\text{hyb}(\rho X) = \ln(\rho X) + \rho X$ の導入が不可欠である。この関数は、 ρ が小さいと $\text{hyb}(\rho X) \approx \ln(\rho X)$ 、逆に、大きいと $\text{hyb}(\rho X) \approx \rho X$ となり、対数から線形の関数に連続的に変化する。

本報告では、個人線量分布モデルの再考として、その源流から最近までの紹介を簡単に行うとともに、被ばく低減化の線量分布モデルとして導入したハイブリッド関数が、他分野を含め広く適用できることを、公衆の線量評価によく使われる点減衰核法又は点減衰核積分法等を例に挙げて紹介したい。

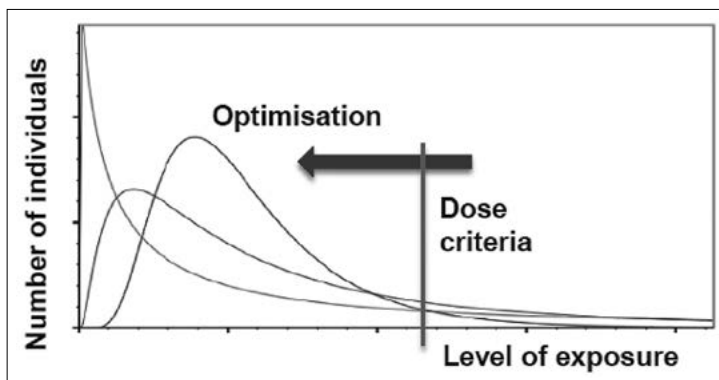


図1 線量規準の役割¹⁾: 個人線量分布の変化

* Shigeru KUMAZAWA NPO法人放射線安全フォーラム 理事

2. 線量分布モデルの再考

1965年、Gale³⁾は、線量基準の異なる1954年と1963年の英国原研の年線量集計を対数正規分布で解析し、線量基準150mSv/年(1954年)で27mSv以下、また、年基準低減移行期(1963年)で16mSv以下が対数正規関数に合うこと、これらの線量以上のプロット傾向は各線量基準による被ばく低減の影響を受け、下凸曲線傾向を示し、これらの分布傾向は正規分布に近いことを指摘した(図2)。

図2は、対数確率紙(横軸:線量の対数 $\ln(x)$ 、縦軸:その累積百分率 $100I(x)$ か標準正規分布シグマ目盛 Z)で、昇順データ ($\ln(x)$ 、 $100I(x)$)をプロットし、その直線性から対数正規関数フィットの良さを簡便に確認できる。

職業被ばくデータを各国から収集・評価した原子放射線に関する国連科学委員会1977年報告 附属書E「職業被ばく線量」も対数確率紙を用い、作業者の線量分布は対数正規関数に合うと結論した。ICRPは、1977年勧告で線量限度設定の拠り所の一つとして、この結論を100項で採用した。しかし、附属書Eを丁寧に読むと、米国原子力発電所の年線量分布は対数確率紙上で数10mSv以上で下凸曲線傾向が見られるとの指摘もあった。

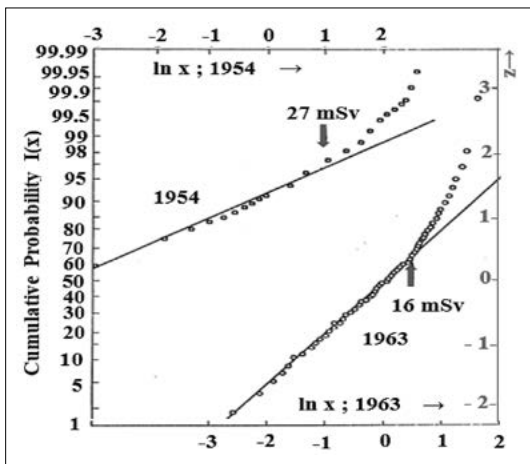


図2 英国原研の年ガンマ線量のデータ³⁾

この歪んだ対数正規分布の問題は、国連科学委員会1982年報告 附属書Hで言及され、「線量限度に近づく線量の管理が高線量を正規分布型に変えるため、混成正規/対数正規分布という熊澤・沼宮内提案で解析が可能になる」(段落20)、また、「混成対数正規分布は、将来線量を低減するフィードバック機能を分布パラメータに取り入れて対数正規分布から誘導しており、実測データによく合う」(段落32)と、その問題解決への道筋が示された。

混成対数正規分布は、米国環境保護庁における1960年連邦指針の改訂(職業防護、1987年レーガン大統領署名)のための基礎資料「米国職業被ばく報告書」の作成で、被ばく規制パラメータ(暦年、職業、性別、被ばく形態等の違い)を含む一貫した分布モデルと位置付けられ、適用する機会を得た。

その後、線量基準引下げと高線量の低減強化があり、また、線量に下限がある場合も考慮し、 $a < X < b$ とし、 $Z = (\text{hyb}[\rho(X-a)/(b-X)] - \mu) / \sigma$ が正規分布 $N(0, 1)$ に従うという線量分布モデル(付録*1参照)を発表した⁴⁾。これは日本の原子力発電所の線量分布によく合う。また、福島県の避難区域からの避難者では、線量 $X > a$ として $Z = (\text{hyb}[\rho(X-a)] - \mu) / \sigma$ が正規分布 $N(0, 1)$ に従うという調整も必要である⁵⁾。

しかし、高線量ほど被ばくを低減化する被ばく状況では、いずれの個人線量分布についても、ハイブリッド関数の導入が本質的に重要な役割を果たす。

混成対数正規分布に関する論文は複数あり、今後、適正な被ばく分布を検討する場合、被ばく低減式 $\Delta X = \varepsilon X / (1 + \rho X)$ も含めた利用を是非検討して頂きたいと思う。

付録*1 ハイブリッド S_B 分布の確率密度関数

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \frac{b-a}{(b-x)^2} \left(\rho + \frac{b-x}{x-a} \right) \cdot \exp \left[-\frac{(\text{hyb}[\rho(x-a)/(b-x)] - \mu)^2}{2\sigma^2} \right]$$

定義 $\text{hyb} \left[\rho \frac{(X-a)}{(b-X)} \right] \sim N(\mu, \sigma^2)$ or $X \sim \text{HSB}(a, b, \rho, \mu, \sigma^2)$

3. 点減衰核法とHybrid Scale Model

話題は少し変わるが、高線量の被ばく低減効果を「 $\text{hyb}(\rho X) = \rho X + \ln \rho X$ 」と定式化する方法は、公衆の線量評価に用いられる点減衰核法または点減衰核積分法においても適用可能な方法であることを以下に示す。

点減衰核法は、点線源から距離 R における線量率 \dot{D} を次式で与える：

$$\dot{D} = \frac{K \times S \times B}{4\pi} \frac{1}{R^2} e^{-\frac{R}{L}} \quad (1)$$

ここで、 K は線量換算係数、 S は線源強度、 B は線量ビルドアップ係数、 L は放射線の平均自由行程(mfp)である。

K , B は放射線エネルギーと R に依存するが、仮に一定と仮定し、式(1)の対数を取ると、次式のように整理できる。

$$\begin{aligned} \ln(\dot{D}) &= \ln\left(\frac{K \times S \times B}{4\pi}\right) - 2\left(\ln\frac{R}{2L} + \frac{R}{2L}\right) + 2\ln\frac{1}{2L} \\ &= \ln\left(\frac{K \times S \times B}{16\pi L^2}\right) - 2\text{hyb}\left(\frac{R}{2L}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

すなわち、点減衰核法の式(1)は、ハイブリッド関数の式で表現されることが示された。

これから、距離 R による線量率 \dot{D} を与える公衆の線量評価式は、TMI事故時への適用例⁴⁾に示すように、次のHybrid Scale Model(略称、HSモデル)で一般的に表現される。

$$\ln(\dot{D}) = a - \beta \text{hyb}(\rho R) \quad (3)$$

式(2)は $\beta = 2$ に固定しているのに対し、式(3)は β を任意の値に拡張している。式(3)は、 K , B の距離依存性(人体入射放射線特性の変化)等を $\beta \neq 2$ としてある程度吸収している(B は mfp 単位距離のべき乗展開式の表現が多い)。

JCO事故周辺地域での線量率データ⁶⁾に式(3)を当てはめると、($\text{hyb}(\rho R)$, $\ln(\dot{D})$)のプロットは直線傾向を示し、大半は95%予測区間にあり、HSモデルの適用性を示す(図3)。

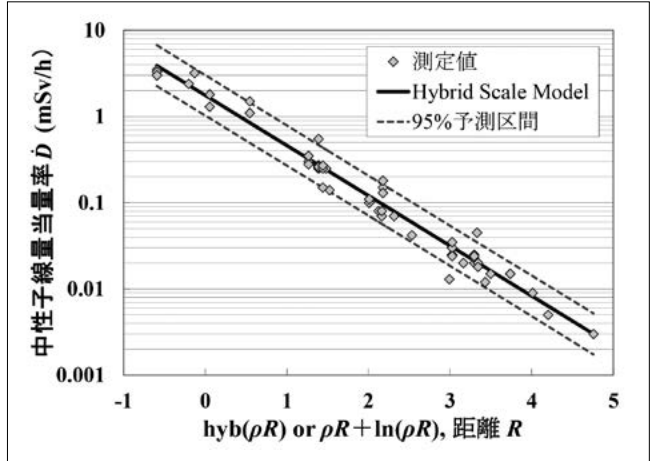


図3 JCO事故時の中性子線量当量率

推定値 $\rho = 0.00476$, $\beta = 1.339$ 、関係 $\rho = 1/\beta L$ から、中性子 mfp の実効値 L (事故地点-測定地点間の敷地内建屋・林・家屋等遮へい媒質を考慮している)は、約158mと推定される。 β 推定値(図の負直線勾配)に K , B に対する諸影響も寄与し、線量率 \dot{D} は、距離 R の逆 β 乗で減衰する、と解釈される： $(\ln(\dot{D}) \propto 1/R^\beta e^{-\beta \rho R})$ 。

線状線源の場合、線量率は $1/R$ で減衰する。国連科学委員会報告には、線量率減衰を $1/R^{1.2} \sim 1/R^{1.4}$ とする評価法がある。これに空気媒質の指数関数減衰を含めると式(3)が適用される。また、放射性雲からの公衆被ばく線量評価(点減衰核積分法)への適用例⁷⁾も含め、式(3)は公衆線量評価に一般的に適用できる。

スカイシャインによる公衆線量は、線源施設上方半球空気層との散乱線寄与を評価する。線源体内・建屋内遮へい、空気層散乱で放射線エネルギーと角度分布は変化し、線量評価地点では線源エネルギーによる線量換算係数は使えず、詳細なモンテカルロ法等の計算が必要になる。

1970年代、日本の専門家が1ヶ月間滞米し得たカンサス大のスカイシャイン線実験結果⁷⁾に式(3)を適用すると、図4の上図に示すように、きれいな直線プロット傾向が確認される。

線源はCo-60、天井の遮へい厚は21cmで、

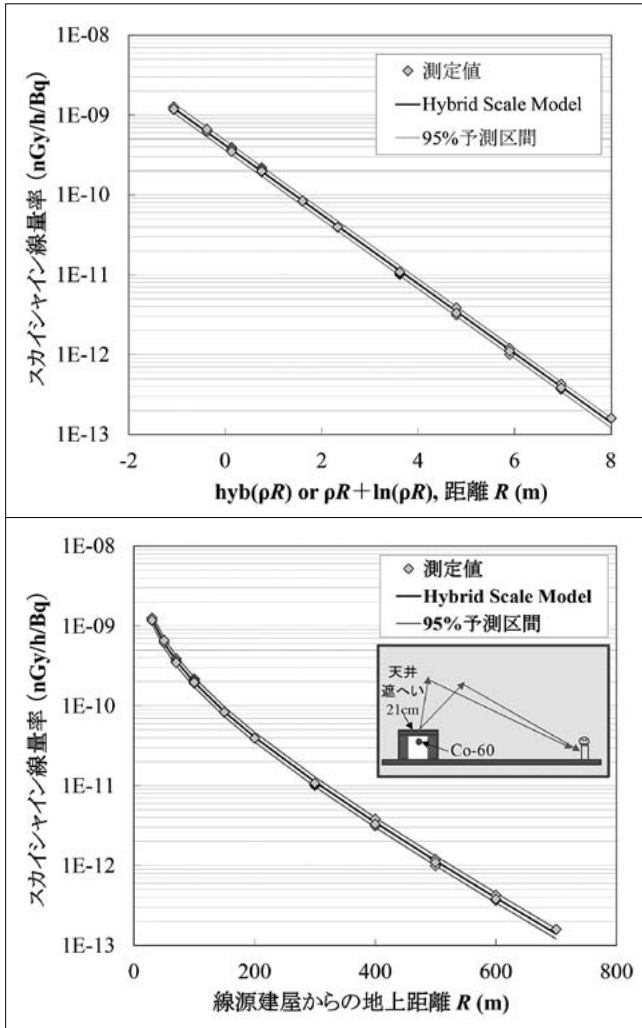


図4 カンサス大のスカイシャイン実験⁸⁾

地上1m高の測定値($\mu R/h/Ci$)は $1R \approx 10mGy$ として、単位(nGy/h/Bq)で図示してある。HSモデルフィットから、すべてのプロット点は95%予測区間に収まっている。上図で横軸 $<0 (R \ll \beta L)$ 、 $>0 (R \gg \beta L)$ は両対数グラフと片対数グラフであり、図の線量率直線グラフは、それぞれ、距離のべき関数減衰特性と指数関数減衰特性になる。この特性は式(3)のHSモデルで定式化される。これにより、JCO事故ならびにスカイシャイン線の線量率とも、HSモデルで距離減衰が簡便に表されている。

式(3)右辺の対数項は「 \dot{D} のべき関数項」、また、右辺の線形項は「 \dot{D} の指数関数項」が対応し、距離による \dot{D} 減衰は、「指数関数項」の方が「べき関数項」よりも小さいため、距離が大きくなるとハイブリッド関数 $hyb(\rho R)$ の性質から、 $\ln(\dot{D})$ を与える式(3)右辺の線形項が対数項に比べ優勢となり、線量率の低下が遅くなるように定式されている。

式(3)のHSモデルは、線源体系における評価点での線量率の複雑で詳細なモンテカルロ計算を行った際、その計算結果の妥当性を簡便に確認する手法としても活用可能である。

4. Hybrid-Hybrid Section Paper

物理量には加算(相加)的な作用と比率(相乗)的な作用があり、これらの変動量は、通常方眼紙、2種の片対数方眼紙または両対数方眼紙を用いて解析が行われる。比率(相乗)的な変動データは桁違いの変化になることがあり、対数目盛がよく使われる。

しかし、現象の変化を線形変動か対数変動かのいずれにすべきかと悩むことがある。この悩み解消法として、混成関数(hybrid function)を元に作成される混成目盛(hybrid scale)を縦軸 νY 、横軸 τX に用いて、

図5に示すhybrid-hybrid section paper(両混成方眼紙)を導入すると便利である。混成目盛は、図で、0.1以下が対数目盛、5程度以上が等間隔目盛、それ以外で混成目盛の特徴を示す。

図5は、右上隅領域に通常方眼紙、左上隅と右下隅領域に2種の片対数方眼紙、左下隅領域に両対数方眼紙、また、上中央と右中段領域に2種の片混成方眼紙(通常方眼紙と片対数方眼紙を連続接合)、下中央と左中段領域に2種類の混成-対数方眼紙(片対数方眼

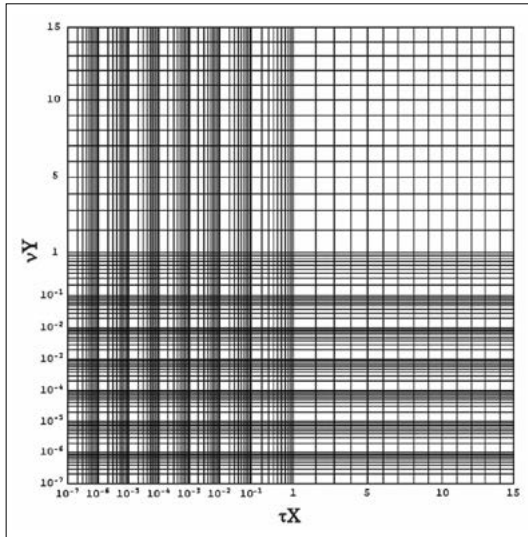


図5 hybrid-hybrid section paper

紙と両対数方眼紙を連続接合)、中央領域に両混成方眼紙(他の8種類の方眼紙を連続接合)の9種類の特徴が認識される。

混成対数正規分布に対する確率紙は、片混成方眼紙の利用、また、点減衰核法の一般式(3)のHSモデルは、対数混成方眼紙の利用を図っている。

このように、ハイブリッド関数は、被ばく低減効果を考慮して導入した確率分布「混成対数正規分布」の定式化だけでなく、点減衰核法から出発した式(3)のHSモデルなど、現象の記述をより広い視点から与える概念になっている。

近年、疫学調査において公衆個人線量分布の評価例が見られるが、図5の両混成方眼紙上のどの領域で確率分布を定式化すべきかを検討すれば、見通しは格段に改善され得る。また、複雑な現象を伴う生体の放射線影響が線量-反応関係として観察される場合や肩のある細胞生残曲線のモデル化にも、図5の利用が有効なことは一部確認している⁹⁾。

5. まとめ

被ばく低減管理のある年線量の確率分布に関する研究で導入した関数 $hyb(\rho X) = \rho X + \ln(\rho X)$ には、公衆の線量評価等に、普遍的な適用性があること、また、微分式 $\Delta X = \varepsilon X / (1 + \rho X)$ として、害の可能性ある確率刺激 ε からの曝露に伴うリスク増加 ΔX の合理的な管理方式を定式化しリスク抑制係数 ρ を適切に設定すると適正な被ばく分布が把握可能なことを、本報告で示した。

参考文献

- 1) Lochard, J.: "The Ethics of Radiological Protection," NCRP 2015 Annual Mtg, 17 March 2015 (http://www.ncrponline.org/News_Events/News_Events.html)
- 2) 熊澤蕃: フィルムバッジニュース, pp1-4, 135,2 (1988)
- 3) Gale, H.J.: AERE-R 4736 (1965)
- 4) Kumazawa, S. (2008): http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/43/004/43004022.pdf
- 5) Kumazawa, S. (2012): http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/anzen_kiban/outcome/Proceedings_for_Web/Topics_5-04.pdf
- 6) JOC臨界事故に対するサイクル機構の支援: p.180, JNC-TN8450-2003-009
- 7) JNES報告書, JNES/SAE07-070、解部報0070, pp4-37 (平成19年6月)
- 8) 木下郁男、植木紘太郎: pp282-292, ISSN 1340-4482 (2009)
- 9) 熊澤蕃: 科研費シンポ2011、生命科学と統計学、阪大シグマホール (2011.11.3-5)

著者プロフィール

1967-2000年日本原子力研究所、2000-03年原子力発電技術機構原子力安全解析所、2003-13年原子力安全基盤機構。2008-11年原子力安全委員会事務局技術参与。1981-84年米国環境保護庁放射線計画局外来専門家、1988-97年原子放射線の影響に関する国連科学委員会日本政府代表団科学アドバイザー。

待ったなしの温暖化対策とCOP-21への期待

元・原子力委員 町 末 男



深刻化する気候変動

人類の活動による温暖化ガス（主に炭酸ガス）の発生が急速に増え、それによる温度上昇と異常気象が人類を脅かしている。

国連気候変動枠組み条約締約国会議（COP）の第21回が11-12月にパリで開催される。このCOP-21は極めて重要な意味を持っている。温室効果ガス削減の初の国際的枠組みは日本でのCOP-3で採択された「京都議定書」であるが、先進国だけに削減を義務付けるものであったため、不公平などの批判がでて、アメリカは脱退した。現在最大の排出国である中国にも削減義務はなかった。

COP-21で採択を目指す「新たな国際枠組み」は、全ての国連加盟国が参加し、それぞれの国が削減目標を示すという画期的なものである。既に、EUは30年までに1990年比40%減、米国は25年までに05年度比26-28%減、日本は30年までに13年度比26%減、中国は30年までに05年比でGDP当たり60-65%減（削減排出量は不明）など46カ国が国連に提出している。

COP-21では、この目標達成を義務付けるのか、達成に向けて対策を実行する事を義務付けるのか、単なる努力目標とするのか、この点に関する途上国と先進国での意見の相違などを如何に調整し、効果的な方法の合意に導くかが大きな課題であろう。

日本の目標達成に原子力発電は不可欠

日本の「30年に13年度比26%減の目標」達成も容易ではない。それには原子力発電が不可欠である。政府の計画では、電力の20-22%まで原子力を減らし、再生エネルギーを22-24%に倍増する。

この原子力発電の目標を達成するのも容易

ではない。現在全て停止している、原発を原子力規制庁の許可を得た上で再稼働する事が不可欠である。現在、再稼働の目途がたっているのは、九州電力の川内発電所の2基、関電高浜の2基が原子力規制庁の許可と地元の了解を得て年内に再稼働の予定である。今後、より速やかに規制庁の審査が進み、他の原発の再稼働が順調に実現する事が不可欠である。

再生エネルギーの倍増

政府の計画は再生エネルギーを22-24%、現状から倍増する事にしている。これも容易ではない。政府が試算しているように、再生エネルギーの発電コストは最も高い。そのコストは結局国民に掛かって来る。太陽光発電は原発の2.4倍、風力は2.2倍である。

従ってそのコスト負担は、国民の生活費を圧迫し、また、企業体に掛かって生産コストを押し上げ、輸出力を弱める。

省エネルギーが重要

日本の省エネルギー技術は世界で最も進んでいる。これを今後、家庭、オフィス、企業などで更に進める、照明を100%LED化し、車はハイブリッドカーを大幅に増やす、住宅の高断熱化などを義務付ける、などである。

昨日ウィーンの友人からのメールによると、7月19日の気温が37度だという。筆者が暮らしていた90年代は高くても28度程度で冷房は不要だった。この異常な変化は温暖化と異常気象が世界に広まっている事を示しており、世界で協力した温暖化対策は待ったなしである。

(15年7月20日遺稿)

町末男氏は、2015年8月15日に急逝されました。心よりご冥福をお祈りいたします。

単位「Sv」が表すもの



黒澤 忠弘*

1. はじめに

2011年3月の東日本大震災で引き起こされた原子力発電所の事故により、放射性物質が広範囲に拡散し、人々の生活に大きく影響を与えた。食品や水道水中の放射能濃度は〇〇“Bq/kg”といった値や、今日の△△市役所駐車場の空間線量は□□ μ Sv/hだったなど、今まで身近になかった放射能、放射線に関する単位が一般に使われるようになった。特に“Sv”はややこしく、定義上異なる量なのに同じ単位が用いられている。従って測定器が示す“Sv”もまた、異なる意味を表すものがある。これらのことが原因で、測定結果を誤って理解したり、異なる意味のSvを同じであると考え、その数値を比較したりしている場面を見ることが多くなった。

本稿では“Sv”によって表される量について解説し、それらの関係について整理したいと思う。

2. 様々な意味を持つ“Sv”

はじめの部分でも述べたが、Svといっても

異なる意味を持つものがいくつもある。図1にこれらの関係について整理してみた。まず定義から大きく2つに分けられる。一つは、「年間の全身への被ばく線量を〇〇mSv以下とする」といった制限量を示すものである。例えば、通常時の放射線業務従事者は、全身への被ばくを年間で平均20mSv以下となるよう法令で定められている。このような被ばく限度を表す際に用いられる量のことを「防護量」と呼ぶことが多い。この防護量の中にも、いくつか異なる意味を持つ量がある。一つは「実効線量」と呼ばれるもので全身の被ばく量を表すもの、また「等価線量」と呼ばれる体の一部の組織に注目して、その組織の平均吸収線量に放射線荷重係数を掛けて実質的な被ばく線量を表したものである。次節で詳しく解説するが、これら防護量としての“Sv”はあくまで評価量であるため、実測することは不可能である。そこで導入されたのが、測定可能な量としての“Sv”である。この測定可能な量は通常「実用量」と呼ばれ、サーベイメータなどの線量計はこの実用量を示すように作られている。この実用量であるが、対象によって大きく2つに分けられる。一つは、ある場所の線量を評価するために用いる「周辺線量当量」および「方向性線量当

* Tadahiro KUROSAWA 国立研究開発法人産業技術総合研究所 分析計測標準研究部門 主任研究員

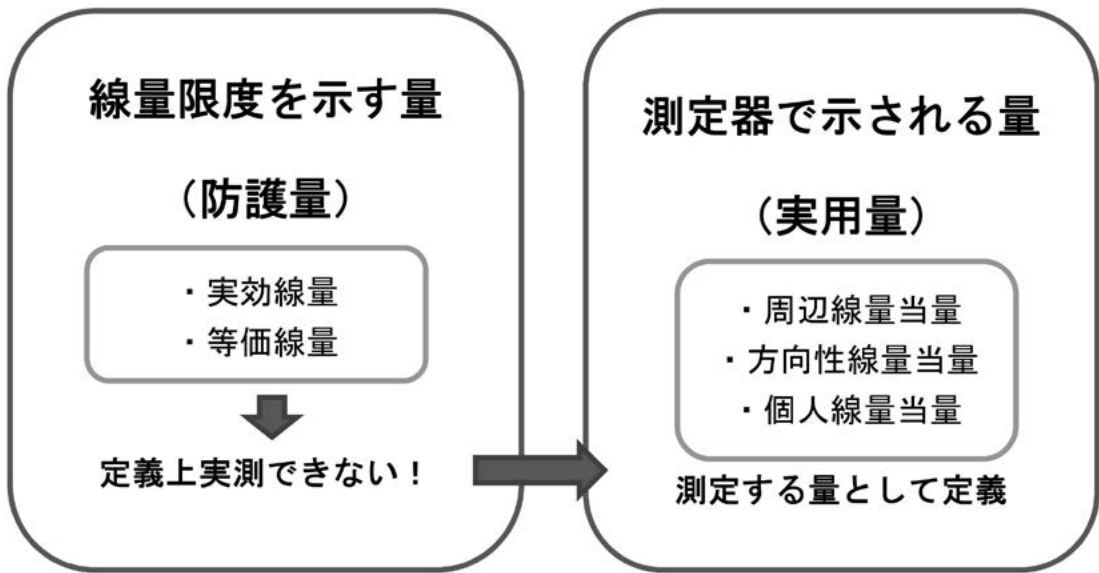


図1 Svが表す様々な量の分類

量」と呼ばれるものと、人が被ばくした放射線の量を評価するために用いる「個人線量当量」がある。これらの値について次節で解説したい。

3. それぞれの値の意味

3.1 規制に関係する値 (防護量)

前述したように、防護量は大きく2つに分けられる。一つは全身の被ばくに対して用いる「実効線量」、もう一つは体のある特定の組織(臓器)に対して用いる「等価線量」である。

○等価線量

等価線量は、人体のある特定の組織・臓器に対して与えられる線量である。γ線など放射線が人体を通過すると、その一部が体内の原子と反応を起こしてエネルギーが吸収される。放射線の被ばくによって組織が吸収したエネルギーを、肝臓や胃、皮膚などそれぞ

れの組織ごとに分けて求めたものが組織吸収線量である。組織によって大きさが異なることから、吸収したエネルギー(J)を組織の質量(kg)で割って、単位質量当りの吸収エネルギー(J/kg)で表される。さらに、同じ組織吸収線量でも放射線の種類によって健康影響が異なるため、放射線の種類によって重み付けをする。これを放射線加重係数と呼ぶ。この組織吸収線量に放射線加重係数をかけたものが、等価線量である。γ線などの光子やβ線は、放射線加重係数が1であるため、組織吸収線量の値が、等価線量(Sv)となる。等価線量として線量限度が示されているのは、皮膚と眼の水晶体および妊娠中の女子の腹部である。特に、皮膚や目の水晶体では、対象となる厚さが限られているため、放射線の種類や特性によって、組織の吸収エネルギーが大きく変化する。透過力の弱い軟X線やβ線は、体の皮膚付近で止まってしまい内部の臓器まで到達しない。このような放射線については、皮膚の線量に着目して被ば

く線量を管理することになる。

○実効線量

実効線量 (S_v) は、体全体の被ばく線量を評価するために用いられる値である。前述した各組織・臓器の等価線量に、組織加重係数というファクターを掛け、これをすべて足し合わせたものが実効線量となる。組織加重係数は、同じ等価線量でも臓器によってがんになるリスクが異なることを考慮して評価されている。

等価線量、実効線量は、各組織・臓器が吸収したエネルギー量が基となっているが、様々な評価係数が含まれているため、これを直接測定することは不可能である。また同じ放射線量の場所でも、体格の違いによる各個人の等価線量、実効線量が異なることも想像できる。そこで、直接等価線量や実効線量は測定できないが、それに近い測定可能な量を基に被ばく線量を管理していこうと導入されたのが次に述べる、機器で測定することが可能な量（実用量）である。

3.2 機器で測定される量（実用量）

放射線による被ばく量を管理するためには、どの場所にどれくらいの放射線量があるのか知っておく必要がある。放射線を取扱う施設では、作業に従事する場の放射線量を把握することは重要である。もし線量の高い場所があれば、むやみに立ち入らないように柵などで囲み注意を促したり、時には放射線量を下げのために部分的に遮蔽材を置いたりして被ばく線量を低減させる策を講じる。一方、個人の被ばく線量はどの程度かを知るには、場の放射線量の情報だけでは評価が非常に難しい。なぜなら、各個人によって行動パターンが異なるからである。そこで各個人に線量

計を付けてもらい、その人自身の被ばく線量を推定するために用いられているのが個人線量計である。

1) 場の線量（周辺線量当量、方向性線量当量）

場の放射線量を示す値として用いられているのが、周辺線量当量 (S_v)、方向性線量当量 (S_v) である。両者とも場の線量を示すものであるが、周辺線量当量は透過力の強い γ 線などに対して、また方向性線量当量は透過力の弱い β 線などに対して測定する量である。周辺線量当量は、直径が 30cm の球形状の人体等価ファントム（人体の軟組織〔骨、肺を除く組織〕に近い元素組成を持つ物質）に放射線が平行に一樣に入射したとき、入射方向にある特定深さ d (mm) での吸収エネルギーで表され、全身の被ばくに対応する場合には 1 cm の深さの値 ($H^*(10)$) が使われる。 $H^*(10)$ は、その場の空間線量を表す量として用いられ、放射線がやってくる方向には依存しない値である。一方、方向性線量当量は、軟 X 線や β 線などによる皮膚や目の水晶体の被ばく管理に使われるもので、ICRU 球の放射線の入射方向に対して一定角度 Ω だけ傾いた半径方向深さ d の位置における線量で、 $H'(d, \Omega)$ で表される。（詳しくは、脚注参照）直接的ではないが、周辺線量当量は防護量である実効線量に、また方向性線量当量は目の水晶体や皮膚の等価線量に関連付けすることができる。一般に作業環境など場の線量を測定するサーベイメータなどは、この周辺線量当量を測定できるように設計されている。特に周辺線量当量は、放射線がやってくる方向に依存せず、測定を実施した場の空間線量を与えるものとして定義されていることに注意が必要である。

2) 個人の線量 (個人線量当量)

一人一人の被ばく線量がどれくらいになるかを知るために用いられるのが個人線量当量 (Sv) で、線量計は体の表面に装着して使用する。個人線量当量も放射線の透過力に関連して、全身の被ばく線量を考えるHp(10)と呼ばれるものと、皮膚の等価線量に対応するHp(0.07)がある。ここでは、個人線量当量としてHp(10)に限定して話を進める。個人線量計と呼ばれるガラスバッジや電子式個人線量計は、使用状況に合わせて個人線量当量を測定できるように設計されている。線量計の指示値が正しく値を示すように校正を行うが、この際には体幹部を模擬した水やアクリルで作られたスラブファントムの表面に線量計を設置した状態で行う。またその定義から、同じγ線の量であっても、放射線の入射する方向によって個人線量当量が変わる。(通常、90度など横方向から入射した場合は、個人線量当量は小さくなる) 個人線量計もそれにならって指示値が出るように設計されている。このように、同じSvを示す機器でも、異なるものを計測していることに注意していただきたい。

4. 原発事故後の各“Sv”の関係性

ここでは原発事故後の状況下で、議論や測定値として使われているSvの関係について整理したい。国によって追加被ばく線量の目標値が示されているが、これは防護量である実効線量についてである。しかし実効線量は前述したように定義に合わせて測定することができない。そこで実効線量に対応する測定

量である周辺線量当量および個人線量当量の関係について様々な研究が進められている。ここでは事故後、放射性物質が拡散し広く一面に分布している状況において、それぞれの値の関係がどうなっているのかまとめる。

4.1 地面に分布した線源に対する実効線量

実効線量は実測ができないと述べたが、人体を模擬したファントムを使って計算によって評価をすることができる。これらの比較を行う際に、その場所の放射線の物理量を表す空気カーマ (Gy) と呼ばれる値に対する、実効線量への換算係数が一つの指標となる。ICRP¹⁾によって、正面や背面、周囲から均等に入射するなど様々な入射方向に対する実効線量への換算係数が計算されている。一方、国内でも事故後の状況に対して実効線量がどうなるかシミュレーションによって評価がされた²⁾。成人に対する実効線量への換算係数は、2)の文献から土壌の表層0.5g/cm²中にCs-137が分布していると仮定した場合、0.74 (Sv/Gy) であると示されている。一方ICRPでもそれに近い値として、人体に対して周囲360°から入射した場合に、換算係数として0.7 (Sv/Gy) が与えられてる。このことから、周囲360°照射の条件が、実際の事故後の状況を近似していることが分かった。また、ここで注意が必要なことは、通常使用されるサーベイメータが表示する値はICRUが定義した周辺線量当量 (H*(10)) で校正されていることである。この周辺線量当量と実効線量との関係性についても研究がなされ^{2),3)}、福島の場合は周辺線量当量へ0.6~0.7を掛けると実効線量に近い値が得られると示されている。

4.2 個人線量計の値と実効線量の関係

個人線量計が示す値と実効線量の関係性についても調査が行われている^{3),4)}。これらの結果から、成人に対して個人線量計の指示値と、前述したICRPで示されている周囲360°から入射した場合の実効線量がほぼ同等の値であることが示された。すなわち、個人線量計の示す値は、福島の様にも前後左右からの入射がある場合には、人体による自己遮蔽効果が含まれる結果、ほぼ測定値そのまま実際の実効線量を推定していると考えられる。ただしこれは成人に対しての結果であり、2)、5)、6)の文献でも示しているが、年齢の小さい子供や乳児については別途評価法を用いる必要がある。ともあれ、個人線量計により求められた測定値は、防護量である実効線量に極めて近い値であることが示されており、福島の様にも広範囲で多数の人々が被ばくした実効線量をきちんと評価するには、正しく校正された個人線量計の活用がより一層期待される。

5. まとめ

詳細についてまで説明できなかつたが、様々な意味で“Sv”という単位が用いられていることがお分かりいただけたかと思う。測定器だけ考えても、目的とする線量を測定するためにはそれに対応した機器を選定し、またそれらを正しく使用することが重要である。原発事故後の状況に対して、被ばく線量に関する様々な研究がなされ、今も続いている。これらの知見も活用することによって、より正確な線量計測、管理が進められると考えられる。

参考文献

- 1) International Commission on Radiological Protection (ICRP) . Conversion coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. ICRP Publication 74 (1996)
- 2) 土壌に分布した放射性セシウムによる外部被ばく線量換算係数の計算、佐藤大樹他、JAEA-Research 2014-017
- 3) 東京電力(株)福島第一原子力発電所事故に係る個人線量の特性に関する調査、(独)放射線医学総合研究所、(独)日本原子力研究開発機構、NIRS-M-270
- 4) 平山 英夫、“EGS 5による地表に広く分布した¹³⁴Cs及び¹³⁷Csの環境下における個人被曝線量の評価”、RADIOISOTOPES, Vol.62, No.6 (2013) 335-345.
- 5) 「東京電力(株)福島第一原子力発電所事故に係る個人線量の特性に関する調査」の追加調査－児童に対する個人線量の推計手法等に関する報告書、(独)放射線医学総合研究所、(独)日本原子力研究開発機構、NIRS-M-276
- 6) 放射線工学部会線量概念検討ワーキンググループ、“特集 放射線防護に用いられる線量概念”、日本原子力学会誌、2013年2月号

著者プロフィール

1995年 東北大学工学部原子核工学科卒業。
 2000年 東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻博士課程修了。工学博士。
 2000年 工業技術院電子技術総合研究所入所。
 2001年組織変更に伴い、独立行政法人産業技術総合研究所となる。γ線、X線の線量標準の開発、供給に従事。



町末男先生を偲んで



弊社の名誉顧問を務めていただいております町末男先生が平成27年8月15日に享年81歳でご逝去されました。ここに謹んでお知らせ申し上げますと共に町先生のご冥福を心よりお祈りいたします。

町先生には、長年に亘りFBNews誌に毎号コラムの執筆をいただいております。

その回数は2005年12月号(No.348)から数え113回にもなります。常に海外を飛び回っていた町先生は、出張先のホテルから執筆原稿を送ってくださったり、飛行機の中で原稿の校正をしてくださったりと、毎号、頭が下がる思いで原稿の編集をさせていただきました。あふれ出る程の話題をお持ちでいらした町先生には、まだまだ本誌に執筆いただきたかったと思います。約10年間、ご寄稿いただきましたことに感謝申し上げます。

読者の中には毎号楽しみにされていた方もい

らっしゃったのではないかと思います。今月号のコラムが最後で遺稿となりました。

町先生は、1963年に日本原子力研究所(現・日本原子力研究開発機構)へ入所。その後、日本原子力研究所 高崎研究所所長兼開発部長等を経て、1991年～2000年国際原子力機関(IAEA)原子力科学・応用局担当事務次長、2000年～2003年日本原子力産業会議常務理事、2004年～2007年原子力委員会委員、また、FNCA〈アジア原子力協力フォーラム〉日本コーディネーター、文部科学省参与、原子力機構シニアアドバイザー等を歴任されました。

2008年には“秋の叙勲・褒章”で「瑞宝中綬章」を受章されております。

日本の原子力業界に大きな功績を残された町先生のご逝去はとて残念でなりません。

重ねて哀悼の意を表し、ご冥福をお祈り申し上げます。

(FBNews編集委員会)

編集後記

●1964年7月の閣議決定により、毎年10月26日が日本の「原子力の日」に制定されました。これは、1956年のこの日に日本が国際原子力機関(IAEA)に参加したこと、1963年のこの日に東海村の日本原子力研究所の動力試験炉が国内で初めて原子力発電に成功したことによります。本FBNewsでも毎年10月号には、原子力に造詣の深い方々から「原子力の日」に思う事柄についてご執筆戴いており、今年は、先日まで日本原子力学会会長を務めておられた藤田玲子先生から原稿を頂戴することが出来ました。

●藤田先生は、敢えて“原子力ムラ”という言葉を使われ、人々の間で静かに原子力離れが進行していることに警鐘を鳴らされると共に、その原因となっているのではないかとされる幾つかの状況に言及されています。こうした苦言が、これからの日本の原子力をより良くする薬

となるかは、ひとえに、これを読まれた方の受け止め次第でしょうか。具体的な提案もありますので、活かして戴ければと思います。

●茨城大学の小松崎将一先生からは、福島第一発電所の事故以降に実施された農業関連の諸試験について情報提供戴きました。個々の生産プロセスの健全性が、こうした実証により、これからも確認されていくことを希望します。

●NPO法人放射線安全フォーラムの熊澤蕃先生より、個人線量分布モデルの流れと最近導入された考え方についてご紹介戴きました。そして、産業技術総合研究所の黒澤忠弘先生に、単位「Sv」が表すものについて解説戴きました。雰囲気は異なるけれど、共に、福島における「線量」というものを捕まえる上で、大事な内容と感じました。(加藤毅彦)

FBNews No.466

発行日/平成27年10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ロ 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/株式会社テクノロサポートシステム

—禁無断転載— 定価400円(本体371円)