



Photo S. Matsumoto

Index

迎春のごあいさつ	細田 敏和	1
福島第一原子力発電所事故によって人為的に高められた空間線量率の経時変動	床次 眞司、細田 正洋	2
放射線発がんの線量率依存性 － 放射線防護の視点から －	田ノ岡 宏	7
揺るがぬポーランド原子力発電計画	町 末男	12
放射線量等分布マップ作成の経過と現状	中村 尚司	13
平成23年度原子力安全技術センター講習スケジュール		17
マンモ QC・測定サービスで、新たに“W/Rh”が追加されました		17
「第12回放射線遮蔽国際会議」のご案内		18
[サービス部門からのお願い] ガラスバッジを汚損・破損してしまったときの測定依頼方法		19



迎春の

ごあいさつ



株式会社 **千代田テクノル**

代表取締役社長 細田 敏和

————— 復興に向けて —————

謹んで新年のご挨拶を申し上げます。

昨年は有史以来最大規模と言われる東日本大震災に見舞われました。

被災を受けられた皆様方の一日も早い復旧と復興を祈念しております。

茨城県大洗町に位置する弊社ラディエーションモニタリングセンターも被災いたしました。被災の程度も幸い少なく、一週間程度で業務を再開することができました。これもひとえに大洗町や町民の皆様のご支援によるものと感謝申し上げます。

福島第一原子力発電所の事故を受け、昨年夏以降弊社には福島県内の多くの市町村から一般市民（主に15歳以下の幼児・生徒）への放射線被ばく線量測定に対する強い要請がありました。弊社では、福島県各市町村や県内の一般市民の思い、さらには弊社の社会的使命等に鑑み、一般市民の放射線被ばく線量測定に協力することとし、特別な体制を構築し実施してまいりました。今後も可能な限りの協力をさせていただき所存です。

一方、弊社は我が国の計量標準供給制度（JCSS）の校正事業者として登録されています。ご案内のように測定器は定期的に校正することが肝要です。この分野でも弊社は社会に貢献してまいります。

今後、FBNews では福島第一原子力発電所事故に関する記事や放射線防護全般に関わる記事も掲載してまいります。

本年もこれまで同様、放射線安全管理総合情報誌として恥じないよう努力してまいります。皆様方のご指導ご支援を賜りますようお願い申し上げます。

取締役副社長
常務取締役
取締役
取締役
取締役
取締役
取締役
取締役
監査役

黒川 英明
竹内 宣博
佐々木行忠
山口 和彦
松田 芳典
安川 弘則
畑崎 成昭
今井 盟
本圖 和夫

下記の記事につきましては、著作権等の都合により割愛しておりますのでご了承ください。
本誌印刷版をご覧ください。

「福島第一原子力発電所事故によって
人為的に高められた空間線量率の経時変動」

放射線発がんの線量率依存性

— 放射線防護の視点から —



田ノ岡 宏*

1. はじめに

現在、原爆データが放射線防護のための基礎データとして用いられている。しかし、原爆データは超高線量率で得られたものであるので、環境レベルの低線量率の場合の健康影響推定に直接当てはめるには無理がある。ICRPはこの軽減係数として2～3程度を勧告している。しかしこれでは、今回のわが国の原子炉事故のように環境中に増加した放射能の健康影響を評価する時には、リスクの過剰見積もりを生じる。結論から先に言うと、この軽減係数は線量率が下がるほどはるかに大きくなり、10以上、さらに環境レベルでは100にも達するというのが本報の主旨である。

2. 人が被ばくする時の線量率の範囲

放射線被ばくにはいろいろの場合が想定される。原爆は瞬時全身被ばくで極端な例と言えよう。線量率の単位を Gy/min で表現すると、原爆放射線の放出時間が 1 μsec として、生存者の発がんに関わる原爆線量率は 10⁷ Gy/min に達する。一方、環境放射線の線量率は 10⁻⁹ Gy/min ほどなので、その差は 10¹⁶ 倍にもなる。この間の線量率域に、日常用いられる放射線、医用放射線、あるいは環境放射線が増大した場合などが含まれる (図1)。この広大な

幅の線量率に対して発がんリスクがどのように変化するのであろうか。シーベルトという単位で表わされている量は異なった種類の放射線の生物効果を表現できるように工夫されたものであるが、異なった線量率の放射線の効果を表現するには無力である。

同じ放射線量に対しても、線量率によって効果が違ってくるということは、身近な例えで言うと、酒の一气飲みと、毎晩にわけてちびちび飲む晩酌とを比べればわかると、いつか日経新聞に書かれていた。放射線と酒を一緒に論じるのもどうかと思うが、しかしよく考えてみると、放射線の害だけでなく、ほかの化学物質の害を統一して表現できるようになることが理想である。DNA 損傷量でまとめてはという考えもあった。このような試みは過去に rec (radiation equivalent chemical) というような考えで提唱されたことがあったが、いまだに成功していない。

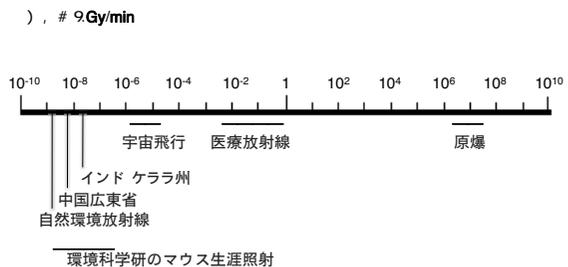


図1 人が受ける放射線の線量率の範囲

* Hiroshi TANOOKA NPO 法人放射線安全フォーラム 顧問

3. 放射線発がんにおける 線量－効果関係と Non tumor dose

放射線によるマウス白血病誘発の線量－効果関係をまず求め、線量率を下げると発がん率が下がることを初めて見たのは Upton らであった。わが国では阪大の野村らの実験が知られている。放射線の線量の増加に応じて生物効果をきちんと表現できるというのが放射線生物学の強みである。しかしながら、人のがんについてこの線量－効果関係を調べた報告は極めて少ない。もっともよく知られているのが、広島・長崎の原爆のデータである。原爆の場合に、熱放射線による火傷などを除いて、生存者の後遺症の中で最も早く高頻度で出現するのは白血病である。白血病の場合は、標的臓器も、がん化細胞の性質もはっきりしているため、最も信頼のできるデータが得られている。その線量－効果関係をよく見ると、200ミリシーベルト（原著では mGy）まではがんリスクの増加は認められず、むしろ途中で低下している（表1）。このことは放射線のがんリスクを論じる上で原点となるべきことであって、わが国の原発事故のあと心配感が覆っている社会に対してまず発信されるべき事実である。この表を見て、人は安心したり心配したりする時の

判断の根拠とするであろう。

最近では固形がんのデータがよく引用される。しかし固形がんは、胃がん、肺がん、肝がんなど異なった標的臓器に生じたものを総称したもので、厳密には各々の臓器について論じられるべきものであろう。データが新しいこともあって、このデータを基に LNT モデルに当てはめて、リスクを推定すると、100ミリシーベルトで0.5%リスク上昇というような値が得られ、ICRP がこれはあくまで放射線防護の尺度であることわっているにもかかわらず、あたかも実測値であるように受け止められている。また調査対象の数を増やせば、リスクの存在が発見できるであろうということも言われるが、これはどんな低線量でもリスクは存在するというモデルに基づいた思い込みであって、モデルの束縛から逃れられないという論理的自己矛盾を含んでいる。今は、200ミリシーベルト以下では最も危険な白血病は見られなかった、という事実をまず発信すべきであろう。

ここで、原爆白血病で見られたように、がんを生じない線量の上限という意味で、Non tumor dose というものを定義しておこう。すなわち、統計的に有意の差でがんリスクの上昇が認められない最高線量を Non tumor dose (D_m) と定義する。発がんの

線量－効果関係について、がんが出るか出ないかの低線量域できちんと調べた報告は案外少なく、検索した限りでは、人では原爆（全身瞬時被ばく）、ラジウム塗布作業員（部分長期被ばく）、トロトラスト注入患者（部分長期被ばく）、放射線治療後の二次発がん（部分中線量率被ばく）のデータの4件しかない。ほかに無数と言ってよい報告があるが、これらは単にがんが増

表1 原爆放射線量と白血病死亡リスクとの関係
非被ばく群と比べた相対リスクを線量毎に下段に示した。

放射線量 ミリグレイ						
10-50	60-90	100-190	200-490	500-990	1000-1900	2000-
白血病死亡リスク						
0.99	0.61	1.08	1.79	4.15	8.01	18.57

Shimizu, Kato & Schull, Radiat. Res. 121, 120, 1990.

えた、減ったというものが殆どである。実験動物についての発がん線量-効果関係はイヌ、ラット、マウス、などについてかなりの数の報告がある。それでも、低線量域でがんの出ない線量から出る線量にかけて示したものに絞れば、約50篇しかない。各々について放射線発がんの線量-効果曲線を見ると、その形は線量率によって様々に変化する。放射線発がんは、確定的影響でなくて確率的影響であるというようなことが言われるが、そうではない。線量率によって確定的影響にも確率的影響にもなる。線量率が低い場合、部分被ばくの場合には発がんの線量-効果関係は直線から外れて、しきい値型に近くなる。

この線量-効果曲線を厳密に分析するためには、各々の動物についてそれぞれの種類のがんについて分析したいのであるが、そうすると例数が少なくなるので、全体の様子を見るために、人も実験動物も、また種々のがんも一緒にまとめて解析した。まず、照射条件によって全体を分ける。すなわち、デー

タを、全身照射か部分照射かの別、高 LET と低 LET の別に分けた。この各々について Non tumor dose を読み取る (図 2)。線量率については、外部照射の場合ははっきりしているが、内部照射の場合は減衰を考慮して平均線量率を求める。この際多少の不確定性はあるが、結果としては対数で表すので大した誤差とはならない。この線量率と Non tumor dose の関係を、広い線量率域にまたがって両対数目盛りグラフの上にプロットして一覧図を求めた (図 3)。さて、この図をにらんで何がわかるか。

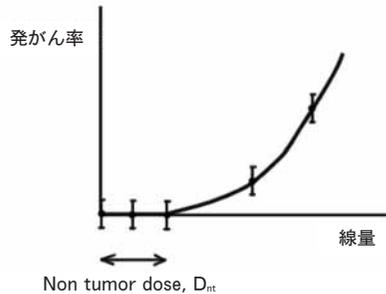


図 2 放射線発がんの線量-効果曲線から Non tumor dose を読み取る

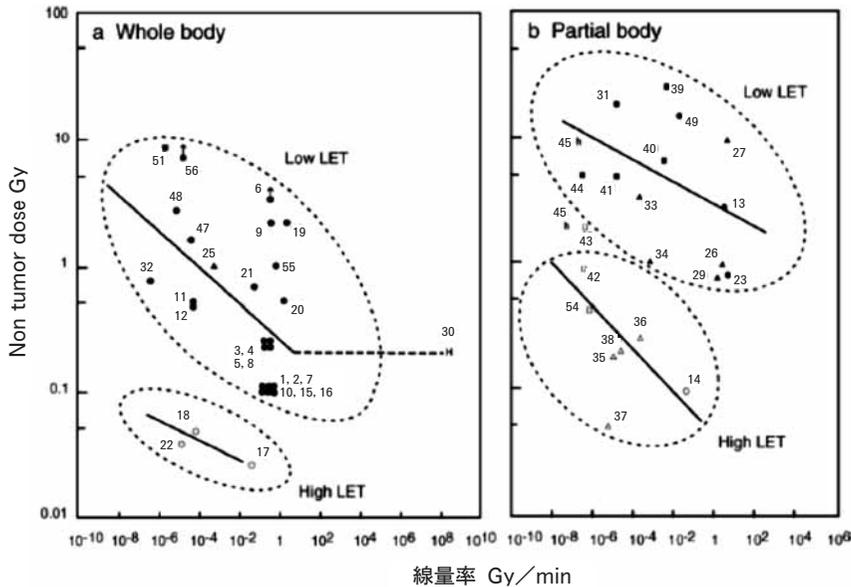


図 3 Non tumor dose と線量率との関係。
 a. 全身被ばく。b. 部分被ばく マウス(●, ○)、ラット(▲, △)、イヌ(■, □)、ヒト(h, H)。個々の点に付した数字は引用した論文の番号 (Tanooka 2011参照)。

4. 線量率と Non tumor dose との関係から見た放射線がんリスクの線量率依存性

図3 a は全身照射の場合を示すが、その右端、横軸線量率 10^8 Gy/min に飛び離れてプロットされてあるのは、原爆白血病の Non tumor dose 200 mGy である。これに相当する実験動物のデータとしてビキニ原爆実験で観察されたマウス白血病は200 mGy で発がんが見られているので、人の方が発がんしにくいことが示唆される。線量率 1 Gy/min 付近ではオークリッジ研究所の Ullrich らのデータが抜群に多く、Non tumor dose として100 mGy の点が多く得られている。また、 $1 - 10^8$ Gy/min の線量率域では Non tumor dose は100 - 200 mGy で一定であると見られる。線量率が 1 Gy/min あるいはそれより少し下は通常の照射実験、また医療放射線の領域である。さらに二桁三桁低い線量率は高濃度の内部被ばくや、宇宙飛行士の宇宙線被ばくの領域に入る。このように線量率が低くなると、それに応じて Non tumor dose が大きくなる。左端の最低線量率は自然放射線環境における 10^{-9} Gy/min であるが、ここでは当然のことながら実験データはない。ちなみに、過去において自然放射線を遮蔽した発がん実験も試みられた。しかし、ここは放射線ホルミシスの領域になる。図3で得られた線量率と Non tumor dose の関係をまとめて回帰直線を引くと、線量率に対する Non tumor dose を読み取ることができる。さらに図3では、高 LET でも低い

線量率では線量率効果があることが示されている。このことは今までの通念に反するが、濃度を変えたラドンをラットに吸入させたフランスの Monchaux らの実験によって、アルファ線の線量率効果が明瞭に示されている。

一方、図3 b は部分照射の場合である。がんの治療やCT診断のように身体の一部を照射した場合、あるいは体内のある特定の臓器に放射性核種が沈着した場合に相当する。全身照射に比べて、部分照射では Non tumor dose のレベルが10倍程度高くなっている。すなわち、部分照射ではそれだけがんが起こりにくい。Kaplan らの有名な実験では、身体の一部を遮蔽することによってマウスの白血病誘発率は激減する。

以上、得られたデータを総括して各々の照射条件に対して求められた Non tumor dose と線量率関係の回帰直線を、一つの図にまとめた(図4)。すなわち、全身照射について

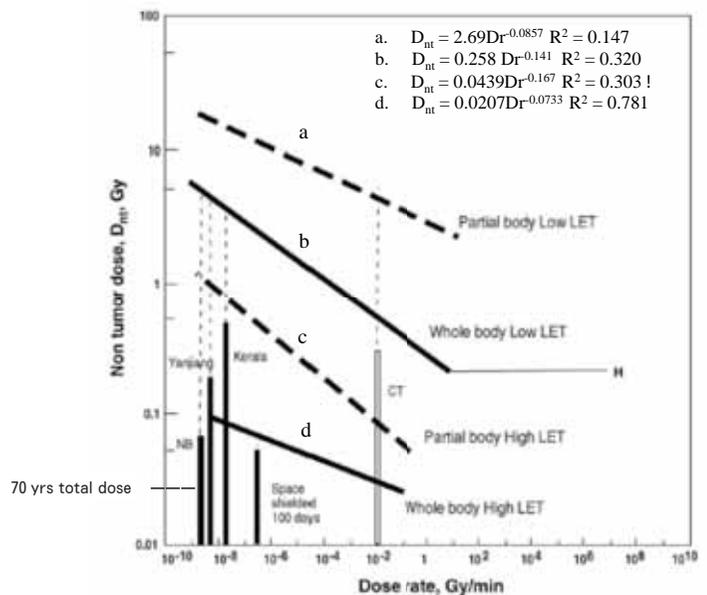


図4 Non tumor dose と線量率の関係を表した Regression line を四つの場合について比較した。さらに自然放射線の高い地域における生涯被ばく線量(70年)、および宇宙飛行100日、CT検査の被ばく線量をそれぞれの場合の Non tumor dose を比較した。

て低 LET と高 LET、部分照射について低 LET と高 LET について示した。いずれの場合についても、線量率が低くなればそれに応じて Non tumor dose が高くなることが示されている。言い換えれば、線量率が低くなるほどがんリスクが少なくなる、ことがわかる。この図を逆に応用して、各々の線量率についてがんリスクを推定することができる。低い線量率から見れば、自然放射線レベルが3倍高い中国広東省、7倍高いインドケララ州の生涯総被ばく線量は、その土地の線量率に対応する Non tumor dose に比べて遥かに低い。これは、自然放射線が十倍近く高くなってもがんリスクに変化がないという報告に対応して、わが国における原発事故の後のがんリスク推定に重要な示唆を与える。しかし、宇宙飛行士の場合は、高 LET 全身被ばくとみなすと十分な遮蔽なしではがんリスク線量に近くなる。一方、CT 検査は低 LET 部分被ばくに相当するので、被ばく線量は Non tumor dose よりはるかに低い。

5. 放射線防護の視点から

以上に見られた線量率依存性を放射線防護の視点から見ることにする。ICRP の考えでは線量率効果を低く見積もっていて、せいぜい2-3程度のリスク軽減係数しか見ていない。また全身被ばく、部分被ばくの別も明瞭に示されていない。しかし、本報で紹介した解析ではリスク軽減係数は10-100に達し、全身被ばく部分被ばくの差を考慮すればリスク大きさの差は照射条件によって1,000倍にも達する。ICRP 勧告の最大の問題点は、線量率効果の軽視であろう。この点、わが国が ICRP 勧告を放射線防護基準として取り入れる時に十分注意を払わねばならない。原爆データをそのまま環境レベルの放射線リスクの推定に適用すると、本報で述べたように10倍、

100倍のリスク過剰見積もりを生じることになる。見方によっては、現在の防護基準は10倍、100倍安全に見積もられていることになる。しかし、この反面、10倍、100倍の不安感を人に与え、無用の心配、風評、実質的な出費を生じていることも事実である。将来、線量率の考えが放射線防護を考える上で重要な要素となってくる、と思われる。

本報のもとになった論文

- H. Tanooka, Threshold dose-response in radiation carcinogenesis: an approach from chronic β -irradiation experiments and a review of non-tumour doses. *Int. J. Radiat. Biol.* 77, 541-551, 2001.
- H. Tanooka, Meta-analysis of non-tumour doses for radiation-induced cancer on the basis of dose-rate. *Int. J. Radiat. Biol.* 87, 645-652, 2011.
- H. Tanooka, Dose rate dependence of radiation cancer risk as measured by non-tumor dose. *Health Phys.* 100, 304-305, 2011.

◆◆◆ プロフィール ◆◆◆

- 1931 和歌山県田辺市生まれ
 1953 名古屋大学理学部物理学科卒
 '56 博士課程中退
 1956 日本原子力研究所第4研究部(保健物理)研究員 フィルムバッジ担当、JIS-II型設計に関わる。
 1957 米国ロチェスター大学医学部内 Atomic Energy Project に留学
 '62 Ph.D エール大学 Department of Molecular Biology and Biophysics 研究員
 1964 原研復職、保健物理部個人被曝管理班長
 1965 国立がんセンター放射線研究部研究員
 '70 部長 この間日本放射線影響学会 会長 (1988-92)
 1992 定年退職
 1992-2001 電力中央研究所研究顧問
 現在、放射線影響協会理事(非常勤)、放医研共同利用研究員、国立がん研究センターでがん遺伝子に関する共同実験中

揺るがぬポーランド原子力発電計画

元・原子力委員 町末 男



古都クラコフの NUTECH-2011

古都クラコフで開かれたポーランドの「原子力技術の開発・利用に関する国際会議・NUTECH-2011」（9月12日－14日）に招かれて、基調講演の一つをするために参加した。参加者は22カ国から約150人であり、様々な原子力の利用分野で活発な発表と議論があった。

この機会にというので、首都ワルシャワでのポーランド原子力学会のセミナーにも呼ばれて、講演した。質問や議論から、福島事故への関心は高く大津波による事故の原因などについても、よく分析しているとの印象を受けた。



NUTECH-2011の開会挨拶をする
原子力化学・技術研究所所長の Chmielewski 博士

福島原子力事故後のポーランドの原子力計画

巨大津波による福島第一原子力発電の事故後、ドイツのメルケル首相は古い原子力発電8基を停止し、残りの9基は2022年までに段階的に停める事を決めた。ポーランドのタスク大統領は、その後まもなくの5月31日「原子力は重要なエネルギー源であり、ドイツの決定はポーランドの原子力発電建設計画に影響を与えるものではない」との声明を出している。

トラヤノフスカ経済省副大臣の信念

ポーランド側の配慮で原子力担当のトラヤノフスカ経済省副大臣に1時間ほどお会いし意見を交換する機会があった。副大臣は原子力を専門に学んでおり、原子力には詳しい。福島事故後もポーラン

ドの原子力発電導入計画は変わらず、2020年までに3GWを運転する。ポーランドの発電は95%石炭に依存しており、炭酸ガスの発生量が多い。新しいEUのメンバーとして、炭酸ガスを減らす事が求められており、原子力発電を導入する事が地球温暖化防止およびエネルギー安全保障の面から合理的で必要な政策であるとの信念を述べたのが印象的であった。

ポーランド原子力学会の名誉会員となる

筆者とポーランドの研究協力面でのお付き合いはすでに20年を超えている。特に日本原子力研究所で筆者のグループが世界に先駆けて開発した「電子線を利用して火力発電の排ガスを浄化する技術」を石炭火力発電が極めて多いポーランドが利用して、酸性雨を防止するための実用機を開発するためのプロジェクトの推進のためにIAEA時代を通して実質的な協力をして来た。そして、このプロジェクトは見事に成功した。



トラヤノフスカ経済省副大臣（中央）から
ポーランド原子力学会の名誉会員の称号を頂く
筆者（右）、左は原子力学会長のジメック博士

このような長い貢献が評価されて今回図らずもポーランド原子力学会の名誉会員に指名された。ポーランドは原子力エネルギーの利用で日本の良きパートナーであり、原子力発電導入に際しては、優れた経験を持つ日本の協力に特に期待している。筆者もこの交流を続けて両国間の原子力協力の深化に役立つ事を願っている。

(2011年11月9日稿)

放射線量等分布マップ作成の経過と現状



中村 尚司*

1. 概要

文部科学省の中に5月下旬に設置された、「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」の主査を引き受けて、10月末までに12回の会合を開いて検討してきた。大学や研究所の90を超える機関から400人を超える協力を得て、6月6日から6月13日に掛けてと、6月27日から7月8日に掛けての2回、以下に述べる測定が行われた。

- 1) 京都大学で開発された KURAMA という自動車による空間線量率の走行サーベイ
- 2) 福島第一原子力発電所から80km 圏内では2 km 間隔、80から100km と福島県の残りの全域では10km 間隔毎に1か所を選んで、その中で3 m × 3 m の広さで5地点の土壌を深さ5 cm 採取して、その核種別放射能濃度を Ge 検出器を用いて測定する。
- 3) 土を採取したのと同じ地点で、シンチレーションサーベイメータで空間線量率を測定する。そのうち数地点で、in situ (その場で) Ge 検出器により空間線量率を測定する。
- 4) 農水省は、田畑の土壌の放射能分布を測定する。
- 5) 関連する調査研究として、森林中の放射性物質の分布とその移行の測定、土壌中の深さ方向の放射性物質分布の測定、土壌表面に蓄積した放射性物質

の移行調査、河川や地下水の放射性物質の調査等を行う。

これまでに測定され、分析評価がなされた項目については、順次文科省のホームページに公開されてきている。

8月2日と12日には、まず空間線量率の分布マップとして、航空機サーベイ、走行サーベイ、定点測定の結果が公開された。8月29日には、Cs-134 と Cs-137 の土壌濃度マップと Ge 検出器による in situ 測定の結果が公開され、9月13日には、森林内のセシウムの移行調査結果が公開された。その後、I-131 の土壌濃度マップが9月21日に公開され、9月30日に Sr-89, Sr-90, Pu-238, Pu-239+240 の土壌濃度マップが公開された。10月20日には河川水や井戸水への放射性核種の移行が公開された。その他の希少放射性核種 (Te-129m, Ag-110m) の分布マップの結果などが10月31日に公開された。また、これらの測定結果はデータベースとして整理保存され、公開の準備が進められている。

2. 空間線量率と放射性セシウムの土壌濃度の分布

これらの公開データのうちから、空間線量率の分布マップを図1に、Cs-137 の土壌濃度マップの結果を図2に示す。図1、図2とも、航空機サーベイによる空間線量率分布マップの結果と合わせて示されて

* Takashi NAKAMURA 放射線審議会前会長・基本部会前部会長・東北大学名誉教授

1.3 放射線量等分布マップ作成(空間線量率測定:航空機モニタリングの結果及び文部科学省が実施しているモニタリングとの比較) (参考)

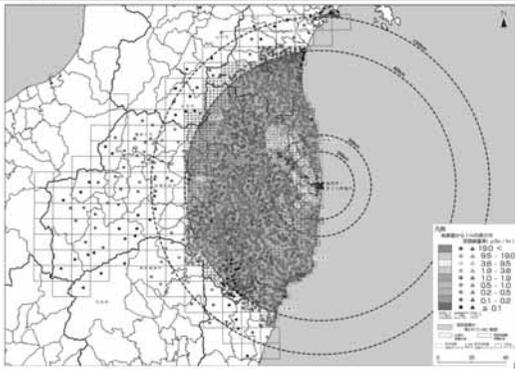


図1 空間線量率分布—航空機モニタリングとの比較

第3次航空機モニタリング結果とセシウム137の土壤濃度マップの比較について

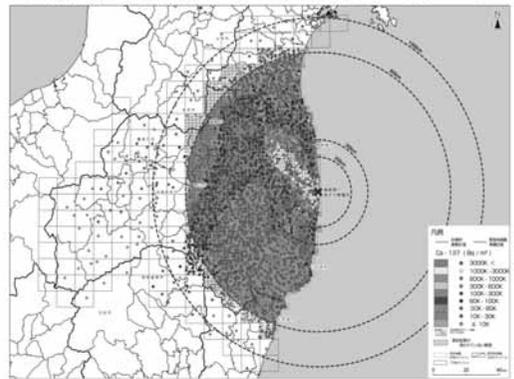


図2 Cs-137の土壤濃度分布—航空機モニタリングとの比較

* 文部科学省「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」のホームページをご参照ください
 URL : http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/017/index.htm

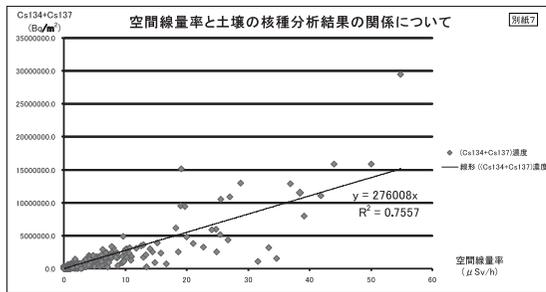


図3 空間線量率と土壌のセシウム放射能濃度との関係

いる。図1と図2から各地点の空間線量率の測定値とCs-137の土壤濃度マップは、ともに原子力発電所から北西方向に最も高い値を示し、それから福島県中通り地方に高い値を示している、その分布は航空機サーベイの結果と全般的な分布傾向が良く一致している。この分布マップは、SPEEDI計算による結果とも良く一致し、当時の気象条件に支配された結果を示している。図3に、各地点の空間線量率分布とCs-137の土壤濃度分布の関係を示したが、両者の間には良い相関があり、土壤放射能濃度の高い地点は空間線量率が高いことが分かった。土壤採取は非常に手間がかかるので、今後経時変化を見る時には、in situ Ge検出器による空間線量率測定法を行うことにした。

3. 森林内の放射性セシウム分布

この地域は森林が約70%を占めているので、森林内の放射能分布とその環境中への移行が大きな問題である。この調査は筑波大学の恩田教授のグループを中心に、モデル地区(福島県伊達郡川俣町)を選んで、針葉樹林として、スギ壮齡林(樹齡40~50年)1地点及びスギ若齡林(樹齡18年)1地点選定し、広葉樹林として、ナラガシワ等が生育している広葉樹混合林1地点を選定して行われた。図4の(1)と(2)に広葉樹林とスギ壮齡林の樹木の放射性セシウムの分布状況を示す。その結果、広葉樹林では、事故発生初期に放射性セシウムが放出された際、広葉樹林内の樹木の葉は生育途中であったことから、降下した放射性セシウムは葉に蓄積されずに土壤表層の落葉等のリター層(森林において地表面に落ちたまま、まだ土壤生物によってほとんど分解されていない葉・枝・果実・樹皮・倒木などが堆積している層)に直接付着したため、地表面に近いほど、空間線量率が増加する傾向にある。スギ林内は、樹冠に顕著に放射性セシウムが付着しているため、樹冠に近いほど空間線量率が増加する傾向にある。

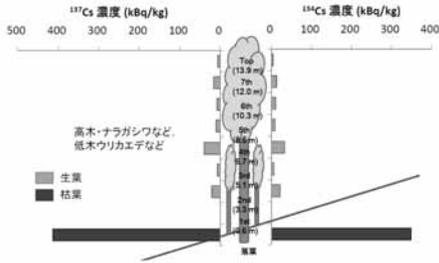


図4 (1)広葉樹林の樹木の放射性セシウムの分布状況

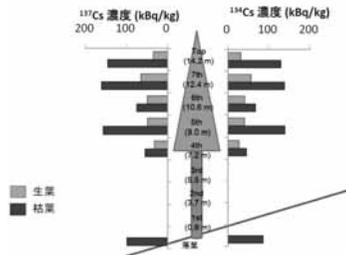


図4 (2)スギ壮齢林の樹木の放射性セシウムの分布状況

葉や樹木の幹に付着した放射性セシウムは、森林内での降雨を通じて、徐々に林内の地表面に移行しているものと考えられる。広葉樹混合林では、落葉等のリター層における放射性セシウムの蓄積量が多いことから、生態系への影響を考慮しつつ、表面に堆積しているリター層を除去することが効果的である。他方で、スギ林では、樹冠付近の生葉や枯葉に付着した放射性セシウムの濃度が高いことから、生葉や枯葉を除去することが効果的である。また、森林内から周辺の水系への放射性セシウムの移行は非常に少ないので、森林内で循環しているものと思われる。

4. 希少放射性核種の分布

さらにその他の希少放射性核種 I-131, Te-129m, Ag-110m, Sr-89, Sr-90, Pu-238, Pu-239+240 のマップについても公表さ

れた。I-131 は半減期が 8 日と短いので、今回の測定時期（6 月）ではほとんど減衰していて、検出された地点が少なかったが、セシウムと同じように、原子力発電所から北西方向に高い値を示していた。ただし、I-131 の Cs-137 に対する沈着量の比を取ると、北方では0.0059程度であるのに対し、南方沿岸部では0.024程度となり、北方に比べて I-131 の沈着量が Cs-137 の沈着量より高い傾向を示すことが分かった。また、Te-129m, Ag-110m の沈着量は、Cs-137 の沈着量との比を取ると、Te-129m は南方沿岸部で 1 程度と他の地域と比べて高くなっていて、I-131 と同様の傾向を示しているが、Ag-110m には明確な傾向は見られなかった。これは、原子力発電所からの放射性物質の放出時期の違いにより、放射性プルームに含まれるこれらの核種の比率や放出された時の物理的、化学的形態に違いによるもの、放射性プルームが通過した時の天候の違いによるものと思われる。

ベータ線放出核種である Sr-89, Sr-90 とアルファ線放出核種である Pu-238, Pu-239+240 は、100地点の土を選んで日本分析センターで非常に長時間かかる精密な測定がおこなわれた。Sr-90 は半減期が28.8年、Sr-89 は半減期が50.5日なので、Sr-89 が検出された地点は今回の事故によるものであり、Sr-90 は今回の事故と1960-70年代の大気圏核実験のフォールアウト（放射性降下物）によるものが混じっていると考えられる。Sr-89 が検出された地点は原子力発電所近辺のやはり北西方向が多かったが、Cs-137（半減期30.2年）および Cs-134（半減期2.06年）との沈着量の比を取ると、4分の1位から1,500分の1位と大きく変化していたが、原子力発電所近辺を除くと、数百から数千分の1であった。セシウムよりストロンチウムの方が沸点が高く、プルームとして飛び出しにくかった

表1 沈着量が最も大きい地点における様々な放射性核種による50年間の積算実効線量値 (IAEAのTECDOC-1162による計算)

核種	半減期	積算実効線量 (mSv)
Cs-134	2.06年	71
Cs-137	30.2年	2000
Te-129m	33.6日	0.6
Ag-110m	29.8日	3.2
Sr-89	50.5日	0.00061
Sr-90	28.8年	0.12
Pu-238	87.7年	0.027
Pu-239+240	2.41×10 ⁴ 年 (Pu-239)	0.12
	6564年 (Pu-240)	

ためであろう。Sr-90だけが検出された地点の測定値は、事故発生前の平成11年度から20年度にかけて全国の環境放射能水準調査で測定された値、2.3～950 Bq/m²の範囲内であり、これはフォールアウトによるものであろう。また、プルトニウムは5地点において検出されたが、その測定値はSr-90と同じく、いずれも事故発生前の平成11年度から20年度にかけて全国の環境放射能水準調査で測定された値の範囲内であった。

これらの放射性核種による50年間の積算実効線量を国際原子力機関 (IAEA) の技術報告書 TECDOC-1162 に示された線量換算係数を用いて計算したところ、いずれの核種も沈着量が最も大きい地点の値は表1のような結果になり、Cs-134とCs-137による線量が圧倒的であり、今後はセシウムの沈着量とその環境中での移行に注目すれば良いことが確認された。

5. 河川水や井戸水への移行

河川水や井戸水への放射性核種の移行に関しては、梅雨前の6月末から7月初めと、梅雨後の8月初めの2回、日本分析セン

ターが50か所において調査を行った。河川水においては、Cs-134の放射能濃度は最大で1.9 Bq/kg、Cs-137の放射能濃度は最大で2.0 Bq/kgであり、井戸水においては、Cs-134の放射能濃度は最大で0.85 Bq/kg、Cs-137の放射能濃度は、最大で1.1 Bq/kgであった。この値を本調査で検出された80km圏内の地表面への放射性セシウムの沈着量の平均値について、土の比重を1.3と仮定して換算した土壌濃度 (Cs-134: 2,200 Bq/kg、Cs-137: 2,500 Bq/kg) と比べると、河川水、井戸水中の放射能濃度は極めて低いことが分かった。

梅雨前、梅雨後それぞれの河川水の調査でCs-134、Cs-137が検出された箇所について、その放射能濃度の変化を確認したところ、いくつかの地点において、梅雨前後で放射能濃度の増加、減少が見られるものの、採取箇所に共通した傾向は確認されなかった。また、I-131、Pu-238、Pu-239+240はいずれも検出されなかった。Sr-89、Sr-90に関してはそれぞれ最大放射能濃度が、0.055 Bq/kg、0.018 Bq/kgであり、同じく80km圏内の地表面への放射性ストロンチウムの平均土壌濃度が、Sr-89は46 Bq/kg、Sr-90が7.4 Bq/kgであり、河川水の濃度は十分低いことが判明した。井戸水では1か所のみSr-90だけが検出されたが、その濃度は0.0014 Bq/kgと極微量であった。

6. 今後の進め方

今後は、放射性物質特に放射性セシウムの移行状況の経時変化を見るために、第3次調査として、より広い地域の走行サーベイによる空間線量率の詳細な調査、in situ Ge検出器による土壌濃度の核種分析、放射性セシウムの土壌中の深度分布測定、移行メカニズム解明のための核種移行調査や狭域詳細調査等を行う予定である。

平成23年度原子力安全技術センター講習スケジュール

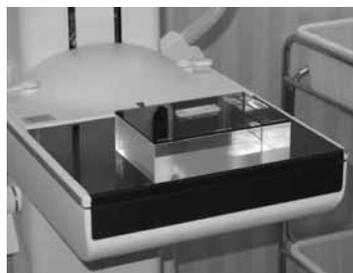
講習名/月	1月	2月	3月
登録資格講習(2種) (問合せ:03-3814-7100)	⑪11-13:京都 ⑫18-20:東京 ⑫-②18-20:京都 ⑫-③31-2:京都	⑬7-9:東京 ⑬-②7-9:京都 ⑭15-17:東京	⑮6-8:東京 ⑯13-15:大阪
登録資格講習(3種) (問合せ:03-3814-7100)	⑧26-27:東京	⑨23-24:大阪 ⑩29-1:東京	
登録定期講習 (問合せ:03-3814-5746)	13:東京	10:東京 18:大阪(医療) 21:京都	2:東京 10:東京(医療) 12:大阪 14:東京 中旬:東海村 29:福岡
医療放射線従事者のための 放射線障害防止法講習会※ (問合せ:03-3814-5746)		25:東京	

※(社)日本放射線技師会生涯学習システムカウント及び日本放射線治療専門放射線技師認定機構の講習認定単位が付与されます。

講習の詳細、お申込みについては、(財)原子力安全技術センターのホームページをご参照ください。

URL: <http://www.nustec.or.jp/> メールアドレス: kosyu@nustec.or.jp

マンモQC・測定サービスで、新たに“W/Rh”が追加されました



平素、マンモQC・測定サービスをご利用いただき、ありがとうございます。

平成24年1月より、マンモQC・測定サービスは、新たにタングステンターゲット・ロジウムフィルタの組み合わせ(W/Rh)が測定できるようになりましたので、お知らせいたします。

マンモQC・測定サービス標準販売価格(税別)

標準測定サービス:18,000円/台

オプション測定サービス:25,000円/台

マンモQC・測定サービス専用ガラス線量計仕様

ターゲット/フィルタ	管電圧範囲	平均乳腺線量の測定範囲	サービス状況
Mo/Mo	24~32 kV	0.1 mGy~5.0 mGy	サービス中
Mo/Rh	24~34 kV	0.1 mGy~5.0 mGy	サービス中
Rh/Rh	26~36 kV	0.1 mGy~5.0 mGy	サービス中
W/Rh	26~36 kV	0.1 mGy~5.0 mGy	平成24年1月サービス開始

★お問い合わせ・お申し込みは、最寄りの営業所もしくは下記へお願いいたします。

線量計測事業本部 TEL:03-3816-5210 FAX:03-5803-4890

e-mail: garasu-nandemo@c-technol.co.jp

「第12回放射線遮蔽国際会議」のご案内

本年、2012年9月2日から7日にかけて、奈良市の新公会堂で開催予定の第12回放射線遮蔽国際会議の案内をお知らせします。この会議はアメリカ、ヨーロッパ、日本が持ち回りで4-5年毎に開催され、今回は日本原子力学会が主催し、放射線工学部会が担当して開催されます。この会議は、米国、中国、韓国の原子力学会など、OECD/NEAなどの国際団体が共催して行われ、多くの原子力・放射線関係者が出席の予定です。会議のテーマは「原子力及び放射線の利用における放射線防護及び遮蔽に関する研究・技術の総括と将来展望」です。

会議のトピックは、原子力エネルギー利用に係る原子炉、燃料サイクル施設、放射性廃棄物施設、核燃料輸送・貯蔵、放射線利用に係る加速器施設、医療施設、工業施設等に関する放射線遮蔽、安全、防護を対象とした設計コードや関連データの開発と応用、遮蔽実験研究、放射線計測技術開発及び放射線防護基準等について、発表と議論が行われます。また、粒子線治療やPET診断などの先進医療の急速な拡大に見られるように工業、農業分野を含めて、加速器やラジオアイソトープからの各種放射線は、国民生活や産業振興に重要な役割を担っています。こうした放射線利用に係る動向と現状を把握し、将来の課題を探るための重要な情報交換の場としての大きな役割が期待できます。

これに加えて、昨年2011年3月11日の東日本大地震と大津波による福島第一原子力発電所の事故は、エネルギーの安定確保と温室効果ガスの削減を契機とした原子力エネルギー利用の大幅な増大という情勢を一変させるもので、多くの国で既存原子力発電所の安全性や新規導入に対する議論がなされています。放射線遮蔽、防護の実務者や専門家として、この事故により放出された放射能と放射線のモニタリング、線量評価、放射線防護、環境影響評価と修復、廃棄物処理、廃止措置等に関する情報提供や課題解決の方策を提言することは迅速且つ極めて重要な問題と捉え、特別セッションを企画しました。

また、会議に先立って、9月2日に同じ場所、医学物理に関するワークショップが開催される予定です。

アブストラクトの募集は、2011年12月1日から2012年2月末までです。なお、会議のホームページは、<http://www.icrs12.org>を参照下さい。詳しい情報が掲載されています。是非ふるって会議に参加して頂き、世界に向けて情報発信をして頂くとともに、世界のこの分野の研究者・技術者との交流を深めて頂くことを期待しています。

2012年1月

国際会議組織委員長
東北大学名誉教授 中村 尚司



サービス部門からのお願い

ガラスバッジを汚損・破損してしまったときの測定依頼方法

平素より弊社のモニタリングサービスをご利用くださいます。誠にありがとうございます。

ガラスバッジを①機械で挟んでしまった、②車両で踏んづけてしまった、③動物が噛んでしまった、などガラスバッジが汚損・破損してしまった場合は、そのままの状態でもビニールの小袋などに入れ、測定センターへ測定依頼をしてください。ガラスバッジ内部のガラス素子が残っていれば、測定して報告書を出力することができます。測定依頼の際には、「測定依頼票」の通信欄に破損した旨をご記入ください。

また、熱により変形してしまった場合なども同様に、「測定依頼票」の通信欄に熱による損傷を受けている旨をご記入の上、測定依頼をお願いいたします。

ご理解とご協力をお願い申し上げます。

編集後記

● 昨年は、原子力・放射線に係る関係者にとっては、大変な年になりました。3.11のM9.0の大地震を発端に、最大級の津波、そして津波による福島第一原子力発電所の最悪な事故が住民の避難とその後の国民生活に大きな支障を与えてしまいました。

● さて、本新春号も、福島第一原子力発電所の事故にまつわる編集となりました。巻頭には、「福島原子力発電所事故によって人為的に高められた空間線量率の経時変動」と題し、弘前大学の床次眞司様と細田正洋様にご執筆いただきました。本稿は、昨年9月に「nature誌」に掲載されたレポートをFBNewsへの邦文化をお願いし、実現したものです。事故後の影響評価のため迅速く走行サーベイを実施し、避難者の積算線量値を先駆けて推定されました。

● 次に、放射線防護の視点から“放射線発がんの線量率依存性”について、NPO法人放射線安全フォーラム顧問の田ノ岡宏様にご執筆いただきました。これまでICRPは原爆データを放射線防護の基礎データとし、低線量率の場合、2～3の軽減係数を勧告しているが、「線量率が下がるほどこの軽減係数は大きくなり、10

以上、さらに環境レベルでは100にも達する」との主旨で線量率効果について解説され、今後放射線防護を考える上で重要な要素になってくると提言されています。

● 第三篇は、昨年5月に文科省に設置された「放射線量等分布マップの作成等に係る検討会」の主査である中村尚司様に「放射線量等分布マップ作成の経過と現状」についてご執筆いただきました。90を超える大学や研究機関の協力により、福島県内+100km圏内の放射線量等の分布マップを作成し、8月以降文科省のHPに随時公表されています。本稿では、公開された各種の分布マップについて解説いただきました。

● 原子力発電所の事故は、まだまだ予断を許さない状況ですが、除染活動が本格化してきました。しかし、大量の汚染土壌など廃棄物の保管・貯蔵が最大の課題となっています。避難住民の早い帰還を実現するために、必要な対策を十分に検討することは当然のことですが、除染作業の進捗が遅れが無いことを望みます。一日も早く事態が収束することを節に願うばかりです。FBNews、本年もご愛読賜りますようお願い申し上げます。(竹内宣博)

FBNews No.421

発行日/平成24年1月1日

発行人/細田敏和

編集委員/竹内宣博 安田豊 中村尚司 金子正人 加藤和明 大登邦充 岡本徹滋
加藤毅彦 佐藤典仁 寺中朋文 根岸公一郎 野呂瀬富也 福田光道 藤崎三郎 丸山百合子
発行所/株式会社千代田テクノル 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/株式会社テクノルサポートシステム

— 禁無断転載 — 定価400円(本体381円)