

- トップコラム／宇宙航空研究開発機構、JAXA主任開発員、博士 永松 愛子
- 新年のご挨拶
- まだまだ知られていない福島の現状／
〔シリーズ4〕測定器開発と放射能・線量率モニタリングの改善
- お願い／バッジの返送方法について
- お年玉クイズ／クイズに答えて、希望賞品をGETしよう!!

 ト
 ッ
 プ
 コ
 ラ
 ム
 157


永松 愛子

国際宇宙ステーション(ISS^{*1})と宇宙放射線

2006年6～8月号の長瀬ランダウアNLだより「施設紹介」コーナーにて、JAXAの宇宙放射線計測技術をご紹介頂き、早や8年の歳月が経つ。当時は、ISS日本実験棟「きぼう」の打上前で、宇宙放射線による被ばく線量を測定する受動・積算型線量計とその自動線量解析システム：PADLES^{*2}の開発の真っ最中であった。

2008年6月に「きぼう」打上と同時に、PADLESを使った様々な宇宙放射線計測実験（「きぼう」船内の定点環境のエリアモニタリング(Area PADLES)実験、ライフサイエンス実験試料のための被ばく線量計測(Bio PADLES)実験、アジア人宇宙飛行士の個人被ばく線量計測(Crew PADLES)がある。2014年からは「きぼう」船外曝露部の線量計測実験(Free-Space PADLES))を開始している。

ISS船内の最大の特徴は、「微小重力環境」と「宇宙放射線環境」である。宇宙放射線による被ばく線量は、宇宙飛行士の生涯搭乗日数を唯一制約する要因となるため、被ばく線量計測は、有人宇宙活動必須の基盤技術である。

ISSが飛行する高度400km～600kmの宇宙環境では、一次線源として銀河宇宙線、地球磁場に捕捉された陽子線、太陽活動によって生じる太陽粒子線が被ばく線量に寄与する。これらの線源が宇宙機船壁や構造物に入ること、二次宇宙線が発生し、一次宇宙線とともに被ばく線量に寄与する。



図1 「きぼう」船内でPADLES線量計を持つ古川聡宇宙飛行士(左)と様々なケースにはいったPADLES線量計

PADLES線量計(図1)には、2種類の素子が封入されている。主に捕捉陽子などの10keV/μm以下の線エネルギー付与領域の線量を測定する熱蛍光線量計(TLD MSO-S)と、10keV/μm以

上の荷電粒子の線量を測定するCR-39プラスチック固体飛跡検出器である。

宇宙実験から地上へ回収されたPADLES線量計は、JAXA筑波宇宙センターにて線量解析が行われる。2種類の素子から取得したデータを組み合わせ、自動線量解析システムを使って吸収線量と線量当量を算出する。線量当量は、各LET(線エネルギー付与)の吸収線量に、放射線の線質に依存する荷重係数を乗じて算出する。この荷重係数は、ICRP Q-L相関図から導出するため、まず宇宙放射線環境のLET分布測定が必要となる。そこで活躍するのがCR-39だ。7Nの水酸化ナトリウムで化学エッチングされたCR-39は、光学顕微鏡下で荷電粒子の貫通飛跡(エッチピット)を可視化できる。これらのエッチピットの形状や個数を詳しく計測し、LET分布を作成する。

「きぼう」船内の荷電粒子を測定した、エッチング後のCR-39の光学顕微鏡画像を図2左に示す。加速器から照射した既知の

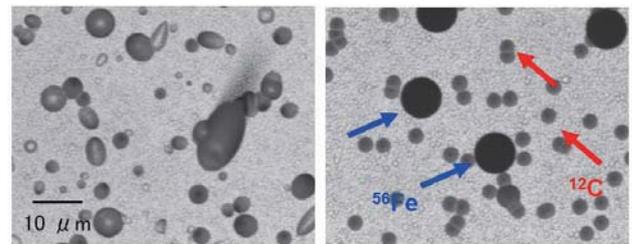


図2 (左)日本の宇宙実験棟「きぼう」に搭載したCR-39放射線医学総合研究所重粒子加速器HIMACにて、56Feと12C粒子を照射したCR-39

LETを持つ荷電粒子の形状(図2右)とは明らかに異なっていることが分かる。宇宙放射線は、生物影響が大きい高LET放射線を多く含み、あらゆる方向から入射する。これまで、太陽活動23～24期にかけた極小・極大期の線量計測を行ったが、地上に比べて線量率が数百倍大きかった。

これまでPADLES線量計を用いて実施した「きぼう」の放射線計測実験の概要や結果を、以下に紹介している。

- ・「きぼう」の成果：宇宙医学・技術開発 p82-93
http://iss.jaxa.jp/kiboresults/utilization/pdf/iss_kibo_results_2013.pdf?page=66
- ・ISS宇宙放射線環境計測データベース
<https://ssl.tkscc.jaxa.jp/spacerad/NI005.html>

将来の有人探査にむけた様々な有人技術開発や研究も開始している。月・火星の地磁気圏外の宇宙放射線のエッチピットは、ISSのものどう変わるのだろうか。

CR-39プラスチック固体飛跡検出器の宇宙放射線のエッチピット画像を見ながら、宇宙に想いを馳せることができる。

- *1: ISS: International Space Station
- *2: PADLES: Passive Dosimeter for Lifescience Experiments in Space

ながまつ あいこ (宇宙航空研究開発機構、JAXA主任開発員、博士<工学>)

プロフィール●1999年、宇宙開発事業団(現：宇宙航空研究開発機構、JAXA)入社。有人宇宙ミッション本部・有人宇宙技術センターおよび宇宙医学生物学研究室(併任)、月惑星探査プログラムグループ(併任)所属。ISS日本実験棟「きぼう」の宇宙放射線被ばく線量計測(宇宙飛行士の個人被ばく線量、「きぼう」船内の定点環境モニタリング)および有人惑星探査のための遮蔽・防護研究を担当。

新年おめでとうございます。

2015年の新春を迎え、謹んで新年のご挨拶を申し上げます。



代表取締役社長
中井 光正

昨年は4月に安倍政権が消費税を5%から8%へと増税を実施致しました。増税の影響は業種、地域により様々ですが、特に地方での影響は少なからず深刻と思われまます。増税の影響が軽微であることを祈るばかりです。

さて、当社は安定供給を目指し、つくば工場の生産能力増強の工事を一昨年着工し、昨年8月に完工致しました。これを機に安定供給を継続すると共に、当社の品質基本方針である『安定的な品質の製品とサービスを提供する』を改善活動を通じて更に強化する所存であります。

米国親会社のLandauer社に於きましては、新製品の開発に取り組んでいる最中でございます。皆様に新製品を紹介させていただく日も近いと考えています。

また、長年取り組んでまいりました海外展開を続け、日本およびアジア各国に於いてより多くのお客様にOSL線量計をご利用いただけますよう努力して参ります。

本年もより一層のご愛顧を賜りますようお願い申し上げますと共に皆様のご健勝と益々のご発展を心よりお祈り申し上げます。

平成27年元旦



まだまだ知られていない福島の現状

〔その4〕

測定器開発と放射能・線量率モニタリングの改善



京都女子大学 現代社会学部 教授 水野 義之

2011年3月の東日本大震災と原子力災害に伴って環境放射線測定の社会的ニーズが非常に高まったが、逆に既存の測定器の限界も明らかになった。この問題の解決を目的として、測定器開発の分野では現在も地道な研究開発が続いている。その網羅的紹介は困難であるが、今回は環境放射線の測定器開発について、管見の及ぶ範囲で最近の状況を紹介したい。

環境放射線の難しさ

クイズから始めよう。問1)「トンネルの外と中で、 γ 線の空間線量率はどちらがどれだけ高いか?」、答えは「トンネル内は約2倍高い」。なぜならトンネル外の地面の立体角(～下半分)は、トンネル内部では全方向(大雑把に2倍)になるから。ただしトンネル外が放射性物質で汚染されていると、この関係は逆転する。問2)「湖から遠くの地面と湖畔で線量率はどちらがどれだけ高いか?」、答え「湖畔では約半分に減る」、なぜなら湖底からくる放射線が水で遮蔽されるから(半分になる)。その地域の放射線源が一様分布の場合、そういうことが起こる。 γ 線の放射線源は至る所にある(環境 γ 線は土壌・岩石中のカリウム、トリウム、ウラン成分で決まる)。また地表面から出た γ 線は空からも降ってくる(γ 線は中性子と同じく平均自由行程が長く、空気によるコンプトン散乱が原因でスカイシャインが起こる)。建物による遮蔽も重要である。

空間線量率の難しさ

除染を考える場合の追加被曝線量の推定は、次のように計算される。 γ 線の空間線量率 $0.23\mu\text{Sv/h}$ の場所で、平均のバックグラウンド $0.04\mu\text{Sv/h}$ を仮定し、1日16時間を遮蔽率0.4の室内、8時間は屋外に居るとして計算すると、年間の追加積算被曝線量は $(0.23-0.04)\times(16\times0.4+8)\times365=998\mu\text{Sv}\approx 1\text{mSv}$ となる。このため現状では空間線量率 $0.23\mu\text{Sv/h}$ を超える場所を一律に除染されている。

実際の積算線量の測定結果は、この単純計算より系統的に大幅に少なかったが、その原因は恐らく3つある。第1に家屋の遮蔽率、第2に屋外滞在時間、第3に全空間から γ 線が飛来する環境での積算線量の問題である。筆者の経験でも関西では毎日 $2\mu\text{Sv}$ づつ被曝するが、例えば福島県飯舘村で村内を縦横に動き回っても1日 $4\sim 5\mu\text{Sv}$ 程度しか増えない。被曝管理は年間積算線量でされるべきであるが、除染法では空間線量率 $0.23\mu\text{Sv/h}$ が基準であり(この法律を変えられず)、市町村は現実との矛盾と膨大な「無駄」を知りつつ、これに従っている現状が知られている。

チェルノブイリ原発事故災害に見舞われた欧州諸国では除染は殆ど行われなかった。日本では2011年8月末に全面的な除染法が国会で成立、2012年から施行、2014年秋現在で平均進捗率は約50%、作業は進行中である。我が国ではこの社会環境の中で、より詳細で面的・3次元的な汚染状況の分布測定が必要であり、新たな測定器開発が発災初期から提案されてきた。実際に多くの興味深い測定器が誕生している。

福島県・文科省の線量率・土壌測定

2011年4月に最初に問題になったのは、福島県内での学校再開であった(県内全1600校の空間線量率測定を基礎に4月20日から再開された)。並行して研究者らの提案と

日本学術会議の提言を受け、文科省の補助事業として2011年6月段階の県内全域の汚染マップが1kmメッシュ(一部5km)で測定された。測定数は1万サンプルを超えた。この初期段階では線量率測定に標準的なシンチレーションサーベイメータが使われた。土壌測定(放射能濃度測定)では全ヶ所で土壌を採取し、全国の大学・研究機関にあったゲルマニウム半導体 γ 線スペクトル測定器を総動員して詳細が測定された。この試料採取には全国409名の研究者らが参加し、大がかりであったため、第2次、第3次測定は民間事業者を引き継がれた。

これらの経験から課題として浮き彫りになったのは、測定の大域性(広域性)、継続性(系統性)、局地性(分布の非一様性や γ 線の方向性等の詳細測定)、自動化(機械化、省力化、情報通信利用・データ処理)など新たな課題である。

その後の測定器開発

今回の原子力災害の初期段階から、環境放射線測定の詳細かつ継続的な測定の限界は多くの専門家の目に明らかであった。発災から3年後、2014年3月に京都大学原子炉実験所で開催された研究会は「原発事故被災地域における放射線量マッピングに関する技術開発・運用とデータ解析に関する研究会」というもの。この3年間に各地の大学・研究機関・民間事業者で同時多発的、同時並行的に開発された様々な測定器開発の現状が、おそらく初めて総括的に持ち寄られ、総合的に討論された。測定の大域性は8次にわたる航空機搭載モニタリングシステムでカバーされた。局地性は新規ガンマカメラ開発、ポータブル測定器(自動記録)、走行サーベイ可能な環境サーベイ車、バイク搭載機、バス等公共交通機関への搭載(完全自動記録)機種開発などである。同じガンマカメラでもコンプトン散乱を利用して γ 線の方向性を知るタイプ、ピンホールカメラ原理を γ 線に応用するタイプ、コリメータを使った単眼式カメラ「以外」にも、別の原理を知れたのは筆者には驚きであった(例えば複数検出部での相互遮蔽を利用して方向性を逆計算するタイプ、 γ 線だけでなく特性X線を測定することで遮蔽を薄くし小型軽量化を実現するタイプ等)。だが筆者が知る限り、ここで議論された報告(17件の発表)もまだおそらく半分にも至っていない。例えば福島県いわき市役所で使用(2014年)され始めたのは公園や運動場等の面的な詳細測定(ホットスポット見落とし対策)に適した機種で、民間事業者が大学研究者と開発したものであった。また福島市のJA新ふくしまで田畑測定用に利用されているのはベラルーシ製の測定器AT6101DRの改良機である。

今後の課題

我が国では今後も線量率測定・放射能測定との戦いは続く。上記の京都大学での研究会のまとめから今後の課題を挙げれば、1) 環境の空間線量率測定は対象エリア・利用目的・対象面積等に応じて要求性能が異なるためニーズを基礎とした開発が必要、2) 山間部・建物遮蔽・不均一分布・ホットスポット探索等を考慮した面的測定が必要、3) 迅速な可視化、4) 福島の冬をなめてはいけけない。野外測定を想定し温度補償範囲を広げる、5) データ保存・転送に加えて解析評価まで容易であること、6) 落下など耐衝撃性・降雨等防水性・電磁ノイズ対策等、が挙げられている。

お願い

バッジの返送方法について

バッジの返送方法に関するお願いです。

- ①着用済みのバッジはできるだけ早くご返送ください。
- ②輸送中のバッジの保護のため、トレーに入れてご返送ください。
- ③登録内容に変更が生じた場合は、「登録変更依頼書」にご記入の上、Fax（または電話）していただくと共に、念のためバッジと一緒にご返送をお願いいたします。
※変更がない場合は、「登録変更依頼書」を同封していただく必要はございません。

お問い合わせ：お客様サポートセンター Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8441



お年玉クイズ

クイズに答えて、希望賞品をGETしよう!!

日頃、「NLだより」をご愛読いただきまして、ありがとうございます。今年も「お年玉クイズ」を行います。今回はより多くの方々が当選されるよう、賞品を増やしましたので、ふるってご応募ください。多数のご応募お待ちしております。

【問題】

縦のマス1個と横のマス1個を組み合わせて漢字を1つ作ります。出来た漢字を2つ組み合わせて、単語を作ってください。すると、どれにも当てはまらない漢字が余ります。その余った漢字3つを組み合わせると、2014年に日本人史上初の快挙を成し遂げた、ある選手の名前になります。その選手の名前を教えてください。

					へ
命	糸	ゝ	哉	女	享
	イ				木
	金				土
王	帛	王	求	广	士
廷					

*ヒントは1月中旬頃当社ホームページにて掲載する予定です。



A賞 3名様
ノンフライヤー
PHILIPS
HD9530/22



B賞 3名様
布団クリーナー
raycop
RS-300JWH



C賞 7名様
お茶プレッソ
SHARP
TE-GS10A-R

D賞 7名様
えらべるブランド東北

【応募方法】 官製はがきにクイズの答えと希望賞品、郵便番号、住所、氏名、年齢、職業、電話番号および希望される企画を記入の上、ご応募ください。

(お一人様1通のみ有効、記入もれ、2通以上のはがきは無効)

【応募宛先】 〒300-2686 茨城県つくば市諏訪C22街区1
長瀬ランダウア(株)「お年玉クイズ」係

【締め切り】 2015年1月30日(金) 必着

【当選発表】 NLだより4月号 (No.448) に掲載いたします。

*お客様の個人情報は、商品発送の委託業者に提供する場合を除き、承諾なく第三者に提供することはありません。

編集後記



昨年は本社増築工事に関わり、色々なことを学びました。特に建築技術・技能の素晴らしさに感動しました。重機によるダイナミックな基礎工事から職人さんの匠技による繊細な仕上げ作業までを間近で拝見し、日本のものづくりは今でも入魂していると痛感。これを支えた職人さんたちの笑顔は今も忘れません。ペテラ

ンの職人さんとやんちゃそうな若手の職人さんが同じ現場で働き、技を伝えてゆく姿を目前にし、技能継承はどの業界でも本当に重要であると改めて感じました。新年を迎え、精魂込めて作業していただいた職人さんたちの想いを引き継ぎ、増強した生産体制に改善を重ね、弊社サービス向上に精進して参りたく思います。本年もよろしく申し上げます。(秋野 隆二)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール
http://www.nagase-landauer.co.jp
E-mail: mail@nagase-landauer.co.jp

■当社へのお問い合わせ、ご連絡は
本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8441
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.445
平成27年<1月号>
毎月1日発行 発行部数：36,200部

発行 長瀬ランダウア株式会社
〒300-2686
茨城県つくば市諏訪C22街区1
発行人 中井 光正