

特集
2

最先端技術を結集して復興・再生へ

信頼できる「放射線計測」を実現

東京電力福島第一原子力発電所の事故によって、放射性物質が広範囲に拡散し、大きな影響が出ている。除染や食の安全確保など課題は山積しているが、解決の前提となるのは、放射線を正確に計測する技術・機器の開発だ。JSTは「放射線計測」を重点開発領域に掲げ、産学官が連携しての研究開発の支援に取り組んでいる。

Part.1

食品から環境まで、 広範な放射線計測を目指す



平井 昭司 ひらい・しょうじ

東京都市大学 名誉教授

1968年、東京工業大学理工学部化学工学科卒業。74年、同大学大学院理工学研究科原子核工学専攻博士課程を経て、武蔵工業大学(現東京都市大学)原子力研究所助手となる。東京都市大学工学部原子力安全工学科教授を経て現在に至る。工学博士。2012年から放射線計測領域総括。

放射線を速く正確に測る 機器の開発を

放射線計測機器は、従来、原子力発電所など限られた施設でしか使われていなかった。しかし1986年、旧ソ連のチェルノブイリ原発事故で世界中に放射性物質が拡散したことをきっかけに、一般にも出回るようになった。更に2011年には福島第一原子力発電所事故が発生したことにより、急きょ各地で放射線を計測し、汚染場所などを特定するという膨大なニーズが発生した。これは東日本を中心に放射線計測装置の不足を引き起こした。更に、実際に放射線を測定した結果、測定機器によって10~100倍に及ぶ測定数値のばらつきがみられた例も珍しくなかったため、放射線の測定結果そのものの信頼性が疑われ、社会的な混乱に拍車をかける原因にもなっていた。

こうした状況を打破するためJSTでは、最先端の計測機器の実用化を目指した「先端計測分析技術・機器開発プログラム」に、12年から新たに重点開発領域「放射線計測領域」を設定し、信頼性が高く使いやすい放射線計測機器の開発を推進している。その背景と目的について、この領域の責任者である東京都市大学名誉教授の平井昭司領域総括に聞いた。

「放射線計測領域」の緊急の課題について平井さんは、「既存の放射線計測技術をもとに、信頼性が高く、被災地や社会のニーズに対応できる計測機器や技術を開発する

放射線計測技術の 粋を集める

放射性物質とは、エネルギーの高い不安定な原子核を含む物質のことだ。このような原子核が安定しようとする時に粒子や電磁波を放出する。これらを総称して、放射線という。放射線にはアルファ線、ベータ線、ガンマ線などの種類があり、人体が多量の放射線を浴びると、その線量に応じて健康に悪影響を及ぼす。

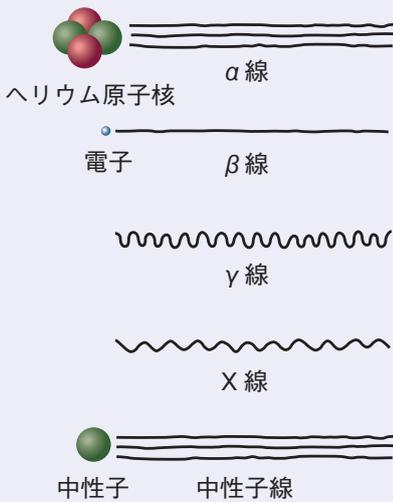
福島第一原子力発電所の事故により、セシウム134、セシウム137、ヨウ素131など

の放射性物質が福島県を中心に広い地域へ飛散した。現在でも多くの人々が避難生活を余儀なくされるなど、社会的にも大きな影響が出ている。そのため、除染が必要な場所を特定したり、放射性物質による汚染の恐れのある食品や飲料水を流通前に検出したりする社会ニーズが高まっている。

こうしたニーズに答えるためには、放射性物質がどこにあるのか、どんな種類の放射線がどれだけ出ているのかを的確に把握する必要がある。つまり、信頼できる「放射線計測」を広く普及させることが緊急の重要課題なのだ。



■放射線の種類（線種）



α線、β線、γ線、中性子線は、原子核が壊変するときに放出される。

α(アルファ)線／陽子2つと中性子2つで構成される粒子。物質の内部を通り抜けにくい。

β(ベータ)線／高速の電子。

γ(ガンマ)線／波長の短い電磁波。物質の内部を通り抜けやすい。

その他の放射線

電磁波である「X線」、粒子線である「中性子線」などがある。

ことです」と強調した。例えば、米の全袋検査を行うためには、迅速で簡便な測定を実現する装置が必要だ。また、非常に広い地域における空間線量の測定では、一点一点を線量計で計測し、その結果をつなぎ合わせて平均化していく従来のマッピング手法では時間や人手がかかり、正確性にも疑問が残る。そのため「広範囲に放射線量を可視化できるガンマカメラのような新しい機器も必要なのです」という。

日本には、もともと高度な放射線計測技術と装置開発のノウハウがあった。これらを駆使して革新的な放射線計測機器の開発を進め、その成果を迅速に社会実装していくことが急務となっているのだ。

正確な放射線計測に不可欠な「標準物質」を作る

こうした最先端の放射線計測技術や機器の開発と同時に、正確な計測の実現に不可欠なものが「放射能分析用標準物質」だ。

事故後、福島県など1000か所を超える地点から表層土壌を採取し、放射線を測定した。同じ試料を抜き取り検査で再確認してみると、測定機関により20～30%もの数値のばらつきが見つかった。

「ばらつきが出るのは放射性物質を測定する際の標準物質がないからです」と平井さんという。天秤で物の重さを測るには、重さがわかっている分銅が必要になる。同様に、放射性物質を測定するには、そのための標準物質がなければ信頼できるデータは得られない。「測定値のばらつきが大きければ、どの値が真の値に近いものなのかわかりません。このように測定そのものの信頼性がない状態では、いくら測っても誰も

納得しません。そのため試料ごとに標準物質を作り、それを用いて測定機器を正しく校正（調整）する必要があります」

そこで、平井さんは公益社団法人日本分析化学会のプロジェクトの一環として、放射能分析用標準物質を作った。最初に着手したのが土壌の標準物質だった。これは放射性物質を含む土壌を採取して作製することができた。同じく早期の開発が求められていたのは、食品分野の中でも米の標準物質だ。この開発は、JSTの放射線計測領域のプロジェクトとして急ピッチで進められた。放射性物質に汚染されたために出荷されず保管されていた米を、自治体の協力を得て特別に入手し、標準物質として活用することとした。放射性物質による汚染の度合いが異なる米を混合機で均質になるまで混合し、12か所の測定機関でセシウム134、セシウム137、カリウム40について測定した。それらのデータをもとに、測定数値のばらつきが5パーセント程度であることを保証する信頼性の高い標準物質を作ることができた。この標準物質を用いて個々の放射線計測機器を校正することで、測定数値の精度と信頼性を飛躍的に向上させることができる。

さまざまな種類の食品について標準物質を作るとなると容易なことではない。放射性物質に汚染された食品が手に入れば、そのまま標準物質として活用することができる。しかし実際には、汚染された食品は入手が難しいため、他の方策を考えたり新たな技術を開発する必要がある。現在、大豆、牛肉、しいたけなどの標準物質の開発が進んでいる。

今後、他の食品についてもできるだけ早く標準物質を開発することで、より多くの食品

について信頼性の高い測定の実現を目指している。

ニーズに応える機器・システムの迅速な開発を

JSTに「放射線計測領域」が新設されてから1年が経過した。その成果である機器やシステムの中には実際に被災地での利用が始まったものも出始めている。例えば、従来よりも処理能力を高速化した食品放射能検査システムは、福島県における米の全量・全袋検査を可能にした。そのため、12年産米では基準値を超えるものが市場に出回ることにはなかった。すでに、米以外の農作物、魚介類や、水、牛乳に適した計測法や、セシウム以外の放射性物質への対応も進められている。

また、警戒区域や計画的避難区域、更に山間部など広範囲の空間線量を測定するには、放射性物質の分布状況を広い視野で効率よく計測できるシステムが求められている。ガンマカメラやシンチレーション光ファイバーなど、現在開発中の技術の実証実験は被災地でも行われ、その有用性を認めながら、更なる開発を続けている。

「革新的な技術開発は、本質的に時間のかかるものです。しかし放射線計測領域では、開発チームに成果の早期実用化を要請しています。これは、福島県を中心に多くの計測ニーズがあるためで、少しでも早く、信頼性の高い計測機器・システムの実用化が待ち望まれているからです」

不正確な測定結果が独り歩きしていくことは、生活の不安、風評被害、外国からの不信・不買のほか、被ばくの危険性を高めることにもつながりかねない。日本の最先端科学技術の粋を集めて、信頼できる放射線測定機器・システムを速やかに開発し、普及させていくこと。更に、それを使いこなすノウハウを高めていくことが、原発事故からの再生・復興への扉を開く第一歩となる。



放射能分析用玄米認証標準物質（粒状）

Part.2 迅速・高精度な放射線計測機器を実用化

Part1では、「正確な放射線計測機器の実用化」が求められている現状を紹介した。Part2では、その実現に向けた産学連携の研究開発プロジェクトにスポットを当てる。

プロジェクト
1

250万袋にのぼる米の全袋検査を可能に

開発機関：富士電機株式会社、放射線医学総合研究所、京都大学

福島県産米の安全を後押しするために

福島第一原発事故によって放射性物質が環境中に飛散した影響で、収穫された農産物等の放射線量を測定する必要性が生じた。富士電機では既存製品を改良して農産物等を梱包したまま放射線計測できる簡易型食品放射能検査システムを開発し、暫定基準値の全数スクリーニング測定に貢献した。一方で、抜き取り検査をくり抜けて基準値を超える米の一部が市場に出回ってしまったことから、福島産米全体に対する信頼を失わせる結果にもなりかねなかった。そこで福島県は、12年に出荷される米の全袋について、1袋（30kg）ごとに検査し、同年4月から適用された新基準値100ベクレル/kgを超えた米の出荷を停止することにした。

課題となったのが計測スピードだ。既存製品の改良品である簡易型検査システムでは、検出される放射線が米からのものか周囲からのものかを選別するのに時間がかかり、30kg袋の計測に約5分かかっていた。

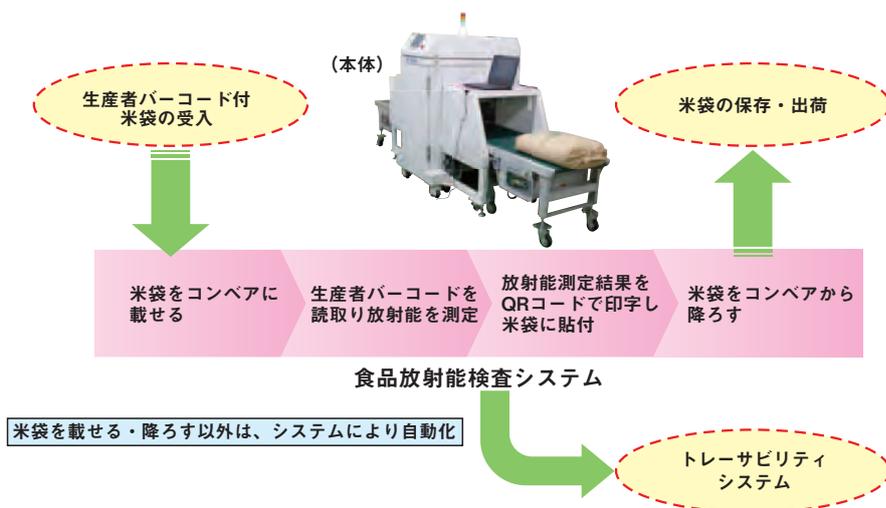
全国有数の米どころである福島県で、12年の収穫米をすべて検査するとなると、1日数百袋を測定することになり、1袋を10秒台で測るスピードが求められたのだ。この課題を解決するため、富士電機はJST放射線計測領域のプロジェクトとして、計測器周りの空間線量に影響が少なく高速な食品放射能検査システムの開発を急いだ。

長年培ってきた放射線測定技術を生かす

富士電機はこれまで原子力施設や放射線を扱う病院・研究所のために、放射線測定機器やホールボディカウンターなどを製造してきた。「今まで培ってきた技術を活用することで、鉛のシャッターを使わなくても、周囲の環境の影響を少なくし、測定対象から発せられる放射線のみを検出できる装置の開発に成功しました」と語るのは富士電機放射線システム部の山田宏治さんだ。

正確な測定に必要な放射能分析用標準

■福島県における米袋測定システム



物質を日本アイソトープ協会から入手し、機器の校正（調整）を行った。更に福島県から汚染米の提供を受け、ゲルマニウム半導体検出器による精度の高い測定データと相対測定を実施することで信頼性を確保した。

こうして1袋当たり約10秒、毎分6.5袋の測定速度を実現した新型食品放射能検査システムが完成し、12年8月より福島県内で50台が稼働。安全基準値の100ベクレル/kgを超えているかどうかを○か×で判定し、これまでに12年産米250万袋を測定している。また、米袋ごとに生産者名と測定結果をQRコードで印字したシールを自動で貼付することで、消費者が購入した米の測定結果をホームページ上で確認できるシステムとなっている。

更にこのシステムは、米以外の食品の測

定にも対応できるようにするため、検出器の高さを12~35cmの範囲で可動する設計となっている。12年度中には、麦、そば、大豆など、標準物質での確認がとれている食品の計測を可能にするとともに、今後は、果物、野菜、魚介類なども測定できるよう、システムの開発を進めている。

福島県産の農作物の風評被害をなくし、消費者へ安全な食品を届けるためには、信頼できる測定データが不可欠だ。この測定システムは、生産者にも消費者にも、安心を届ける大切な役割を果たしている。

山田 宏治 やまだ こうじ

富士電機株式会社
社会環境事業部 放射線システム部

1982年、近畿大学理工学部原子炉工学科卒業、同年、富士電機入社。



プロジェクト
2

広範囲にわたる空間・水中放射線量の迅速な測定が可能に

シンチレーション光ファイバーを用いた2次元マッピングシステム

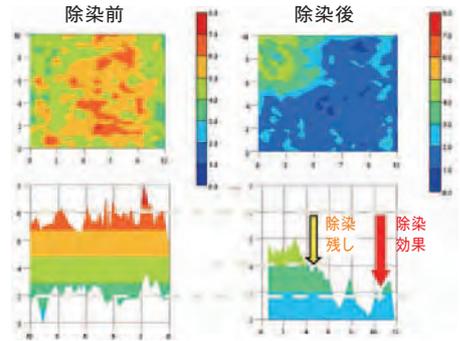
開発機関: 日本放射線エンジニアリング株式会社、日本原子力研究開発機構 (JAEA)

シンチレーション光ファイバーは、放射線を受けて発光する特徴がある。従来のシンチレーション検出器は、点ごとに放射線を測定することしかできないため、広範囲の測定には多大な時間と労力がかかっていた。このシステムは、長さ10mを超えるケーブル状なので、広い範囲を一気に計測できる。

福島県の運用試験では、従来比約10分の1の時間で測定が可能となり、ホットスポットも見逃さないという貴重な結果が確認された。また、ファイバーは曲げることができ、完全防水なので、これまで不可能だっ

た泥状の田畑や川底などの水中測定も可能だ。更に、パソコンやスマートフォンを介して測定結果を共有することもできる。

学校、幼稚園、公園など広範囲な除染対象エリアで、除染前と後の線量確認が簡単にでき、除染作業の低コスト化、スピードアップ、高精度化（除染漏れをなくす）が進むことが期待されている。



本装置で検出した放射線量は、上のようにリアルタイムで放射線量マップとして表示される。パソコンやスマートフォンを使えば多人数で、結果を同時に確認することができる。

プロジェクト
3

宇宙技術の応用でガンマ線を見える化

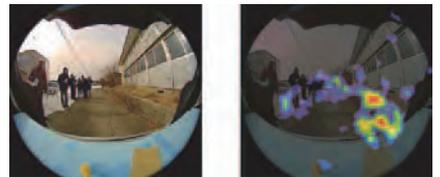
革新的超広角高感度ガンマ線可視化装置

開発機関: 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)、三菱重工業株式会社、名古屋大学

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) が中心に開発してきた、人工衛星に搭載するガンマ線検出器「コンプトンカメラ」をベースに、放射性物質の分布を視覚的に計測できるカメラが実用化された。

この「放射性物質見える化カメラ」は、放射線の飛来方向とそのエネルギー（波長）を同時に測定し、セシウム134、セシウム137、ヨウ素など、ガンマ線を放出する物質の識別ができる。1~5マイクロシーベルト/h程度の環境下で、20~30mの距離から、ほぼ180度という広い視野でホットスポット

を視覚的に検出でき、家屋の屋根や敷地など広範囲に集積した放射性物質の分布状況を簡単に画像化できる点が大きな特長だ。1アングルあたり数分~数十分で撮影でき、汚染箇所の特定など、除染に必要なデータを効率的に提供できる。今後も、小型・軽量化や低コスト化など、より現場のニーズに合わせた装置を目指した開発を進める。



上は、超広角コンプトンカメラ実証モデル。左下は、魚眼レンズを装着したデジタルカメラの可視光画像。右下は、可視光画像にガンマ線画像を重ねたもの。放射性物質の分布がひと目でわかる。

その他の開発プロジェクト例

この他にも、「放射線計測領域」では以下のようなプロジェクトが立ち上げられ、実用化に向けて産学官連携による研究開発が進められている。

●軽量・小型電子式個人線量計および校正システムの開発

開発実施機関: (株) 千代田テクノル、産業技術総合研究所
正しく校正（調整）された線量計を用い、個人被ばくの管理ができるよう、大量かつ正確に計測できるシステム開発を目指す。

●ハンディタイプCsIスマートベクレルカウンターの開発

開発実施機関: 新日本電気 (株)、大阪大学、三重大学
ガンマ線検出器となるヨウ化セシウム結晶の体積を、従来より約7倍大型にして高感度化を図ると共に、小型・軽量化した製品開発を目指す。

●高速・高感度の食品放射能検査装置の開発

開発実施機関: (株) 島津製作所、京都大学
30kgの米袋を測定時間5秒、検出下限12.5ベクレル/kg以下でスクリーニング検査が可能なシステムを目指す。

●放射能環境標準物質の開発

開発実施機関: 武蔵大学、環境テクノス (株)、日本分析化学会、産業技術総合研究所、埼玉大学、日本国際問題研究所、日本分析センター、日本アイソトープ協会
玄米の放射能標準物質を12年8月に開発。乾燥大豆、乾燥牛肉等の開発を目指す。

●放射性物質の高分解能3次元・直接イメージング技術の開発

開発実施機関: 工学院大学、(株) 日本中性子光学、(株) 阿藤工務店
細胞・物質レベルで放射性物質がどのように蓄積されるのかを明らかにする技術の開発を目指す。

●水中の低濃度放射性セシウムのモニタリング技術の実用化開発

開発実施機関: 日本バイリーン (株)、産業技術総合研究所、福島県農業総合センター
フルシアンブルーを用いたカートリッジを開発し、水中の放射性セシウム濃度の短時間（20~60分）計測の実現を目指す。

●半導体検出器を用いた環境測定用ガンマカメラの開発

開発実施機関: 日立コンシューマエレクトロニクス (株)、名古屋大学、東京大学、(株) 日立製作所
放射性元素による表面汚染密度をモニタリングするガンマ線カメラの高感度化・小型化を目指す。

●集水域に着目した放射線の自然浄化モニタリングシステムの開発

開発実施機関: 大阪大学、(株) ダイナコム、福島大学
集水域の川底放射線量を計測し、長期的な自然浄化作用の推移を明らかにできるモニタリングシステムの構築を目指す。