

I 放射性物質の食品への影響について

はじめに

2011年3月11日に起こったマグニチュード9.0を記録した東北地方太平洋沖地震に伴い、津波や地震による揺れ、全電源喪失により、東京電力福島第一原子力発電所では原子炉や核燃料プールでの冷却機能が失われ、放射性物質が大量に外部環境に漏出するという原子力発電所事故が発生した。(独)農業・食品産業技術総合研究機構(以下、農研機構)食品総合研究所(以下、食総研)でも、震災直後から放射性物質の食品への影響に関する対応に取り組んできた。事故から2年以上が経過したことから、これまでの対応と食品における放射性能測定とその精度管理に関する取り組みについてとりまとめた。

1. 原子力発電所事故直後からの緊急対応

原子力発電所事故による環境への放射性物質漏出を受けて、3月17日には、厚生労働省は原子力安全委員会の示した指標値を食品衛生法上の暫定規制値とした。3月19日～22日にかけて農林水産省は福島県産の原乳、茨城県、福島県、栃木県、群馬県産のハウレンソウ、カキナなどから食品衛生法上の暫定規制値を超える放射性物質(主に¹³¹I)が検出されたと発表し、これを受け政府は3月21日に一部地域・品目に関して食品の出荷制限の指示を出した。このような状況下、食総研では、放射能の基礎知識や食品への影響に関する正確な科学情報等を提供するために、3月22日にホームページ上に情報サイト「東日本大震災に伴い発生した原子力発電所被害による食品への影響について」(http://nfri.naro.affrc.go.jp/topics/R_C.html)を公開し、随時更新してきた。また、3月25日には、震災直後より食品企業や消費者から問い合わせが急増したこと、また、放射性物質の影響が長期間に渡ることが予想されることから、研究領域やユニットの枠組みを越え、研究所全体でこの問題に取り組む、情報サイトの充実や研究体制の構築などを目的として、所内に放射性物質影響ワーキンググループ(以下、ワーキンググループ)を設置した。主な活動は、(1)食品と放射性物質に関する情報の発信、(2)国からの要請による迅速な研究活動、(3)国内および世界に発信すべき基礎的研究の推進とした。

1.1 情報発信

情報発信としては、まずは、放射性物質と食品との係わりに関し、正確な情報を迅速に発信することが必要であるとの共通認識に達し、4月18日つくば国際会議場(エポカルつくば)大ホールにおいて、「食品総合研究所 緊急シンポジウム-放射性物質の食品影響と今後の対応-」を開催した。参加者は1,049名と

ホールを埋め尽くすほどの人数となり（図1）、内訳としては食品企業関係者が60%、大学と国立研究機関が18%、農業団体関係者6%、県・市関係職員4%、農業従事者4%、消費者3%および報道関係者2%だった。また、上記の情報サイトにおいて、講演資料と共にシンポジウムで寄せられた質問とその回答や関連情報をまとめた。また、緊急シンポジウムに続き、食総研内部のバーチャル組織である食品分析・標準化センターの分析法の妥当性確認、標準物質についての知識の浸透を図るため広報活動の一つとして、（独）産業技術総合研究所（以下、産総研）計量標準総合センターと共催で行っているジョイントシンポジウムでは、2012年7月20日には、「食品の放射能測定信頼性確保に向けて」の副題で、食品の放射能測定における検査法及び測定結果の信頼性確保について取り上げた。当初の参加募集人数200名に対し、早い段階で定員に達したため、急きよ座席配置について変更して定員を300名まで拡大した。2012年4月には、食品の放射性物質の基準値が制定され、また、事故後各地で順次揃えられていった食品中の放射性物質の管理体制が充実されていったことから、この時期において、食品中の放射能測定の管理は強い関心事項であった。

また、既に世界で報告されていた食品・農産物の放射性物質の影響に関する科学的知見を把握するため、チェルノブイリ原発事故に関連する文献を中心にワーキンググループでは、多数の文献を収集・選択し、それらについてポストク等を含めた所内メンバーが紹介文の作成に取り組んだ。作成された概要は、ワーキンググループのインターネットサイトを通じて逐次公開するとともに（<http://naro-cr.dc.affrc.go.jp/rc0311/>）、印刷物として取りまとめ、食総研刊行誌「食糧No.50（放射能関連文献の紹介）」に掲載・発行し（2011年10月）、また、冊子内



図1 緊急シンポジウムの様子（2011年4月18日）

容もダウンロードによる閲覧・利用も可能とした。

このほか、この章末に付した参考資料に示したように、2011年秋から多くの自治体、食品関連学会、栄養士・給食関係者、放射線計測関係者等の主催による講演会や学会基調講演の食品と放射性物質に関する講演について、またこの表以外にも高校や地方自治体、食品産業関係者、行政部局等による研究所への見学対応において、所長以下ワーキンググループのメンバーにより科学的な放射性物質の食品への影響についての情報提供を積極的に行った。

1.2 緊急対応研究

ゲルマニウム半導体検出器が納入された2011年6月中旬以降は、食品中の放射能測定を開始し、本格的な研究に着手した。行政からの要請に対応するほか、まず緊急性の高い重要なものとして、放射性セシウムの簡易スクリーニング検査法の開発を行った。

厚生労働省医薬局食品保健部監視安全課の「緊急時における食品の放射能測定マニュアル」(2002年3月)は、原子力施設の事故等緊急時において食品の放射能汚染に関して防災指針や緊急時モニタリング指針に基づいて対処する際に、食品衛生上の危害発生の防止、食品由来の放射線被ばく線量評価手法及び食品の安全の確認のための、農畜水産食品における放射能の分析法が示されている。ここでは、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いた放射性ヨウ素(^{131}I)の簡易測定法は記載されているが、同じくサーベイメータを用いた放射性セシウムに関するものはない。麦秋を過ぎ、秋の原子力発電所事故後初めての米を含む穀物の収穫シーズンにむけて、暫定規制値(500 Bq/kg)を確実に下回る農産物をスクリーニングするための、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータを用いた放射性セシウムの簡易分析法について検討した。

一般のNaI(Tl)シンチレーションサーベイメータは γ 線測定器であり、 ^{131}I や放射性セシウムを検出することができるが、波高分析機能がないため核種分析はできない。しかし、この研究を行った時期(2011年7月下旬)には、事故から150日以上が経過しており、 ^{131}I は1/5,000以下に減少していることから、サーベイメータで検出された放射線すべてを放射性セシウムとみなし、放射性セシウムの測定を安全側に見積もって用いることができる。放射性セシウム濃度の異なる麦とサーベイメータのNaI結晶サイズを異なるものを用意し、試料と検出器の位置は固定した形で、遮へい容器の鉛の厚さを変えて、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータでの暫定規制値レベルが確認できるかを検討した。食総研のあるつくば市では原子力発電所事故前の屋外の空間線量率は約0.05 $\mu\text{Sv/h}$ だったが、事故後はその4倍ほどの0.2 $\mu\text{Sv/h}$ となっており、図2に示すように、自然放射線のバックグラウンドを遮へいすることによりNaI(Tl)シンチレーションサーベイメータでも麦類に含まれる放射性セシウムの検出が可能であつ

た。さらにスクリーニング法に対応できるかについて検討したところ、(1) 適切な遮へい体の使用、(2) 標準線源で校正された適切な測定装置の選択、(3) サーベイメータの正味計数率とゲルマニウム半導体検出器による測定値との相関関係の確認が必須であることを明らかにした¹⁾ (図3)。

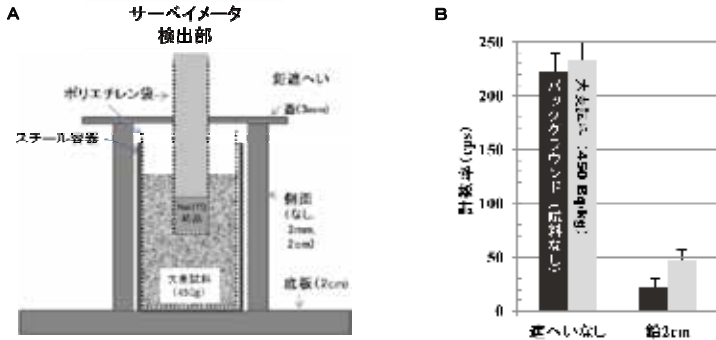


図2 NaIシンチレーションサーベイメータ(2インチ)における鉛による遮へいの効果

- A 試料、遮へい体、検出器のプロープの測定容器の模式図を示した。
 B 2インチのサーベイメータを用いた際の遮蔽による大麦試料(450Bq/kg)での計数率の違いを示した。■は試料なし、■は大麦試料入り。

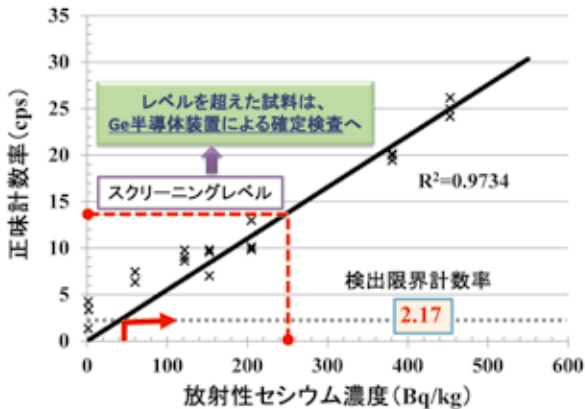


図3 NaIシンチレーションサーベイメータにおける正味計数率とGe半導体検出器の測定値との相関関係

実測値から回帰計算した検出限界計数率は2.17、放射性セシウム濃度で約40Bq/kgとなり、それ以上の正味計数率と暫定規制値以下の放射性セシウムに相関関係が十分に見られた。

この時期、放射性セシウムに汚染された稲ワラが給与された牛の肉から暫定規制値を超過する放射性セシウムが検出された事例が各地で報告されたことから、厚生労働省が2011年7月29日（最終改正：同9月7日）に「牛肉中の放射性セシウムスクリーニング法」を定めており、この中でも全頭検査及び全戸検査の対応に向け、検査の迅速化、効率化のために、NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ及びNaI(Tl)シンチレーションサーベイメータによる方法を例示した。この中でサーベイメータをスクリーニングに用いる場合の条件は、以下のように示されている；測定条件－試料容器を含めて出来る限り、計数効率を算出した条件と試料の測定条件を揃えること。特に検出器近くの条件（距離、材質）には注意を払うこと。スクリーニング法に記載されているように、サーベイメータによる測定結果は、試料と検出器のジオメトリ（空間的位置関係）の影響を受けるため、計数効率決定、バックグラウンド評価、測定は、可能な限り同一の容器を用い、検出器と容器の相対位置を固定して行う必要がある。なお、「牛肉中の放射性セシウムスクリーニング法」は、2011年10月4日には、米及び麦類中の放射性セシウムスクリーニング法の検討がなされたことを受け、標題を「食品中の放射性セシウムスクリーニング法について」と改められた。サーベイメータによる食品に含まれる放射性物質のスクリーニングは有効であるが、その後2012年4月の食品中の放射性物質の基準値が大きく引き下げられており、さらに事故後2年以上経過した食品中の放射性セシウム濃度の分布も全体に低くなっていることから、現在は同じ条件では放射性セシウムの検出は難しく、現在の基準値でのスクリーニングに用いるにはさらに条件検討が必要であろう。

また一方で、小麦から小麦粉、ふすま等への放射性セシウムの移行について、標準的な試験用製粉機（ビューラー式試験製粉機）を用いた時の各画分への移行や、大麦の精麦および麦ぬかへの移行調査も行なった。この時のデータ（図4）は、農林水産省からの通知「平成23年産麦に由来するふすま及び麦ぬかの取扱いについて」（23消安第3224号、23生産第4499号、23水推第545号、平成23年9月13日付）に記載された安全を見込んだ麦のふすまへの加工係数（加工後の放射能濃度／加工前の放射能濃度）「3」の算出に活用された。

この他にも、行政部局等からの協力要請による放射性物質測定や「白米からのバイオエタノール製造時における放射性セシウムの動態の解析（プレスリリース、2012年3月16日）」における放射性セシウム測定など、食品用途以外での放射性セシウムの動態についても検討した。

1.3 加工・調理工程における放射性セシウムの動態解明

1.2のような緊急対応での研究の中で、中・長期影響で取り組むべき核種としては、放射性セシウム（ ^{137}Cs （半減期約30年）および ^{134}Cs （同約2.1年））が対象となると考え、次の重要な研究課題の1つとして、国内農産物に関する加

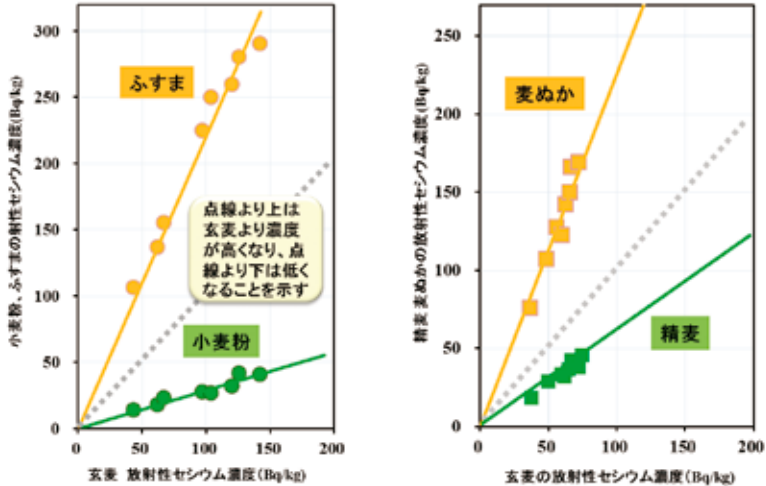


図4 小麦(左)及び大麦(右)の製粉・精麦による放射性セシウムの分配

分布が一樣であれば分画によってもそれぞれの画分は点線上に配置するが、濃度が高い画分はその上に、低い画分はその下になるため、濃度分布の違いがあることがわかる。

工・調理工程での放射性セシウムの詳細な動態解析を行うこととした。これについての詳細は、次章「農産物・食品の加工・調理における放射性セシウムの動態」で述べられている。小麦玄麦から小麦粉（製粉）、小麦粉からうどんや中華めんへの加工（製麺）や、大麦粒から麦茶への加工（焙煎・抽出）、玄米から精米（搗精）、白米からめし（研ぎ、炊飯）などのほか、大豆から豆腐、納豆、煮豆など主要な穀類の加工・調理における放射性セシウムの動態を解析した。チェルノブイリ事故後まとめられ、今回の原子力発電所事故後、食品の加工・調理において、消費者のみならず食品関連事業者なども参考にし、ホームページ上の検索や大変なアクセス数となった「環境パラメータ・シリーズ4 食品の調理・加工による放射性核種の除去率」が今回の原発事故後のデータをまとめた増補版²⁾において、食総研のデータも信頼のおけるデータとして採用されており、該当部分については、ワーキンググループで分担執筆した。

2. 2012年度からの研究体制

2012年度以降は、「農林水産研究における原発事故への対応方針」（平成24年3月12日付）の決定を受け、農研機構の中期計画に新たに追加された「農作物の加工工程等における放射性物質の動態の解明」に関する研究に取り組むこととなった。また、農産物・食品での放射性セシウムの濃度に漸減傾向があるとはい

え、2012年4月からそれまでの暫定基準値の一般食品で1/5となった放射性セシウムに関する新基準値の施行に伴い、科学的根拠に基づくわかりやすく正確な情報発信のため、引き続きホームページの更新や講師派遣等を通じて発信を行っていく必要があると考えた。さらに、今後の研究展開や測定装置の増設に伴う分析業務の増加に対応するため、2012年4月1日付けで食品安全研究領域に放射性物質影響研究コーディネーターが設置された。所内のバーチャルな組織であるワーキンググループから、実体のある役職による管理におこない、試料・分析データの管理及び測定機器管理の一元化、研究所内外の連絡調整の事務局として効率化・専門化を図る体制が整えられた。さらに、6月にはゲルマニウム半導体検出器2台を導入し（図5）、試験研究においても多数の試料を測定する体制を整備した。

その一方で、東北農業研究センター農業放射線センターの設置に伴い、農研機構内においてゲルマニウム半導体検出器の整備計画が立ち上がった。原発事故対応の放射性物質の影響低減のための農業技術開発研究の根幹をなす放射能分析においては、正確で信頼のおける分析値を提供する必要がある。食総研の既存の測定器を含め農研機構内の共通機器として、これらの機器の保守管理および分析データの取扱いのための手順書の整備など協調して運営する必要がある。先行して機器が配備されている食総研において、放射能分析における内部（品）質管理（内部精度管理）体制の確立について検討を行った。

3. 食品中の放射能測定における信頼性の確保

測定の信頼性は、トレーサビリティが確保された計測器と正しいその使い方（適切な管理、試料の取扱い、それを含めた測定法の手順書など）と測定者の技



図5 食品総合研究所のゲルマニウム半導体検出器

能が必要な要件となる。より具体的には、例えば食品の輸出入にかかわる、国際的にその分析値を認められるための分析を行う試験室は、(1) 妥当性が確認された方法を用いていること、(2) 適切な技能試験に参加していること、(3) 内部質管理を行っていること、(4) ISO/IEC 17025 (試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項) に適合していること、が要求される。放射能測定においては、農林水産省通知「食品中の放射性物質に係る自主検査における信頼できる分析等について」(24食産第445号、平成24年4月20日)において、食品中の放射能分析について、「信頼できる分析の要件」を満たす分析機関(厚生労働省の登録検査機関あるいはISO/IEC 17025試験所認定を受けている機関)へ発注すること、又は自ら分析している場合は要件を満たす取り組みをしていることを求めており、この「信頼できる分析の要件」については、上記の(1)～(4)でも挙げられている。

上記の(1)は、文部科学省の放射能測定法シリーズや食品衛生法における検査法として厚生労働省の「食品中の放射性物質の試験法について」(別添)「食品中の放射性セシウム検査法」(食安発0315第4号/第5号、平成24年3月15日)などがあたる。(2)については、外部精度管理となるが、国内においても、2011年6月に(公財)日本適合性認定協会から、2012年3月に(一財)日本食品分析センターから技能試験の提供が開始されている。(4)については、国内では環境放射能分析については、2002年より(公財)日本分析センターが国内の環境放射能分析の専門機関として初めてISO/IEC 17025認定を取得しているが、食品等の放射能分析については、日本適合性認定協会が「ガンマ線スペクトロメトリーによる食品等の放射能濃度測定」に関する試験所・検査機関の認定指針を2012年4月に定め、急増した原子力施設の事故等に対応して実施される放射能測定(濃縮操作をせずに試料を直接容器に詰めて測定)する食品等の放射能濃度測定に関してISO/IEC 17025試験所認定が開始した。

(3)については、ブランク測定や繰り返し測定などの他には、管理試料を用いた内部質管理が必要となる。化学分析において、分析法の妥当性確認や内部質管理には、分析値の真度を評価するために認証標準物質や標準物質が利用されている。それまでの環境放射能の測定では、(公財)日本分析センターが文部科学省の委託を受け、分析精度管理の一環として都道府県における環境放射能測定結果および原子力施設立地都道府県における環境放射線モニタリング結果の信頼性を確認するため、相互比較分析(いわゆるクロスチェック)を行っており、標準物質といった一般の機関が利用できる管理試料の供給は国内ではなかった。今回の原子力発電所事故後には、国際原子力機関(IAEA)の標準物質が利用されたが、急激な利用の増加により販売終了する品目がでていた。

3.1 認証標準物質の作製³⁻⁶⁾

急激に測定者が拡大した農産物や食品の放射能分析においては、公的な校正機関で、2次標準器を持つ日本アイソトープ協会が供給する標準線源が、それぞれの測定器のトレーサビリティを確保している。しかし、それまでの環境放射線（能）分析分野と異なる一般的な食品や農産物、飼料、堆肥等が対象であり、大量に迅速な測定が日々の急務となり、食総研も含め、それまで放射能計測の経験のない測定者が大量に放射能分析を行うようになった。食品中の放射性セシウムを測定する場合は、その放射能が微小であるため、装置が置かれた場所の放射線や、測定試料中の放射性セシウム以外の放射性物質の影響を受け、正しい測定ができていない確証が得られない場合がある。また、この迅速な測定者の拡大において、測定者自身も放射能測定の実験が少なく、自らの測定技能についての不安があることから、標準物質の国内での供給が急務であると考えられた。ワーキンググループでは、改めて食品分析・標準化センターのメンバーの一員として、放射能分析のための標準物質の開発と放射能測定に関する ISO/IEC 17025 試験所認定の取得を目指すこととなった。

2011年秋までには、今回の原子力発電所事故由来の放射性セシウムを含む米、小麦、大豆等を、加工試験以外にも放射性物質分析用の標準物質原料として集めており、2012年春に小麦玄麦を利用した試験室間共同試験も実施した。さらに一般向けの標準物質生産を目指し、産総研と共同研究として行った。

開発の方針としては、2012年4月から厚生労働省が食品衛生法上で設定した一般食品の放射性セシウムの基準値 100 Bq/kg に対応するために、それよりもわずかに低いレベルの放射性セシウム ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) を含み、認証値に付随する拡張不確かさは相対値 10% 以下を目標とした。また頒布開始は、2011年に移行係数から予想して作付け制限をしたものの、暫定規制値 (500 Bq/kg) を超えたものが見つかり、検査件数がこの年も多いと予想された米の本格的な収穫期に間に合うよう 2012年9月までに行うこととし、頒布時の試料形状は、ゲルマニウム半導体検出器での測定容器である標準 U8 容器 (外径 55 mm, 高さ 55 mm, 100 ml) に玄米を充填して密封したものとして、利用者においても標準ガンマ体積線源とジオメトリを一致させ、利用者による試料の容器充填や試料取扱いの差がでない測定者による試料調製がいない形での標準物質を開発した。

図 6 に示したように、試料原料を所有し、食品の研究所として試料取扱いに経験と知識がある食総研の放射性物質ワーキンググループが原料玄米試料の均質化、容器への充填、滅菌処理を行って候補品の製造を担当し、産総研が候補品の放射性セシウムの測定を行い、均質性の評価、特性値の決定、認証書と技術報告書の作成等を行い、認証標準物質として 2012年8月31日から頒布を開始した。認証値 (表 1) は、JISQ 0035 (ISO ガイド 35: 標準物質—認証のための一般的な及び統計的な原則) に記載された国際単位系 (SI) へのトレーサビリティが明確

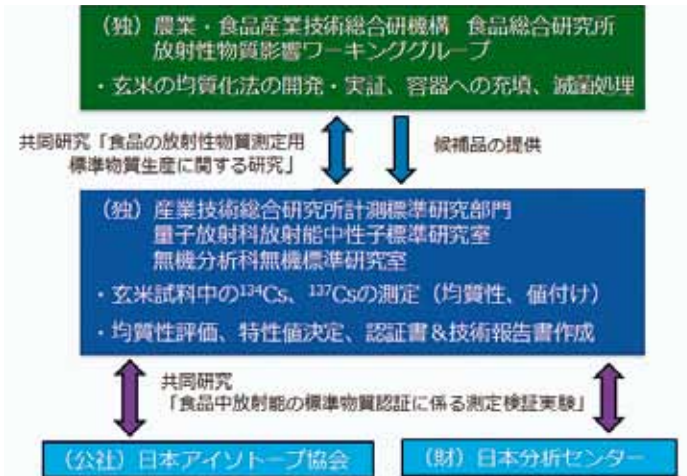


図6 放射性セシウム分析のための玄米認証標準物質の開発体制

な「一試験所による標準測定法」に基づいて決定し、この認証値の妥当性の検証には、(公社)日本アイソトープ協会と(公財)日本分析センターの協力を得た。

認証値は、 ^{134}Cs は 33.6 ± 2.6 Bq/kg、 ^{137}Cs は 51.8 ± 4.6 Bq/kg（拡張不確かさ $k=2$ 、基準時間2012年8月1日9:00:00JST）であり（表1）、目標とした放射性セシウムの合算値で85 Bq/kg程度、不確かさも10%以下も達成できた。玄米試料全体が十分均質であり、U8容器への充填も充填密度を高め（ 0.94 g/cm³）、1本に充填した玄米試料も正味質量81.00 gに対して米粒1個分約0.02 gでの範囲のばらつきに抑えた（相対標準偏差0.021%）ことで、瓶間均質性の不確かさを小さく抑えられたことが、認証標準物質の不確かさを小さくすることに大きく寄与していた。また、この認証標準物質に含まれる天然放射性核種である ^{40}K の放射能濃度は72 Bq/kg（参考値）である。

また、この認証標準物質は、U8容器に充填・密封（テープ止め）はしてあるが、試料は玄米粒のままであり、ほとんど加工がされていない（図7A）。玄米における放射性セシウムの分布は、主にぬか層にあり²⁾、均質化作業も手作業で丁寧に混合作業をし、その後のゴミ、もみ殻、被害粒などの除去も目視・手作業で行ったことで、混合から充填までの作業でぬか層などの剥離はほとんど見られなかった。また充填密度を高め、上部をアクリル板及び発泡スチロール板で固定した状態で、容器内の玄米粒が固定されたことで、容器に外部から特に大きな衝撃を加えない限り、通常作業中に玄米の粒同士がこすりあわされることもない。さらに、ポリプロピレン製U8容器に入れた玄米は、6～8月期の一般的に室内湿度が高い状態でも乾燥が進むことがわかり、特に、冷蔵庫などでは湿度の低さか

**表1 放射性セシウム分析用玄米認証標準物質
(NMIJ CRM7541-a) 認証値**

(基準日：2012年8月1日 9:00:00 JST, 有効期限：2015年3月31日)

認証値の拡張不確かさは、合成標準不確かさと包含係数 $k = 2$ から決定された値であり、約95%の信頼の水準をもつと推定される区間の半分の幅を表す。

	放射能濃度 Bq/kg	拡張不確かさ ($k=2$) Bq/kg
^{134}Cs	33.6	2.6
^{137}Cs	51.8	4.6
$^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$	85.4	5.3



図7 玄米(粒) 認証標準物質

Aは、頒布している認証標準物質(NMIJ CRM7541-a)。

Bは、同じ玄米試料を2Lマリネリ容器に充填した相互比較試験用の同等品。

らより一層乾燥が進むことが予想される。容器外への持ち出しはないので、容器内の放射性物質の量に変化はないが、ぬか層の剥離は、玄米粒の乾燥によっても起こることから、摩擦によらずともぬか層の剥離による放射能濃度の分布が瓶内で変わってしまうことが考えられた。また一方で、U8容器に玄米試料を充填したのち、虫のふ化やカビの発生を防ぐため、充填後25 kGyの γ 線照射による滅菌を行っているので、蓋を開けなければ容器内でカビの発生が起こる心配はないことから、認証標準物質の保管法として、認証標準物質の購入者が手軽に加湿して保管できる方法を検討した。JIS B7920:2000(湿度計-試験方法)にある飽

和塩法による湿度発生法では、飽和塩化ナトリウム溶液を密閉した空間内に置くことで、0℃から40℃までの範囲で相対湿度74.7%～75.7%で保つことができる。政府の備蓄米は温度15℃、相対湿度75%にすることで、玄米の水分量を15%に保っていることから、この飽和塩化ナトリウム湿度域であれば、玄米の水分量が保てると考えた。2012年8月からの1年間、科学実験室でない検査室の存在を想定し、市販のジップ付袋内に飽和塩化ナトリウム溶液をいれたシャーレと共に認証標準物質と同じように玄米試料をU8容器に充填して保存したところ、室内の湿度は相対湿度14～60%まで変化した（同じ部屋にゲルマニウム半導体検出器があるため温度は23～25℃で一定）が、この袋内の湿度は65～70%に保たれ、玄米の水分量も約14.8%で保たれた（図8）。もちろんジップ付袋ではなく、デシケータなどのようにより湿度を保ち、虫の侵入が起こらない保存容器が望ましいし、温度もできれば虫の増殖が抑制される程度に低く（15℃以下）、直射日光など劣化を防ぐ状態であれば、玄米試料をより安定に保つことができる。乾燥による玄米の正味質量の変化も抑制できるが、これも容器充填による利点の一つである。

本認証標準物質は、対象を国や地方自治体、公設試験研究機関、地方衛生研究所、登録検査機関、民間検査会社、民間企業等の農産物や食品の放射能検査機関あるいはその担当部署と考えていたが、頒布開始から3か月で頒布数は約100本、約10か月後の2013年6月で190本を超え、食品中の放射能測定において基準値レベルの玄米認証標準物質に対する要請が高かったことがうかがえる。



図8 飽和塩化ナトリウムによる加湿

玄米試料の2012年8月からジップ付袋内に飽和塩化ナトリウム溶液を入れたガラスシャーレと共に玄米試料を保管した（2013年1月撮影）。

3.2 相互比較試験 / 確認試験と技能試験の提供

この認証標準物質の頒布開始後、U8 容器以外の容器へ対応についての問い合わせも多かったことから、この認証標準物質と同時に均質化された玄米試料を 2 L マリネリ容器に充填したもの（図 7B）を測定し、参加者自らの測定の妥当性を確認してもらう「相互比較試験」について、2013 年 1 月から参加募集をしたところ、46 機関の参加申し込みがあった。さらに、2013 年 5 月には、異なる放射性セシウム濃度の試料を同様に調製し、濃度未知試料として放射性セシウム濃度を測定する技能試験を開催したところ、同様に約 50 機関の参加申し込みがあった。これらは、ゲルマニウム半導体検出器を対象としていたことから、2013 年 10 月 30 日から、シンチレーション式放射能測定器を対象に、2013 年 8 月に頒布を開始した認証標準物質の 2 番目のロット（NMIJ CRM 7541-b：放射性セシウム約 82.2 Bq/kg、基準時間：2013 年 5 月 1 日 0:00:00 JST）と同等の玄米試料を用いた相互比較試験（確認試験）を企画したところ約 150 機関の参加申し込みがあった。シンチレーション式放射能測定器の場合は、ゲルマニウム半導体検出器と異なり、各社で製造・販売されている測定器毎に試料容器の形状や容量が異なっており、それまでに国内で提供されている技能試験でも配付（あるいは回付）された試料を容器にそれぞれの参加者が充填する方法を取っている。この相互比較試験（確認試験）は、認証標準物質が直接利用できないシンチレーション式放射能測定器を利用している測定者に対して、認証標準物質の利用による精度管理の重要性に触れる機会の提供であり、それらの測定者にとっても自らの分析の作業や技術的能力の妥当性の確認や分析装置の動作検証の確認を行い、自らが正しく測定できている確認が得られる。また、測定する試料充填状況を開発した認証標準物質と同じにすることで、測定対象試料と同じ天然の放射性核種を含み、その他の条件もほぼ同じに整えられた認証標準物質として、標準ガンマ体積線源のように放射能濃度の高い状態でない低い放射能濃度において、ゲルマニウム半導体検出器とシンチレーション式放射能測定器の測定値の相関をより厳密に検証することに役立つと思われる。

3.3 ISO/IEC 17025:2005 試験所認定の取得

食総研の食品分析・標準化センター標準物質生産部門では、2007 年 3 月に JISQ 0034（ISO ガイド 34: 標準物質生産者の能力に関する一般要求事項）及び ISO/IEC 17025 による標準物質生産者の認定を取得しており、ダイズ及びトウモロコシの遺伝子組換え体標準物質の作製を行っている。食総研内においてこの標準物質生産のマネジメントシステムが運用されていたことで、ワーキンググループ及びコーディネーターに、これらの国際規格に則った標準物質の作製における要求事項についての基礎的な知識と理解、経験があったことから、産総研との共同研究において標準物質生産計画を検討し始めてわずか 3 か月という短い期

間で、体制整備を行いながら迅速な認証標準物質の開発に成功したと考えられる。

また一方で、農林水産省が食品中の放射能測定は信頼できる分析の要件を満たす分析機関に依頼すべきと通知する以前に、放射能測定においては、2011年3月の原子力発電所事故直後から食品や飼料の輸出において、各国の放射性物質の基準に適合することの証明書が必要となった。例えば、欧州連合および欧州自由貿易連合加盟国等では（欧州委員会実施規則 No.297/2011（Commission Implementing Regulation（EU）No.297/2011，平成23年3月26日公布，平成23年3月28日の日本発送分より），原子力発電所事故による放射性物質のフォールアウトの影響を受けた地域である13都県（当時）で産出した食品等では、輸出国の管轄当局が発行する証明書等を求めるなどの規則が強化された。国際的には、試験所認定の要求事項に適合していない機関の分析値では通用しなくなる状況があり、研究機関においても、国際的な分析法の妥当性確認のための室間共同試験に参加するためにISO/IEC 17025の認定を取得していることが参加要件である場合も出てきている。分析法の開発などに携わる場合、世界に通用する分析値を出せる体制を整備すること、それを維持し、品質保証が行われた状態にあることを第三者に認定されていることが、分析値の信頼性の根拠になっているという意識は、今後重要になっていくと考えられる。

食総研標準物質生産部門では、2007年のISO/IEC 17025認定取得以来、その管理上の要求事項及び技術的要求項目について整備、維持している。最初の認定は、トウモロコシ、ダイズの遺伝子組換え体標準物質分析のための標準物質生産者としての認定であり、以降、2009年に同じく遺伝子組換え体の校正者（濃度）、2011年にアクリルアミドの試験事業者として認定された（認定番号ASNITE0018CRT）。管理上の要求事項は共通であることから、放射能測定においても、技術的要求項目に適うよう手順書の整備等を行った。また、試験事業者としての認定に必要な技能試験については、（一財）日本食品分析センターの茶葉（2012年3月）、（公財）日本分析センター・（財）日本冷凍食品検査協会の玄米（粉）（2012年9月）、（公財）日本適合性認定協会の大豆（粒状）（2013年4月）に参加したがいずれも良好な結果（満足）を得られていた。

そこで、認定の定期検査のタイミングに合わせ2013年春に、それまでの遺伝子組換え部門の標準物質生産及び校正、アクリルアミド部門の試験を廃止し、遺伝子組換えの試験事業者としての申請と共に、放射能分析についての試験事業者の申請を行った。2013年7月に改めて、遺伝子組換え体濃度／トウモロコシ、大豆（標準物質関連のものに限る）及び放射性セシウム／コメ、小麦（標準物質）の試験について、ISO/IEC 17025:2005に適合していることの認定を受けた（認定番号ASNITE0018T）。なお、認定区分が、化学製品／標準物質（試験）であるように、どちらも標準物質関連もしくは標準物質の試験に限られている。

4. その他の行政対応

放射能測定における精度管理にかかる試験及び業務以外にも、食品中に含まれる放射性セシウムの動態や測定についての農林水産省所管の研究開発を行う独立行政法人として、また食品にかかる研究専門機関として、農林水産省や農林水産省を通じて行政対応としての食品中の放射性物質にかかる調査協力も行っている。

2012年には、原子力規制庁の「総合モニタリング計画」における食品（農・林・畜・水産物等）のモニタリング計画の中の食品摂取を通じた実際の被ばく線量の把握において、福島県内において数年を視野に置いて、食品の放射性物質の調査を実施することになっており、これを受けて福島県は「平成24年度福島県における日常食の放射線モニタリング調査計画」において、福島県内の日常食中の放射性物質の調査⁷⁾を行うことになった。これについて農林水産省からの協力依頼により、分析機関として食総研も加わった。また引き続き、2013年の調査についても、協力予定である。個別の食品・農産物としての検査体制と、その検査体制下での実際に食べている食事中での放射性物質の量の調査（被曝量の調査）は、現実の食生活における放射性物質の実態把握には重要である。農産物など食品材料や食事に含まれる放射性物質のどちらもが、事故後明らかに漸減傾向にあることがわかってきており、今後もこれらの調査を継続し、この低下をより明らかに示していくことが、福島県のみならず他県においても、食生活への放射性物質の影響について、適切な判断を促すための情報となるだろう。

おわりに

食品中の放射性物質に関する情報発信やそれまでデータのなかった日本独自の食品素材や食品における放射性セシウムの動態を解析することなど、食総研における原子力発電所事故に対する緊急対応は、迅速に行われた。原子力発電所事故から2年以上が経過し、原子力発電所事故によるフォールアウトを受けたことにより高くなった空間線量も各地で低下しており、農研機構や大学その他による栽培法などに対する対策法の開発とその積極的な活用もあり、農産物・食品等や食事に含まれる放射性セシウム量も漸減傾向である。ただし、¹³⁷Csの半減期は約30年とこれからも長く環境中に残る。西日本や今回の事故のフォールアウトの影響が小さい地域で時々検出される野生のきのこや輸入食品で基準値を越える製品が見つかる例などは25年前のチェルノブイリ原子力発電所事故やそれ以前の大気圏内核実験などの影響によるものである。水産物や野生のきのこや鳥獣等、栽培や飼養をしていない食品素材の放射性物質の量はまだ高いものが検出される。また、今後、作付制限や出荷制限・摂取制限が解除されていく地域もあることから、今後もまだ息の長い検査体制の維持が必要である。原子力発電所事故の対応において、行政の報告への不信が大きくなってしまったこともあり、検査

体制や検査の分析結果などに対する不信感がある一方で、検査を行うことについての要求は逆に大きくなっているのが、現在の状況である。食総研でも、標準物質の作製など分析法や分析値についての品質保証など、食品における放射能分析とその分析値の信頼を取り戻すための活動も根気よく続けていく必要があると考えている。

(放射性物質影響研究コーディネーター 濱松潮香)

- 1) 亀谷宏美, 萩原昌司, 根井大介, 柿原芳輝, 木村啓太郎, 松倉潮, 川本伸一, 等々力節子, NaI (Tl) シンチレーションサーベイメータによる穀物試料の放射性セシウム測定-環境放射線の遮へい効果と Ge 半導体検出器測定との相関-, 日本食品科学工学会誌, 58 (9), 464-469 (2011)
- 2) (公財) 原子力環境整備促進・資金管理センター, 環境パラメータ・シリーズ 4 増補版 (2013 年) 食品の調理・加工による放射性核種の除去率-我が国の放射性セシウムの除去率データを中心に- (2013)
- 3) 三浦勉, 柚木彰, 濱松潮香, 海野泰裕, 八戸真弓, 等々力節子, 放射性セシウム分析のための玄米認証標準物質 (1) 開発の背景とねらい, 第 50 回アイソトープ・放射線研究発表会要旨集, p71 (2013)
- 4) 八戸真弓, 濱松潮香, 等々力節子, 海野泰裕, 三浦勉, 柚木彰, 放射性セシウム分析のための玄米認証標準物質 (2) 標準物質候補試料の調製, 第 50 回アイソトープ・放射線研究発表会要旨集, p72 (2013)
- 5) 海野泰裕, 三浦勉, 柚木彰, 八戸真弓, 濱松潮香, 等々力節子, 放射性セシウム分析のための玄米認証標準物質 (3) 認証値の決定, 第 50 回アイソトープ・放射線研究発表会要旨集, p73 (2013)
- 6) 濱松潮香, 川本伸一, 松倉潮, 五十部誠一郎, 等々力節子, 内藤成弘, 奥西智哉, 木村啓太郎, 柚木彰, 海野泰裕, 三浦勉, 放射性セシウムを含む玄米粒認証標準物質, 平成 24 年度 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構主要普及成果 (参照 URL: http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nfri/2012/510b0_04_76.html 2013 年 11 月 11 日アクセス)
- 7) 福島県における日常食の放射線モニタリング結果
http://www.cms.pref.fukushima.jp/pcp_portal/PortalServlet;jsessionid=CC34384BE7B030486B26884C9E765AFD?DISPLAY_ID=DIRECT&NEXT_DISPLAY_ID=U000004&CONTENTS_ID=31532 (2013 年 11 月 11 日アクセス)

(用語解説)

拡張不確かさ 統計的な標準偏差に相当する標準不確かさを推定し、さらに個々の要因によって生じる標準不確かさを総合的に合成した合成標準不確かさを求め、それに一定の信頼率を付与したものを拡張不確かさといい、測定値の大部分を含むと期待できる範囲の区間を示す。拡張不確かさで表したい信頼の水準としては、包含係数 $k=2$ の時に約95%の信頼の水準を持つ区間となり、一般的に良く用いられる。

U8 容器, 2L マリネリ容器 文部科学省放射能測定法シリーズ7「ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線スペクトロメトリー」にあるように、ガンマ線測定で用いられる容器は多種多様であるが、一般的には、V-1, V-2, V-3, U-4, U-8, ラストロウェア, マリネリ容器などが使われる。U8 容器は、プラスチック製の円筒状容器で、プラスチック壺（プラ壺）や軟膏瓶とも呼ばれており、一般的な化学分析等の少量の試料分注に使われている。安価で使い捨てに向いており、100ml と多種類少量の環境試料（灰、土壌その他）の場合によく使われている。マリネリ容器は、容器の底に大きなくぼみがあり、検出器のセンサー部分（エンドキャップ）にはめ込むような形であり、緊急を要する場合や、水や生乳等の液体、細かく裁断された野菜等を前処理し測定する場合によく用いられている。

参考1 放射性物質影響ワーキンググループからの情報発信等

学会等の一般講演を除き、ワーキンググループメンバーが行った情報発信等をまとめた。

平成 23 年 (2011 年)	3 月	「東日本大震災に伴い発生した原子力発電所被害による食品への影響について」ホームページ掲載 (22 日)
	4 月	緊急シンポジウム「放射性物質の食品影響と今後の対応」(18 日, 於: つくば市 つくば国際会議場)
	10 月	食品開発 2011 記念セミナーにおいて講演「食品の放射能汚染の今後の問題点と測定法について」(5 日, 主催 UBM メディア株式会社, 於: 東京都 東京ビッグサイト)
		7th International Symposium on Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 京都講演「Radioactive Fallout on Food and Related Research in NFRI」(11 日, 主催 International Society of Biocatalysis and Agricultural Biochemistry, 於: 京都市)
		フード・フォーラム・つくば 秋の例会講演会「放射性物質を理解する－基礎, 測定・検査法, 食品や人体への影響－」(食総研) (13 日, 主催 フード・フォーラム・つくば・食総研共催, 於: つくば市 つくば国際会議場) (「食品と開発」2012 年 1 月号掲載)
		中国農産物開発研究所セミナーにおいて講演「Radioactive Fallout on Food and Related Research in NFRI」(25 日, 主催 中国農業科学院, 於: 北京市)
		「食糧－その科学と技術－第 50 号」放射性物質と食品に関連した論文 153 編の和文要約を発行, 配布 (28 日)
	11 月	平成 23 年度食品関係技術研究会講演「放射性物質の食品への影響－(独) 農研機構食品総合研究所の緊急対応－」(1 日, 於: つくば市 つくば国際会議場)
		食品総合研究所研究成果展示会 2011 公開講演会「放射性セシウムの食品影響と測定法について」(2 日, 於: つくば市 つくば国際会議場)
		2011 年実践総合農学会第 6 回地方大会にて基調講演「放射能汚染と風評被害」(5 日, 主催 実践総合農学会, 於: 福島県鮫川村公民館)
		平成 23 年度食品包装技術セミナー (後期) において基調講演「食品の安全性に関わる研究開発」(9 日, 主催 一般社団法人日本食品包装協会, 於: 東京都 北とぴあ)
		長野県工業技術総合センター 研究・成果発表会において特別講演「放射性物質の食品への影響と測定法について」(25 日, 主催 長野県工業技術総合センター, 於: 長野市 長野県工業技術総合センター)
		日本食品工学会秋季講演会において講演「放射性物質の食品への影響に関連する食総研の取り組み」(26 日, 主催 日本食品工学会, 於: 栃木県那須塩原)

		<p>柏市平成23年度第2回給食施設従事者研修において講演「放射性物質の基礎知識と食品への影響-リスクを考える-」(28日, 主催 柏市, 於: ウェルネス柏)</p> <p>東京顕微鏡院第80回食と環境のセミナーにおいて講演「放射性物質の食品への影響」(28日, 主催(財)東京顕微鏡院, 食と環境の科学センター, 於: 東京都中央区立月島社会教育会館)</p>
	12月	<p>産学官共同研究による農林事業開発シンポジウム～平成23年度未来農林事業開発研究会研究成果発表会～において講演「食品の放射能汚染とその対応」(9日, 主催:(社)日本工業技術振興協会, 於: 東京都 キャンパスイノベーションセンター)</p> <p>物質・材料研究機構第2回放射線計測セミナーにおいて講演「放射性物質の食品への影響」(12日, 主催(独)物質・材料研究機構, 於: つくば市 物質・材料研究機構)</p> <p>茨城県県南生涯学習センター平成23年度天章堂講座において講演「食の安全と表示を守る仕組み - 農薬から放射性物質まで-」(12日, 主催 茨城県県南生涯学習センター)</p>
平成24年 (2012年)	1月	<p>新食品会平成23年度第5回例会において講演「放射性物質の食品への影響とその対応」(26日, 主催(一財)食品産業センター, 於: 東京都)</p> <p>福島県桑折町教育委員会講演会において講演「放射能と食品安全 - 風評被害を防止する -」(28日, 主催 桑折町, 於: J A伊達みらい桑折総合支店)</p>
	2月	<p>全国学校保健・養護教諭担当指導主事会「放射性物質の食品への影響」(11日, 主催 全国学校保健・養護教諭担当指導主事会, 於: 東京都)</p> <p>平成23年度第2回日本食品分析センター講演会「食の安全を守る仕組み - 農薬から放射性物質まで-」(21日, 主催(一財)日本食品分析センター, 於: 東京都)</p> <p>東京都栄養士会 教育・研究部会講演会「放射性物質の食品影響と(独)農研機構食品総合研究所の対応」(25日, 主催(公社)東京都栄養士会, 於: 東京都)</p> <p>食品総合研究所講演会「食品中放射性物質測定入門-サンプリング, 測定, データ解析の基礎」(27日, 食総研, 於: つくば市 食総研)</p>
	3月	<p>中央味噌研究所平成23年度第2回技術講習会にて講演「放射性物質の食品への影響とその対応」(8日, 主催(社)中央味噌研究所, 於: 東京都 鉄鋼会館)</p> <p>平成23年度農林水産省補助事業報告書「災害時の緊急対応における食品の安全性確保～東京電力福島第一原子力発電所事故による緊急時対応に係わる技術情報整理～」(社)農林水産・食品産業技術振興協会 (15日発行, 食総研協力)</p>

	プレスリリース「白米からのバイオエタノール製造時における放射性セシウムの動態の解析」(16日)
4月	農研機構ホームページ「東日本大震災への対応」サイト更新(農研機構)
	日本技術士会農業部会例会講演会において講演「放射性物質の食品への影響」(7日, 主催(公社)日本技術士会農業部会, 於: 東京都 日本技術士会)
	食品総合研究所一般公開公開講演会「知っておきたい放射能の知識」(20日, 於: つくば市 食総研)
5月	食品総合研究所講演会「食品中放射性物質測定入門-サンプリング, 測定, データ解析の基礎」(16日, 於: つくば市 食総研)
	静岡大学食品・生物産業創出拠点第29回研究会公開講演会において講演「放射性物質の食品への影響と食品総合研究所の緊急対応について」(18日, 主催 静岡大学生物産業創出拠点, 於: 静岡市 静岡県男女共同参画センター あざれあ)
7月	平成24年度関東甲信越地区醸造研究会において講演「食品総合研究所における放射性物質影響研究について」(5日, 主催 関東甲信越地区醸造研究会, 於: 高崎市 群馬県立群馬工業技術センター)
	食品ニューテクノロジー研究会2012年7月例会見学において講演「放射性物質の食品影響に関する食品総合研究所の緊急対応」(5日, 主催(株)日本食糧新聞社, 於: つくば市 食総研)
	食総研・産総研ジョイントシンポジウム2012-食品の放射能測定の信頼性確保に向けて-「放射性物質の食品への影響と食品総合研究所の緊急対応について」(22日, 主催 食総研・産総研, 於: 東京都 星陵会館ホール)
	コラボ産学官安全工学分野において講演「放射能対策技術, 防災技術」震災後の技術課題 Part2-1において講演「食品の放射能汚染とその測定」(食総研)(27日, 主催(一社)コラボ産学官, 於: 東京都 朝日信用金庫船堀センター)
	農研機構夏休み公開で「東日本大震災への取り組み」を展示(28日, 農研機構, 於: つくば市 食と農の科学館)
	応用物理学会放射線分科会放射線夏の学校において講演「食品照射と食品の放射能測定」(8日, 主催(公社)応用物理学会放射線分科会, 於: つくば市 つくばグランドホテル)
8月	日本食品工学会第13回(2012年度)年次大会シンポジウムにおいて講演「放射性セシウムの基準値はどのように決められたのか? -仕組みと経緯, 暫定規制値と新基準値-」(9日, 主催(一社)日本食品工学会, 於: 札幌市 北海道大学)
	食品ニューテクノロジー研究会2012年8月例会「放射性物質の食品への影響と測定法について」(24日, 主催 日本食糧新聞社, 於: つくば市 食総研)

		プレスリリース「放射性セシウムを含む玄米の認証標準物質を開発－国際規格に従った仕様で2012年8月31日から頒布開始－」(30日)
9月		平成24年度第1回国際計量研究連絡委員会において講演「放射性物質の食品への影響と食品総合研究所の緊急対応について」(4日, 主催 国際計量研究連絡委員会, 於: 東京都 泉ガーデンコンフェレンスセンター)
		食品総合研究所要覧(食品の加工・調理工程での放射性セシウムの動態解明について紹介)(28日)
		農業環境工学関連学会2012年合同大会シンポジウムにおいて講演「食品の安全を守る仕組み-リスク分析とは?-」(30日, 主催 農業環境工学関連学会, 於: 宇都宮市 宇都宮大学)
11月		第120回農学図書館情報セミナーにおいて講演「食品と放射能－食品総合研究所の緊急対応－」(8日, 主催 特定非営利活動法人 日本農学図書館協議会, 於: 東京都 明治大学和泉図書館ホール)
		家畜衛生フォーラム2012において講演「放射性物質の食品への影響とその測定法」(9日, 主催 日本家畜衛生学会, 於: 東京都 Meiji Seika ファルマ株式会社本社講堂)
		第14回放射線・放射能・中性子計測クラブ研究会「食品の放射能分析の妥当性評価シンポジウム」において講演「食総研における食品中の放射性物質に係わる取り組み」(16日, 主催: (独) 産業技術総合研究所計量総合センター計測クラブ, 於: つくば市 (独) 産業技術総合研究所)
平成25年 (2013年)	2月	平成24年度国際計量研究連絡委員会放射線部会において講演「食総研における食品中の放射性物質に係わる取り組み」(1日, 主催 (独) 産業技術総合研究所, 於: つくば市 産総研)
		第15回放射線・放射能・中性子計測クラブ研究会「放射線・放射能計測の信頼性」大阪シンポジウムにおいて講演「食総研における食品中の放射性物質に係わる取り組み」(28日, 主催 (独) 産業技術総合研究所計量総合センター計測クラブ, 於: 大阪市 (株) ポニー工業)
	4月	シンチレーション式放射能測定器－食品中の γ 線放出核種 (JIS Z 4342 *) 新規制定説明会において講演「食品総合研究所における食費中の放射性物質に係る取り組み」(23日, 主催 (一財) 日本規格協会, 於: 東京都 日本規格協会)
	6月	2013国際食品工業展アカデミックプラザでのブース展示「農産物の加工・調理における放射性物質の動態」(11日－14日, 主催 (一社) 日本食品機械工業会, 於: 東京都 東京ビッグサイト)
	7月	食品分析・標準化センター標準物質生産部門が標準物質にかかる放射性セシウム測定において, (独) 製品評価技術基盤機構認定センターからISO/IEC17025に基づく認定 (ASNITE0018T) を取得

8月	第17回放射線・放射能・中性子計測クラブ研究会「放射線・放射能計測技術セミナー（福島）」において講演「食品の加工・調理における放射性物質の動態」（28日，主催（独）産業技術総合研究所計量総合センター計測クラブ，於：福島市 福島テルサ）
9月	<p>物質・材料研究機構第13回放射線計測セミナーにおいて講演「食品の加工・調理における放射性物質の動態」（9日，主催（独）物質・材料研究機構，於：つくば市 物質・材料研究機構）</p> <p>環境パラメータ・シリーズ4増補版（2013年）「食品の調理・加工による放射性核種の除去率（概要版）」の発行（（公財）原子力環境整備促進・資金管理センター技術報告書，データの整備検討委の委員として参加，分担執筆）</p>