

文献紹介

○分析・測定法及び生物モニターについて 【1】～【13】

【1】チェルノブイリ区域由来の完熟ダイズ種子のプロテオーム解析は汚染環境への植物の適応を示唆している

- 英語タイトル：Proteomic Analysis of Mature Soybean Seeds from the Chernobyl Area Suggests Plant Adaptation to the Contaminated Environment
- 著者名：Maksym Danchenko, Ludovit Skultety, Namik M. Rashydov, Valentyna V. Berezna, L'ubomír Mátel, Terézia Salaj, Anna Pret'ová, and Martin Hajduch.
- 雑誌名：Journal of Proteome Research, 8, 2915-2922(2009)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137
- 研究対象：農産物
- キーワード：チェルノブイリ、放射能、ダイズ、2次元電気泳動
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、放射能、ダイズ、タンパク質、2次元電気泳動
- 引用の図表点数：図 6 点、表 2 点

【要約】

チェルノブイリ事故の影響を大豆種子のタンパク質の変化を指標に解析した原著論文である。チェルノブイリ原子力発電所から 100km 離れた対照地域由来の完熟ダイズ種子と比較して約 163 倍のセシウム-137 で汚染されている地域で収穫された種子は小さくまた吸水も遅かった。対照地域由来・汚染地域由来それぞれの完熟ダイズ種子からタンパク質を抽出し、3 連で 2 次元電気泳動の解析を行った結果、分離可能な 698 の異なるタンパク質のうち、大豆の由来によって発現量が異なる 9.2% (64 種) のタンパク質が見つかった。これらを液体クロマトグラフータンデム質量分析 (LC-MS/MS) を用いて解析し、26 種のタンパク質を同定でき、それらを解析した結果、グリシニン、ベーターコングリシニンなど種子貯蔵タンパク質の量的変化、デハイドリンのような重金属や凍結ストレスに対する抵抗性に関わるタンパク質の増加、パーオキシゾームベタインアルデヒドデヒドロゲナーゼの増加などが汚染環境適応に関係すると示唆される、とされている。

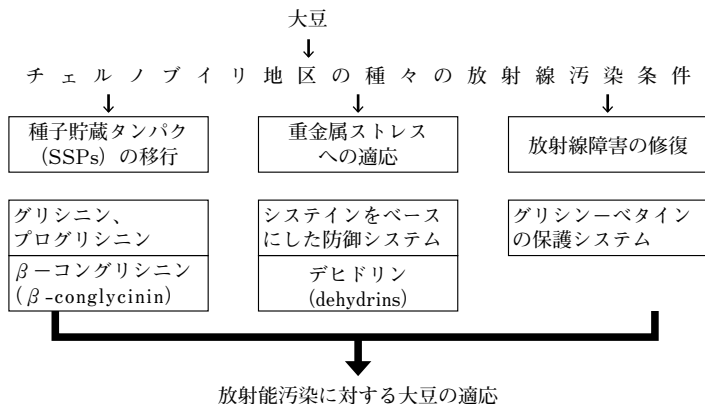


図1 チェルノブイリ事故の放射性物質汚染に対する植物の適応についての作業仮説

チェルノブイリ近郊の汚染農場および非汚染農場から収穫した完熟大豆種子（第1世代）の詳細な比較プロテオーム解析から、次のような植物の適応に関する作業仮説を立てている。すなわち、チェルノブイリ地区およびその土壤中の放射能に対する植物の適応メカニズムに、重金属ストレスへの適応、放射線障害修復、および種子貯蔵タンパクの移行が関与すると推察している。

[Journal of Proteome Research, 8, 2915-2922(2009). Copyright 2009 American Chemical Society より許可を得て改変・転載]

[2] 食品中の長寿命放射性セシウム、セシウム-134 及び セシウム-137、のガンマ線スペクトロメトリによる検出：試験室間共同試験の要約

- 英語タイトル：Determination of long-life radiocesiums Cs-134 and Cs-137 in food by gamma-ray spectrometry: summary of collaborative study
- 著者名：Beljaars PR, Van Dijk R., Geertsen JA, Nootenboom H.
- 雑誌名：Journal of AOAC International, 80(3), 545-548(1997)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-134、セシウム-137
- 研究対象：分析技術
- キーワード： ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、食品中、試験室間共同試験
- 索引用キーワード：セシウム-134、セシウム-137、食品中、試験室間共同試験
- 引用の図表点数：表1点
- 分析法プロトコルを掲載

【要約】

本論文では、食品中のセシウム-134とセシウム-137のガンマ線スペクトロメ

トリによる測定法の妥当性確認のための試験室間共同試験の取りまとめ結果を報告している。方法は、低分解能の NaI (TI) シンチレーション検出器と波高分析器 (マルチチャンネルアナライザ) で構成されるガンマ線スペクトロメータシステム。試験室数:13、食品カテゴリー:3種の食品 (ハチミツ、ミルク、ミックスハーブ)、配付資料数 4種類×2併行 合計8個。高分解能 GeLi 検出器を用いた基準測定と比較した両核種の分析精度は 98 ~ 103%の範囲。併行相対標準偏差 (RSDr) は、セシウム-134 の2濃度 121 または 337Bq/kg に対して 11.7 または 4.3%セシウム-137 濃度、210 ~ 1,130Bq/kg の4試料に対しては 2.0 ~ 7.3%の範囲。室間再現相対標準偏差 (RSDR) はセシウム-134 で 4.3 ~ 7.4%、セシウム-137 で 10.7 ~ 14.9%であった。この方法は「新鮮な」核分裂生成物 (註注: I-131 や Ba-140、La-140 等の短寿命核種) の減衰後に利用可能である。ただし、900 秒間の計測で放射能が <100Bq/kg とする試料やセシウム-137/セシウム-134 の放射能比が 10 を超える試料に対しては適さない。食品中のセシウム-134 およびセシウム-137 を検出するガンマ線分析法として AOAC International の First Action Method に採択されたことが報告されている。

訳注:(AOAC Official Method 996.05 Cesium-134 and Cesium-137 in Foods γ -Ray Spectrometric Method, に Final Action 1998 として記載)

Table 996.05. Method performance for detection of Cs-134 and Cs-137 in foods by γ -ray spectrometric method^a

Sample	Cs level, Bq/kg	Mean, Bq/kg	s _r , Bq/kg	RSD _r , %	s _R , Bq/kg	RSD _R , %	r ^b , Bq/kg	R ^c , Bq/kg
Cs-134								
Herbs	ca 100	104	21	19.7	49	46.7	57	136
Honey ^d	ca 0-100	121	14	11.7	18	14.9	39	50
Milk ^e	ca 300	337	15	4.3	36	10.7	41	101
Water	ca 65	69	8	11.9	15	21.6	23	42
Cs-137								
Herbs	ca 1110	1130	54	4.8	80	7.1	152	225
Honey	ca 200-250	213	4.4	2.0	8.8	4.1	12	25
		236	17	7.3	17	7.4	48	49
Milk	ca 550	550	37	6.7	37	6.7	104	104
Water	ca 370	369	12	3.3	15	4.0	34	41

^a Based on results received from 13 laboratories.

^b $r=2.8 \times S_r$.

^c $R=2.8 \times S_R$.

^d Tested at low and high levels. Table presents statistical analysis from testing high level, results obtained from testing lower level were below determination level (<100 Bq/kg or <100 Bq/L) under given experimental conditions.

^e Information presented in Bq/L except for RSD values.

[3] チェルノブイリ地域で生育したアマ (flax) のプロテオミクス解析は、種子プロテオームへの汚染環境の影響は限定的であることを示唆している

- 英語タイトル：Proteomics analysis of flax grown in Chernobyl area suggests limited effect of contaminated environment on seed proteome
- 著者名：Klubicova K., Danchenko M., Skultety L., Miernyk JA, Rashydov NM, Berezha VV, Pret'ova A., Hajduch M..
- 雑誌名：Environmental Science & Technology, 44, 6940-6946(2010)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137、ストロンチウム-90
- 研究対象：植物
- キーワード：flax plants, proteomic analysis, radioactivity uptake
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、生態系、プロテオミクス解析
- 引用の図表点数：図 6 点、表 2 点

【要約】

1986年4月26日のチェルノブイリ原子力発電所 (CNPP) の事故は人類史上で最も重大な原子力災害である。チェルノブイリ原子力発電所に隣接した地域はストロンチウム-90 およびセシウム-137 を含む半減期の長い放射性同位体を実質的に汚染されたままであるが、驚くことに、現地の生態系はこの状況に適応してきている。本論文では、植物の適応性を評価するため、アマのプロテオミクス解析の結果を報告している。原子力発電所に隣接した地域に生育するアマ (*Linum usitatissimum*) Kyivskiyi 品種の種子をチェルノブイリ地域の放射性物質で汚染された土壌およびその対照区に播種した。成熟種子より総タンパク画分を分離し、タンデム質量分析を組み合わせた二次元電気泳動を用いて分析した結果、興味深いことに、放射性物質汚染環境での植物の成長は、ほとんど種子プロテオーム解析結果に影響を与えず、しかも両方の圃場 (放射性同位体汚染地区および対照区) で収穫された種子で定量化可能な 720 個のタンパク質スポットの内、量的に異なるスポットはわずか 35 個 ($p < 0.05$) であった。量的差異が認められた 35 個のタンパク質スポットの内の 28 個のタンパク質を、最先端の質量分析イオン化法を用いて同定した。本論文によれば「放射性物質汚染土壌で育った植物に由来する種子のプロテオーム解析により、認められたタンパク質の変化は、複数のシグナル伝達系に僅かな調整が起きたことを示す程度のものではあった」とされる。

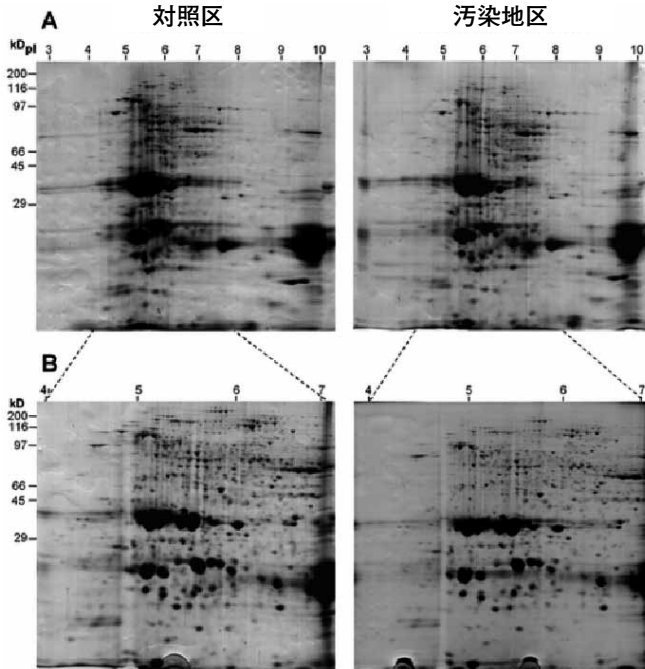


図2 汚染土壌と対照区で生育した植物のプロテオミクス解析

*プロテオミクス解析は、最初 pH 範囲の広い (pH3～12 : A) 等電点ゲルストリップを用いて実施した。

次に pH3～12 ゲルのタンパク質バンドが密集している領域の解像度を上げるために、pH 範囲の狭い (pH4～7 : B) 等電点ゲルストリップを使用した。

[Environmental Science & Technology, 44, 6940-6946(2010)、Copyright 2010 American Chemical Society より許可を得て改変・転載]

【4】液体シンチレーションカウンタを用いた排水中ストロンチウム-89 およびストロンチウム-90 の迅速分析法

- 英語タイトル : Rapid Analysis Method of ^{89}Sr and ^{90}Sr in Effluent with a Liquid Scintillation Counter
- 著者名 : 中野 政尚, 檜山 佳典, 渡辺 均, 住谷 秀一
- 雑誌名 : Radioisotopes, 59(5), 319-328(2010)
- 論文種別 : 原著論文
- 核種 : ストロンチウム-89、ストロンチウム-90
- 研究対象 : 分析技術

- キーワード：liquid scintillation counter, rapid analysis, spectrum analysis
- 索引用キーワード：液体シンチレーションカウンタ、迅速分析、排水
- 引用図表点数：図7点、表2点

【要約】

液体シンチレーションカウンタを用いた排水中のストロンチウム-89およびストロンチウム-90の迅速分析法に関する論文である。本論文によれば、妨害核種（マンガン-54、コバルト-60、ルテニウム-106およびセシウム-137）を含む模擬排水試料の分析においてもLSC-カクテル法は十分に適用可能であり、また分析に要する期間も従来法が2～3週間であるのに対して、本法では3～4日間と大幅に短縮できた。

【5】環境大気中の放射能モニタリングをするための最適試料容量

- 英語タイトル：Determining the Optimum Sample Volume for Environmental Airborne Radioactivity Monitoring
- 著者名：Boothe G F, Priddy G R, Ruben R H, McBaugh D.
- 雑誌名：The Radiation Safety Journal, 94(Supplement1), S21-S26(2008)
- 論文種別：原著論文
- 核種：イットリウム-90、セシウム-137、カリウム-40、ルビジウム-87、トリウム-234、プロトアクチニウム-234、鉛-214、ビスマス-214、鉛-210、ビスマス-210、ラジウム-228、アクチニウム-228、鉛-212、ビスマス-212、タリウム-208、トリウム-231、アクチニウム-227、鉛-211、タリウム-207、ウラン-238、ウラン-235、ウラン-234、プルトニウム-239、トリウム-232、アメリカシウム-241、ラジウム-226、ポロニウム-210、トリウム-230
- 研究対象：分析技術
- キーワード：operational topics, air sampling, environmental assessment, radioactivity, airborne
- 索引用キーワード：環境大気、放射能、モニタリング、サンプリング
- 引用図表点数：図4点、表2点

【要約】

本論文では、環境大気中の放射能モニタリングをするための最適空気試料容量を求める方法について記載されている。ハンフォードでの環境大気中の放射能測定における最適試料容量は約1,000立方メートルであった。この容量で、流速を増加させサンプリング時間を長くすると計測精度が上がる。しかし、この容量以上では精度の上昇はわずかであり、また、フィルターからの粒子の脱落、アルファ線測定効率の低下およびサンプリングポンプの負荷が問題となる、としている。

【6】放射線生物学：放射線防護の概念

- 英語タイトル：Radiation biology: Concepts for radiation protection
- 著者名：Preston R J
- 雑誌名：Health Physics, 88(6), 545-556(2005)
- 論文種別：総説
- 核種：なし
- 研究対象：防護技術
- キーワード：reviews, biokinetics, radiobiology, health physics society
- 索引用キーワード：放射線生物学、放射線防護、放射線被曝
- 引用 の 図 表 点 数：なし

【要約】

この総説では、これまでの放射線生物学の進展について紹介している。放射線の作用機構が長年に渡り研究され、遺伝子変異や染色体変化が放射線によるDNA損傷やDNA修復エラーにより引き起こされることが明らかとなっている。放射線量とDNA損傷の関係についての研究は今後も重要性が高く、このメカニズムを基礎とした発癌の危険性の指標となる放射線量反応モデルが検討されている。放射線生物学の研究は、放射線被曝から人間の健康を守るための最善の方法に常に着目している。

【7】内部被曝量測定に関する総説

- 英語タイトル：Internal dosimetry: A review
- 著者名：Potter CA
- 雑誌名：Health Physics, 88(6), 565-578(2005)
- 論文種別：原著論文
- 核種：ラジウム-226、ウラン、プルトニウム-239
- 研究対象：防護技術
- キーワード：reviews, dose assessment, dosimetry, internal
- 索引用キーワード：内部被曝、線量係数、摂取保持率
- 引用 の 図 表 点 数：表 2 点（数式 31 点）

【要約】

本稿では、内部被曝量測定の研究史と現状について概説する。具体的には、測定基準と測定モデル、線量係数（dose coefficients）と摂取保持率（intake retention fractions）の導出、バイオアッセイ測定、摂取量と線量の算出、について触れる。さらに、特別の設備あるいは作業のための内部被曝量測定や、計画を実行するための方法論の必要性についてのガイダンスを作成し、提供する。また、内部被曝量測定のための議論のみならず将来的な展開と方向性への

提言も盛り込んでいる。

【8】 アルファ線やガンマ線を放出する放射性核種を含む液体試料の一段階前処理法による迅速スクリーニングと分析

- 英語タイトル：Rapid screening and analysis of alpha- and gamma-emitting radionuclides in liquids using a single sample preparation procedure
- 著者名：Parsa B, Henitz JB, Carter JA
- 雑誌名：Health Physics, 100 (2), 152-159(2011)
- 論文種別：原著論文
- 核種：マンガン-54、コバルト-57、コバルト-60、亜鉛-65、ストロンチウム-85、イットリウム-88、カドミウム-109、スズ-113、セシウム-137、セリウム-139、水銀-203、ポロニウム-209、ラジウム-226、ラジウム-228、トリウム-230、アメリカシウム-241、天然ウラン
- 研究対象：分析技術
- キーワード：emergencies radiological, proportional counters, spectroscopy alpha, spectroscopy gamma
- 索引用キーワード：放射化学分析法、ガンマ線分光法、アルファ線分光法
- 引用を図表点数：図 5 点、表 8 点

【要約】

短期間に多数の液体試料を分析でき、幅広い放射性核種を測定できる多面的放射化学分析法の開発について書かれている。本法によれば、一段階のみで特異的、迅速な前処理が可能で、連続的・並列的に正確に高い精度で分析対象を定量できる。また、この前処理法で調製した同じ試料を、総アルファ線量計測、ガンマ線分光法、アルファ線分光法のそれぞれで測定することができる。放射線による非常事態が起きて、防護活動の根拠となる分析データが緊急に必要となるような場合には、特に魅力的な方法といえる。簡便で迅速であるため、現場に移動可能な実験室においても実施できることから、実験施設に試料を持ち込む時間と費用を節約できる。この前処理方法は、試料の 100ml にバリウム-133 と鉄 -59 をトレーサーとして添加し、硫酸バリウムや水酸化鉄を用いて化学的に共沈分離するものである。調製試料中の総アルファ粒子活性を、バックグラウンドの低いガス比例計数管で測定し、続いて高純度内蔵ゲルマニウム検知器付きのガンマ線分光システムにより、光子放出体 (photon-emitters) を分析した。トレーサーとして用いたバリウム-133 と鉄 -59 のガンマ線を定量することにより、硫酸バリウムと水酸化鉄画分の回収率をそれぞれ評価した。放射核種の硫酸バリウムもしくは水酸化鉄との共沈について選択性を調べた結果、セリウム-139、トリウム-230、アメリカシウム-241 以外は、どちらか一方に優先性を示した。トリウム-230 とアメリカシウム-241 の標準物質を用いて、沈殿量に対するアルファ線量の検出率の検

量線（Alpha-mass-efficiency curve）を作成した。この研究では、マンガン-54、コバルト-57、コバルト-60、亜鉛-65、ストロンチウム-85、イットリウム-88、カドミウム-109、スズ-113、セシウム-137、セリウム-139、水銀-203、ポロニウム-209、ラジウム-226、ラジウム-228、トリウム-230、アメリカシウム-241、天然ウランを含む放射性核種の混合物を用いた。このうち、ガンマ線に関しては、セシウムと水銀以外は71～103%の回収率であり、定量的に分析できた。調製試料中のアルファ線を放出する同位体の同定と定量は、半導体検出器の一種であるPIPS（passivated implanted planar silicon）を用いたアルファ線分光により行った。この方法で核分裂産物を捕獲して分析できることが明らかになった、としている。

【9】放射線検出器の歴史

- 英語タイトル：A History of Radiation Detection Instrumentation
- 著者名：Frame PW
- 雑誌名：Health Physics, 88(6), 613-637(2005)
- 論文種別：総説
- 核種：特定無し
- 研究対象：分析技術
- キーワード：reviews, instrumentation, detectors, radiation, health physics society
- 索引用キーワード：放射線検出器、ガイガーミュラー計数管、シンチレーションカウンタ
- 引用の図表点数：図 18 点

【要約】

本総説には放射線検出器の発展の歴史が紹介されている。その中では人間の感覚による放射線の知覚を初めとして、写真、熱量計、色素線量計、イオンチャンバー、電位計、検電器、比例計数管、ガイガーミュラー計数管、スケーラー・レートメーター（scaler and rate meter）、シアン化白金バリウム蛍光板、シンチレーションカウンタ、セミコンダクター検出器、蛍光線量計、熱蛍光線量計、光刺激蛍光線量計、DIS（Direct Ion Storage）、エレクトレット、クラウドチャンバー、バブルチャンバー、泡線量計といった機器およびその技術に関する情報が記載されている。

[10] 実験室用高純度ゲルマニウム検出器スペクトル分析システムの校正ドリフト

- 英語タイトル：Calibration drift in a laboratory high purity germanium detector spectrometry system
- 著者名：Dewey SC, Kearfott KJ
- 雑誌名：Health Physics, 94(Supplement 1), S27-33(2008)
- 論文種別：原著論文
- 核種：アメリカシウム-241、バリウム-133、セシウム-137、コバルト-60
- 研究対象：分析技術
- キーワード：operational topics, radionuclides, radiation protection, calibration
- 索引用キーワード：高純度ゲルマニウムスペクトル分析システム、ドリフト、エネルギー値校正
- 引用 の 図 表 点 数：図 2 点、表 6 点

【要約】

高純度ゲルマニウム (HPGe) スペクトル分析システムにより未知の放射性核種を同定するためには、エネルギー値の正確な校正が重要である。HPGe スペクトル分析システムにおいて、エネルギー値の校正がドリフトする原因としては、室内の温度、システムに負荷した電圧、電子機器の個体差およびその他の様々な影響がある。このエネルギー校正におけるドリフトの性質解明のために、本論文では、実験室用 HPGe 検出器スペクトル分析システムを用いて、検出器電圧、アンプの増幅率およびプリアンプの増幅率を含むシステムパラメーターに変更を加えず、校正スペクトルを数ヶ月間収集した結果を報告している。一定の方法により 90 日以上校正を行い、検出器のエネルギー値校正の経時的なドリフトを評価するために校正結果を比較した。36% HPGe システムの分析結果では、ドリフトの平均値は校正するエネルギー値によって異なり、一日当たり 0.014keV から 0.041keV の間にあたる、と報告している。

[11] シミュレーション降雨での放射性汚染物質の堆積に関する粘着紙による捕集効率の測定

- 英語タイトル：Determining the Collection Efficiency of Gummed Paper For the Deposition of Radioactive Contaminants in Simulated Rain
- 著者名：Hoffman FO, Thiessen KM, Frank ML, Blaylock BG
- 雑誌名：Health Physics, 62(5), 439-442(1992)
- 論文種別：原著論文
- 核種：ヨウ素-131、ベリリウム-7
- 研究対象：分析技術

- キーワード：fallout, radioactivity, airborne, contamination, environmental, monitoring, air
- 索引用キーワード：放射性降下物、捕集効率、粘着紙、降雨
- 引用図表点数：図 3 点、表 3 点

【要約】

核兵器開発での放射性降下物の日常的な監視のために、粘着紙による捕集測定が 1950 年代に使用された。本論文では、シミュレーション降雨条件での数種類の可溶性および不溶性の放射性汚染物質の湿性沈着測定のための粘着紙による捕集効率を測定している。粘着紙の捕集効率は、大きい不溶性粒子で最も高く、水溶性のイオン性物質で最低であった。ベリリウム-7 とヨウ素-131 の値は、降雨量が 2.5mm で約 0.30 (30%)、20mm で約 0.04 ~ 0.06 (4% ~ 6%) であった。捕集効率値と降雨量とは負の相関があり、降雨強度には影響を受けなかった。降雨量や降雨強度どちらも、大きな不溶性粒子の捕集効率に大きな影響を与えない、としている。本論文は、比較的簡易な粘着紙を利用した捕捉分析の可能性を示唆している。

【12】時系列的な空中リモートセンシングによるリブル川河口におけるセシウム-137 の移動及び堆積の予測

- 英語タイトル：Estimating sediment and caesium-137 fluxes in the Ribble Estuary through time-series airborne remote sensing
- 著者名：R. Wakefield, A.N. Tyler, P. McDonald, P.A. Atkin, P. Gleizon, D. Gilvear.
- 雑誌名：Journal of Environmental Radioactivity, 102, 252-261(2011)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137
- 研究対象：環境
- キーワード：Cesium, Water column, Plankton, Periphyton, Invertebrates, Fish
- 索引用キーワード：放射性核種、リモートセンシング、河口、濃度
- 引用図表点数：図 4 点、表 4 点

【要約】

本論文では、イングランド北西部リブル川河口（ラムサール条約に登録された湿地）において、潮の満ち干の繰り返しによってもたらされる懸濁沈殿物（浮遊土砂）総量および放射性核種の濃度測定に、時系列的な空中リモートセンシング技術が適用可能か否かを検討することを目的として、1997 年および 2003 年に時空間的高解像度空中撮影を行っている。2003 年 7 月 17 日、河口は鉛直方向

によく混合されているという仮定を確かめるために、潮の満ち干の時系列的な画像を収集することにより浮遊粒子状物質（SPM）と様々な深度における濁度の測定を同時に行い、それによって表層 SPM の空間推定値から鉛直方向の分布を予測することの正当性を示した。リブル川河口のセシウム-137 の放射能濃度は、比較的変動の少ない SPM とセシウム-137 の相関に基づき計算した。画像から得られた表層の SPM およびセシウム-137 の推定値とリブル川河口の二次元流体力学モデル（VERSE）による水量の推定値を合わせて、河口全体における沈殿物とセシウム-137 の総量を得たところ、約 1 万トンの沈殿物と 2.72GBq のセシウム-137 が 2003 年 7 月にモニターされた潮の干満により堆積したことを示した。この結果は、実地調査から得られた堆積層の高さの変化とほぼ一致した。不確かさ解析（uncertainty analysis）による沈殿物総量およびセシウム-137 濃度は最終推定値で、総量の約 40% 程度であった、と報告している。本論文は、潮の満ち干を繰り返す潮間帯環境における沈殿物総量と放射性核種濃度を時空間的に推定するための新しいアプローチを提示している。

【13】環境中のストロンチウム -90 の生物的モニターとしての鹿の角

- 英語タイトル：Antlers of Cervus elaphus as biomonitors of ^{90}Sr in the environment
- 著者名：Baeza A., Vallejo I., Guillen J., Salas A., Corbacho JA
- 雑誌名：Journal of Environmental Radioactivity, 102, 311-315(2011)
- 論文種別：原著論文
- 核種：ストロンチウム-90
- 研究対象：畜産物
- キーワード： ^{90}Sr , Antlers, Biomonitor, Radioactivity, Deer, Radium
- 索引用キーワード：生物的モニター、鹿、角
- 引用図表点数：図 2 点、表 3 点

【要約】

適切な放射線防護のためには、放射性核種含有量の変化に敏感な生物的モニターを特定しておく必要がある。カルシウムとストロンチウムの化学的な類似により、哺乳類の石灰化組織はストロンチウム-90 の良い生物的モニターになると考えられる。本論文では、毎年抜け落ちる鹿の角がその伸長期間における生態系への放射性ストロンチウムの汚染度推定に利用可能かを検討している。サンプルは、スペイン西部、南西部のさまざまな地点で採取されている。ストロンチウム-90 の平均値は $(70 \pm 43 \text{ (S.D.)}) \text{ Bq/kg}$ 乾燥重量、変動幅は $(16 \sim 218) \text{ Bq/kg}$ 乾燥重量であり、放射性核種は角の各部位に均等に分布していた。角のストロンチウム-90 含有量と土壌のストロンチウム-90 の蓄積量はよい相関を示した。

角に含まれるラジウム-226（天然ウラン由来）と安定元素（カルシウム、マグネシウム、ストロンチウムおよびカリウム）を測定したところ、安定元素の値は分析したサンプルのなかで実質的に一定であり、その濃度はカルシウム >> マグネシウム > カリウム >> ストロンチウム-90 > ラジウム-226 の順で減少した、と述べている。