

○低減措置等について	【127】～【144】
------------	-------------

### 【127】 低レベルウラン汚染土壌のクリーンアップのための植物を利用した環境浄化 (phytoextraction)

- 英語タイトル：Phytoextraction for clean-up of low-level uranium contaminated soil evaluated
- 著者名：Vandenhove H, Van Hees M
- 雑誌名：Journal of Environmental Radioactivity, 72, 41-45(2004)
- 論文種別：原著論文
- 核種：ウラン-238
- 研究対象：環境（土壌・水等）
- キーワード：Uranium, Phytoextraction, Citric acid, Ryegrass, Indian mustard, Clean up
- 索引用キーワード：ウラン、環境浄化、クエン酸、ライグラス、カラシナ
- 引用を図表点数：図 5 点、表 4 点

#### 【要約】

核燃料サイクルからの流出 (spill) はウランによる土壌汚染を招いた。放出レベル程度の小規模汚染の場合には、低コストで効率的な浄化措置が推奨される。本論文では、核燃料処理で生じる低レベルウランで汚染した砂質土壌を、植物吸収によって必要な放出限界を達成できるかどうかを検討するために実行された研究結果の報告をしている。供試した 2 種の土壌は、対照土壌 (317Bq/kg のウラン-238) 及び同じ土壌を重碳酸塩で洗浄したもの (69Bq/kg のウラン-238) であり、試験用植物としてライグラス (細麦; *Lolium perenne* cv. Melvina) およびカラシナ (*Brassica juncea* cv. Vitasso) を用いた。これら植物体による土壌放射活性の年間除去率は 0.1% 以下であった。収穫 1 ヶ月前に 25mmol/kg のクエン酸を添加することにより、ウラン吸収能力が 500 倍高まった。15,000kg/ha の細麦および 10,000kg/ha のカラシナにより、それぞれ年間当たりの土壌放射活性の最大 3.5% および 4.6% が除去可能である。重碳酸塩で洗浄した土壌および対照土壌では、要求される土壌放射活性減衰水準の 1.5 倍および 5 倍を示すことから、放出限界に達するには 10 ～ 50 年かかると予想される。しかし、クエン酸を土壌へ添加することにより、乾物生産量は減少する、としている。

## 【128】 チェルノブイリ事故後 20 年間における農業分野での対応措置に関する総合的レビュー

- 英語タイトル：An extended critical review of twenty years of countermeasures used in agriculture after the Chernobyl accident
- 著者名：Fesenko SV, Alexakhin RM, Balonov MI, Bogdevitch IM, Howard BJ, Kashparov VA, Sanzharova NI, Panov AV, Voigt G, Zhuchenka YM
- 雑誌名：Science of the Total Environment, 383, 1-24(2007)
- 論文種別：総説
- 核種：セシウム、ヨウ素
- 研究対象：農産物、畜産物
- キーワード：Chernobyl NPP, Agriculture, Consequence, Countermeasures, Remediation
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、農業分野、帰結、対策、修復
- 引用を図表点数：図 10 点、表 12 点

### 【要約】

チェルノブイリ原発事故によって多大な影響を受けたベラルーシ、ロシアおよびウクライナの各国では、農業分野においても様々な対応措置が講じられてきた。本総説では、1986 年から 2006 年までの 20 年間における農業分野での対応措置について、鍵となるデータを収集すると共にその有効性について検証し、最終的に、これらの対応策により内部被曝を 30～40% 低減出来たものと結論している。

## 【129】 チェルノブイリ汚染地域における湖岸住民の内部被曝の主要因は湖水魚である

- 英語タイトル：Lake fish as the main contributor of internal dose to lakeshore residents in the Chernobyl contaminated area
- 著者名：Travnikova IG, Bazjukin AN, Bruk GJ, Shutov VN, Balonov MI, Skuterud L, Mehli H, Strand P
- 雑誌名：Journal of Environmental Radioactivity, 77, 63-75(2004)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137
- 研究対象：水産物、畜産物
- キーワード：Chernobyl, internal exposure, lake fish, mushrooms
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、湖水魚、キノコ、内部被曝
- 引用を図表点数：図 2 点、表 4 点

### 【要約】

1986年のチェルノブイリ事故後の1996年に、ロシアの2地域住民を対象とした、摂食パターンと体内被曝に関する調査が行われた。その結果、排水設備のない泥炭湖岸に位置するロシアのブリャンスク地域のKozhany村に居住する成人が、セシウム-137の重大な汚染を受けていることが明らかとなった。湖水および魚介類中のセシウム-137含量は、地域の川および流水湖と比較して2桁高く、チェルノブイリ放射能汚染から10年経過した後も、高い汚染レベルの状態を保っていた。湖水魚および森林中のきのこにおけるセシウム-137含量は、約10～20kBq/kgであり、ロシアの暫定許容基準値を20～40倍超えていた。湖水魚の摂食が、Kozhany村住民の内部被曝の主な要因（寄与率40～50%）となっていた。本論文によると、乳牛へのプルシャンブルー（Prussian blue）投与、調理前のキノコや湖魚の本調理前煮沸、という単純な対策をとることにより、放射性物質の降下後、10年が経過した時点でも、住民のセシウム-137内部被曝線量を半減することが出来たとされる。

### 【130】 ラットのヨウ素-131曝露に対するヨウ化カリウムおよび過塩素酸アンモニウム投与による改善効果の評価

- 英語タイトル：Evaluation of Potassium Iodide (KI) and Ammonium Perchlorate ( $\text{NH}_4\text{ClO}_4$ ) to Ameliorate  $^{131}\text{I}$ - Exposure in the Rat
- 著者名：Harris CA, Fisher JW, Rollor EA 3rd, Ferguson DC, Blount BC, Valentin-Blasini L, Taylor MA, Dallas CE
- 雑誌名：Journal of Toxicology and Environmental Health PartA, 72, 897-902(2009)
- 論文種別：原著論文
- 核種：ヨウ素-131
- 研究対象：ヨウ素-131
- キーワード： $^{131}\text{I}$  exposure, radioprotectant, potassium iodide, ammonium perchlorate, thyroid gland
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、ヨウ素カリウム、過塩素酸塩、甲状腺、ヨウ素-131曝露
- 引用の図表点数：図2点、表3点

### 【要約】

原子炉事故および核テロの脅威は、放射能汚染に関連する有害な健康リスクについての懸念を高めた。ヨウ化カリウム（KI）は、一般的な放射性核分裂生成物であるヨウ素-131曝露の治療のために、米国食品医薬品庁で現在承認されている唯一の薬剤介入である。ヨウ化カリウムは有効であるが、その放射線防護効果を最大限に発揮するためには、放射性曝露の前もしくは曝露後出来るだけ早く

(数時間以内に)投与されるべきである。チェルノブイリ原子炉事故の際には、何千人もの人々に放射能汚染が生じたが、ヨウ化カリウムはすぐには投与されず、投与の遅れは小児甲状腺癌の発生率を高めた。過塩素酸塩は、ヨウ化物の甲状腺取り込みを妨げ、甲状腺から遊離ヨウ化物を放出する能力を持つため、ヨウ素-131の毒性に対するもう一つの薬剤放射線防護剤として提案された。この論文は、放射性ヨウ化物(ヨウ素-131)による甲状腺曝露を抑えるヨウ化カリウムおよび過塩素酸アンモニウムを比較する目的で、ラットのヨウ素-131曝露に対するヨウ化カリウムおよび過塩素酸アンモニウム投与による改善効果について報告している。ラットにヨウ素-131トレーサー経口投与後、0.5時間および3時間後に30mg/kgの過塩素酸アンモニウムもしくはヨウ化カリウムを投与した。対照群と比較し、両薬剤処理とも同程度ヨウ素-131の甲状腺曝露を抑え、65～77%低減させた。過塩素酸アンモニウムは、安定ヨウ化物と比較して、全身放射線防護効果が高かった。ヨウ化カリウム投与動物は、15時間後、尿中に30%のヨウ素131を排泄したのみであったのに対し、過塩素酸アンモニウムを投与したラットでは、47%であった。つまり、ヨウ化カリウムおよび過塩素酸アンモニウムは、ヨウ素-131曝露後最大3時間まで、ヨウ素-131の甲状腺曝露を抑えることができることを示唆している。過塩素酸アンモニウムは、身体からのヨウ素-131除去能力が高いため、ヨウ化カリウムよりも防護剤として優れているかも知れない、としている。

### 【131】北方林生態系での植物および菌類中のセシウム-137レベルに関するカリウム単独施肥の長期的効果

- 英語タイトル: Long-term effects of single potassium fertilization on <sup>137</sup>Cs levels in plants and fungi in a boreal forest ecosystem
- 著者名: Rosen K, Vinichuk M, Nikolova I, Johanson K
- 雑誌名: Journal of Environmental Radioactivity, 102(2), 178-184(2011)
- 論文種別: 原著論文
- 核種: セシウム-137
- 研究対象: 農産物、環境(土壌・水等)
- キーワード: bilberry, fungi, heather, lingonberry, potassium, radiocaesium
- 索引用キーワード: 放射性セシウム、カリウム、菌類、植物、ギョリュウモドキ、コケモモ
- 引用の図表点数: 図5点、表2点

#### 【要約】

本論文では、中央スウェーデンの森林生態系において、1992年のカリウム単独施肥(100kgK/ha)によるセシウム-137移行への長期的効果を検証した結

果を報告している。3種の低成長多年生低木であるギョリュウモドキ (*Calluna vulgaris*)、コケモモ (*Vaccinium vitis-idaea*)、コケモモ (*Vaccinium myrtillus*) および4種の野生のきのこ (*Cortinarius semisanguineus*, *Lactarius rufus*, *Rozites caperata*, *Suillus variegatus*) について、セシウム-137の放射能濃度を測定した。カリウム施肥後17年が経過した施肥区での植物およびきのこへのセシウム-137の移行は、コントロールの非施肥区のものに比べ大幅に低下していた。セシウム-137の放射能濃度は、カリウム施肥区できのこの孢子嚢果 (sporocarps) で21～58%、また植物では40～61%コントロールと比較して低かった。その効果はすべての種において統計的に有意で顕著であったが、研究期間を通じて、セシウム放射能濃度の減少は、植物の方がきのこに比べて一貫していた。菌類や植物中のセシウム-137放射能濃度のカリウム施肥による低減効果は、時間の経過とともに減少したが、施肥17年後の2009年でも効果を維持していた。これらの成果は、森林へのカリウム施肥は、植物および菌類への放射性セシウム蓄積を低減するために適切かつ有効な長期的措置であることを示唆している、としている。

**【132】 アルギン酸カルシウム、フェリシアン化鉄 (II)、ヨウ化カリウムおよび 亜鉛-DTPA 同時経口摂取によるラット中のストロンチウム-85、セシウム-137、ヨウ素-131、セリウム-141 体内残留の減少**

- 英語タイトル: Reduction of <sup>85</sup>Sr, <sup>137</sup>Cs, <sup>131</sup>I and <sup>141</sup>Ce retention in rats by simultaneous oral administration of calcium alginate, ferrihexacyanoferrate (II), KI and Zn-DTPA
- 著者名: Kargacin B, Kostial K
- 雑誌名: Health Physics, 49(5), 859-864(1985)
- 論文種別: 原著論文
- 核種: ストロンチウム-85、セシウム-137、ヨウ素-131、セリウム-141
- 研究対象: 防護技術
- キーワード: reduction, retention, oral administration, radionuclides, therapeutic agents
- 索引用キーワード: 経口摂取、放射性元素、体内残留、治療、減少
- 引用を図表点数: 表 2 点

**【要約】**

本論文では、アルギン酸カルシウム、フェリシアン化鉄 (II)、ヨウ化カリウム混合物およびキレート剤としてのジエチレントリアミン5酢酸亜鉛 (亜鉛-DTPA) の同時経口摂取が、放射性ストロンチウム、セシウム、ヨウ素、セリウムの体内残留にどのような効果を及ぼすかを調べている。7週齢雌ラットに、

これらの解毒剤を実験開始から3日間投与し、放射性元素は実験2日目に投与した。ストロンチウム-85、セシウム-137、ヨウ素-131 経口投与およびセリウム-141 腹腔内投与6日後、およびセリウム-141 経口投与1日後に、全身、胴体、消化管、肝臓、腎臓および各重要臓器の放射性元素の残留を調べた結果、四薬品同時経口摂取により、経口摂取の放射性ストロンチウム、セシウム、ヨウ素および腹腔内投与の放射性セリウムの体内残留が減少した。亜鉛-DTPA は混合物中の解毒剤の効果を低下させず、また、混合物は亜鉛-DTPA の効果に有意な影響を与えなかった。以上の結果から、アルギン酸カルシウム、フェリシアン化鉄(II)、ヨウ化カリウムおよび亜鉛-DTPA 同時経口摂取は、特に環境中放射能濃度が長期間上昇する場合の事後治療に有用な可能性がある、としている。

### 【133】 乳畜ミルク中の放射性ヨウ素を減少させる方策に関するレビュー

- 英語タイトル：A Review of Countermeasures to Reduce Radioiodine in Milk of Dairy Animals
- 著者名：Howard J.B., Voigt G., Segal G.M., Ward M.G.
- 雑誌名：Health Physics, 71(5), 661-673(1996)
- 論文種別：原著論文
- 核種：ヨウ素
- 研究対象：食品、畜産物
- キーワード：iodine, milk, fallout, food chain
- 索引用キーワード：ミルク、餌、過塩素酸塩、チオシアネート
- 引用図表点数：図2点、表3点

#### 【要約】

ミルクの放射性ヨウ素による汚染を防ぐための方策についてまとめた総説である。放射能汚染していない餌を乳畜に与えることが、ミルクの放射性ヨウ素汚染を防ぐ最も効果的な手段である。また、地上に降下する他の放射性核種汚染への防護措置としても一定の効果が期待できる。他に、放射能の物理的減衰に十分な期間日持ちする乳製品に、ミルクを加工することも効果的である。ミルク中の放射性ヨウ素を低減するには、餌に添加剤を与えるという代替手法も効果がある。非放射性ヨウ素の投与は現場で実際に利用できる選択肢であるが、ミルク中の放射性ヨウ素レベルをせいぜい3分の1程度にしか低減できない。特に反芻動物の場合、既に大量のヨウ素を餌から摂取しているため、非放射性ヨウ素剤の効果を期待するには、十分に高用量（乳牛には少なくとも1日1g）を与えなければならない。今のところ、異なる反芻動物種で設定された非放射性ヨウ素の最適投与量を他の反芻動物種に適用しても良いかどうか判断するにはデータが足りない。過塩素酸塩やチオシアネートなどの他の化合物もミルクや甲状腺への放射性ヨウ

素移行を低減する。これらの化合物も非放射性ヨウ素と同程度の効果があると思われる。しかし、これらの化合物を放射性ヨウ素に適した添加剤として考えるには、ヒトや反芻動物への効果や悪影響（＝毒性の有無）に関する情報が不十分である。本総説では、動物種によって放射性ヨウ素がどの程度ミルクへ移行するのか、ヨウ素剤の経口投与でどの程度抑えられるのか、過塩素酸カリやチオシオン化カリを投与した際の動態や効率に関して、それぞれ図表を引用して説明している。また、本文内では、ヨウ素剤やその他添加剤のリスクやベネフィットに関する論文を多数紹介している。

### 【134】 セシウムとフェリシアン化鉄（プルシアンブルー：Prussian blue）の結合に関する定量解析

- 英語タイトル：Quantitative determination of cesium binding to ferric hexacyanoferrate: Prussian blue
- 著者名：Faustino PJ, Yang Y., Progar JJ, Brownell CR, Sadrieh N., May JC, Leutzinger E., Place DA, Duffy EP, Houn F., Loewke SA, Mecozzi VJ, Ellison CD, Khan MA, Hussain AS, Lyon RC.
- 雑誌名：Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 47(1), 114-125(2008)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-134
- 研究対象：セシウム-134
- キーワード：Prussian blue, Cesium binding, pH-profile, GI model, Particle size, Moisture, Atomic emission, Spectroscopy, Product quality
- 索引用キーワード：プルシアンブルー、フェリシアン化鉄、市販医薬品、セシウム結合能
- 引用図表点数：図 11 点、表 3 点

#### 【要約】

不溶性のプルシアンブルー（PB）としても知られているフェリシアン化鉄（ $\text{Fe}_4\text{III}[\text{FeII}(\text{CN})_6]_3$ ）は、市販医薬品 Radiogardase の有効成分である。Radiogardase は、放射能拡散兵器のような重大な放射線事故において、放射性セシウムやタリウムによる内部被曝の医学的防護薬として FDA から承認されている。多くの前臨床および臨床試験で、PB は金属陽イオンの排泄を高める治験試薬として評価されている。しかし、様々な物理的・化学的条件下で不溶性 PB へのセシウム結合能を詳細に検討した *in vitro* での研究報告は殆どない。本研究の目的は、培地の pH、粒子サイズ、および保管条件（温度）などの特定の化学的・物理的要因による PB の有効成分および市販医薬品の *in vitro* での結合能を評価することである。*In vitro* での実験条件に関して、PB がヒト消化管（GI）

で遭遇する環境条件を反映するために、pH1～9の範囲で試験を行った。セシウム結合の測定は、胃腸管滞留時間を考慮して、1～24時間の範囲とし、妥当性が確認された原子発光分光法（AES）を用いて行った。その結果、セシウムのPB有効成分と医薬品への結合において、pH、露出時間、保存温度および粒径が重要な役割を果たしていることが示された。セシウム結合能は、胃内のpHと同等である1～2において最低であり、生理的pHである7.5で最高となった。乾燥貯蔵条件は、PBからの水分損失を生じ、その結果、胃内滞留時間に比例して、PBのセシウム結合能力は低下した。PBのセシウム結合能は粒子サイズの違いによっても影響を受けた。また、幾つかのPB有効成分と医薬品では、セシウム結合能がバッチ差による影響を受けた。特定の物理化学的特性は、PB有効成分および医薬品の初期結合能力および想定した胃および消化管滞留時間条件下での全体的な結合能力に影響を与えることが示唆された。これらの物理化学的特性は、医薬品の特定の製造および貯蔵条件下で品質予測およびPBの臨床効果を高める条件設計のために利用することができる、としている。

### 【135】“金属フェロシアン化物-陰イオン交換樹脂”による牛乳および水中のセシウム-137とヨウ素-131の同時吸着

- 英語タイトル：Simultaneous Adsorption of Cs-137 and I-131 from Water and Milk on “Metal Ferrocyanide-Anion Exchange Resin”
- 著者名：Watari K., Imai K., Ohmomo Y., Muramatsu Y., Nishimura Y., Izawa M., Baciles LR
- 雑誌名：Journal of Nuclear Science and Technology, 25(5), 495-499(1988)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137、ヨウ素-131
- 研究対象：畜産物、環境（土壌・水等）
- キーワード：adsorption, cesium-137, iodine-131, rain water, milk, ferrocyanides, resins, ion exchange materials
- 索引用キーワード：陰イオン交換樹脂、フェロシアン化物、牛乳、チェルノブイリ
- 引用図表点数：図4点、表1点

#### 【要約】

陰イオン交換樹脂マトリックス中で金属フェロシアン化物を沈殿させて作られる“金属フェロシアン化物-陰イオン交換樹脂”は様々な種類の水溶液中のセシウムイオンを選択的に吸着するために使われている。この樹脂は、金属フェロシアン化物と陰イオン交換樹脂両方の性質を併せ持っている。本論文では、この樹脂による水および牛乳中の放射性セシウムと放射性ヨウ素の同時吸着について検討している。その結果、銅、鉄およびニッケルフェロシアン化物などの“金属



フェロシアン化物-陰イオン交換樹脂”は、大量の試料溶液からの定量的な放射性セシウムと放射性ヨウ素の迅速かつ簡便な濃縮に使用できることを明らかにしている。本論文では、チェルノブイリ原発事故後、日本で収集された雨水と牛乳中のセシウム-137とヨウ素-131の除去についても述べられている。

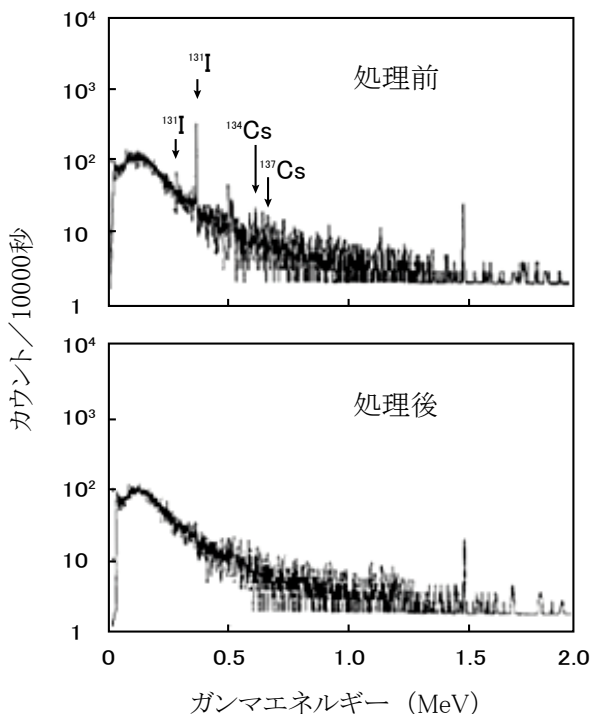


図4 “(NiFC) R” 処理前後のチェルノブイリ事故の放射性降下物質を含む雨水についてのゲルマニウム半導体検出装置を用いたγ線スペクトロメトリ解析結果

※“(NiFC) R” = ニッケルフェロシアン化物-陰イオン交換樹脂

カラム方法：直径1.2cm、3.0g“(NiFC) R”、流量：10ml/分

〔一般社団法人 日本原子力学会より許可を得て改変・転載〕

#### 【136】 畜産物の放射性セシウム汚染低減を目的とした形態の異なるヘキサシアノ鉄酸剤のロシアでの利用

➤ 英語タイトル：The use of hexacyanoferrates in different forms to reduce

radiocaesium contamination of animal products in Russia

- 著者名：Ratnikov AN, Vasiliev AV, Alexakhin RM, Krasnova EG, Pasternak AD, Howard BJ, Hove K, Strand P
- 雑誌名：Science of the Total Environment, 223(2-3), 167-176(1998)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137
- 研究対象：畜産物、放射線防護
- キーワード：Chernobyl, radiocaesium, countermeasures, hexacyanoferrate, animals, Russia, chemical methods, radiocesium, foods, boli
- 索引用キーワード：畜産物、ヘキサシアノ鉄酸、牛乳、牛肉、フェロシン
- 引用の図表点数：図2点、表6点

### 【要約】

本論文は畜産物の放射性物質の汚染低減を目的としている。ヘキサシアノ鉄酸は、家畜の放射性セシウムの取り込みや牛乳や牛肉への移行を低減する放射性セシウム結合剤として知られている。ロシアではセシウム-137と結合するフェロシン (5%  $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  と 95%  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  の混合物であるヘキサシアノ鉄酸塩製剤)を開発し、1989年から1992年にかけて、形態の異なるフェロシンについて、セシウム-137結合剤としての有効性をはじめ、潜在的毒性、牛乳の生産率への影響、家畜の健康への影響、日常の農作業での使いやすさを調べた。フェロシン剤は、高純度(98%)粉末、徐放性のこぶ胃用の大粒丸薬(rumen boli) (フェロシン含有量15%)、塩塊(salt lick) (フェロシン含有量10%)、10%フェロシンをしみこませたおが屑(bifega)の4種の形態で提供されているが、どの形態のフェロシンを投与しても、乳牛、羊、豚から畜産加工品への放射性セシウムの移行を抑制した。高濃度フェロシン粉末を乳牛1頭あたり毎日3~5g投与した場合には、セシウム-137の牛乳への移行を90%減少させることができた。フェロシン大型丸薬(1個あたりフェロシンを30g含有)の1頭あたり3個の単回投与では、セシウム-137の移行を2ヶ月間で50~75%低下させた。10%フェロシンを含有する塩塊(1回に与える22kgの塩塊には0.22kgのフェロシンが含まれている)は10日間で50%低下させた。一方、おが屑を1日30~60g(フェロシン量に換算すると3~6g/日)ずつ与えた場合は、セシウムの移行を90~95%低下させた。おが屑は現場での取り扱いも容易で効果も高かった。1994年に集団農場や個人農場で大規模試行した場合には、顕著な効果が認められなかったため、1996年に注意深く制御した条件下で4種のフェロシン剤について再度比較評価を行い、1989~1992年に行った実験の結果(大きな低減効果)は妥当であることを示した。また、ヘキサシアノ鉄酸塩製剤を原則として毎日投与することなど、推奨方法通りに実施することが重要であることを報告している。

### 【137】 飲料水および淡水食材（淡水魚など）からの放射線被曝を低減させる措置に関する批評的総説

- 英語タイトル：A critical review of measures to reduce radioactive doses from drinking water and consumption of freshwater foodstuffs
- 著者名：Smith JT, Voitsekhovitch OV, Hakanson L, Hilton J
- 雑誌名：Journal of Environmental Radioactivity, 56, 11-32(2001)
- 論文種別：総説
- 核種：セシウム-137、ヨウ素-131、ストロンチウム-90
- 研究対象：水産物、農産物
- キーワード：surface water, drinking water, freshwater fish
- 索引用キーワード：地表水、飲料水、淡水魚
- 引用図表点数：図3点、表8点

#### 【要約】

放射性降下物がもたらされた後の地表水からの放射線被曝を低減させる、多くの実施可能な措置がある。地表水域の放射能汚染について、政策立案者の意志決定に参考可能な選択肢を批評している。飲料水における放射能を減少させる最も効果的で実行可能な方法は、浄水及び流通段階における管理である。本論文は、飲料水供給経路において、放射線量を減少させる方法として、川及び貯水池での放射能濃度を低減するための介入措置は、実用性および効果の面で期待できないことを主張する総説である。淡水魚摂取を禁じることは効果があるが、調理前の段階で、魚に含まれる放射能を低減させる幾つかの実行可能な措置がある。湖水へカリウムを添加することは、状況によっては有望と考えられるが、湖を石灰処理したり生態系操作 (biomanipulation) したりすることは、放射性セシウム低減には効果がないことがわかった。著者らが知る限り、未検証ではあるが、湖に石灰をまくことは魚中の放射性ストロンチウムを低減させるのに有効となると予想され、またストロンチウムで汚染された魚から骨を除去することは、最も効果的な調理方法であるが、塩漬けしたり冷凍したりすることでも、魚中の放射性セシウム濃度を抑えることができると期待される。本総説では、国民への正確な情報提供は、対策措置推進のための重要な要素であることが強調されている。

### 【138】 チェルノブイリ放射性核種の体外排出

- 英語タイトル：Decorporation of Chernobyl Radionuclides
- 著者名：Nesterenko VB, Nesterenko AV
- 雑誌名：Annals of the New York Academy of Science, 1181, 303-310(2009)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137

- 研究対象：防護技術
- キーワード：Chernobyl, Radionuclides, decorporation, apple, pectin
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、放射性核種、食品、内部被曝、ペクチン
- 引用 の 図 表 点 数：図 4 点、表 4 点

### 【要約】

本稿は、BELRAD 研究所が 11 年間携わってきた放射能汚染地区の食料および人体の放射性核種のモニタリングの知見を基に、体内からの放射性物質の除去に効果的な対策を提言したものである。

チェルノブイリ事故から 22 年経過しているが、重度の汚染地域においては、汚染された食品の摂取が避けられないために線量限度は年間 1mSv を越えて設定されている。BELRAD 研究所は、子供たちの内部被曝を効果的に低減するためには、公的に定められた許容線量（例：15～20Bq/kg）の 30% に達した段階で治療介入を行うことが必要であると提唱している。ベラルーシの重度汚染地域居住者の Cs-137 体内蓄積量を計測したところ、公式の報告書においては年間摂取量を実際の 1/3～1/8 に過小評価していることが示された。また、BELRAD 研究所は、治療を目的として 16 万人以上のベラルーシの子供を対象に 1996 年から 2007 年の間にリンゴペクチン添加食品を摂取させてきた。これらの結果を基に、セシウム-137 の体外への排出に効果的な方法としてのペクチン摂取の有効性について言及している。

### 【139】 香港での淡水養殖魚の放射能汚染に対する各種防護対策による摂取線量の低減

- 英語タイトル：Dose reduction associated with various countermeasures in freshwater fish contamination in Hong Kong
- 著者名：Poon CB, Au SM.
- 雑誌名：Journal of Radiological Protection, 20, 197-204(2000)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137
- 研究対象：水産物
- キーワード：Dose reduction, countermeasures, freshwater, fish
- 索引用キーワード：淡水魚、養殖、移行
- 引用 の 図 表 点 数：図 2 点、表 2 点

### 【要約】

本論文では、香港で放射能事故が起こったと仮定した際の淡水養殖魚の摂食による摂取線量と、淡水魚養殖場での対策による摂取線量の削減効果の試算を行い、その結果を報告している。香港における淡水魚養殖の形態に基づいて作成さ

れたモデルから、放射能事故後最初の一年間の淡水魚摂食による線量移行係数は  $1.15\text{mSv MBq}^{-1} \text{m}^2$  と試算された。養殖淡水魚に由来する摂取線量の削減対策として、(A) 養殖の休止、(B) 汚染水の除去、(C) 堆積物の除去が考えられ、これらの対策の実施時期に応じた削減線量が試算された。養殖の再開時期と摂取線量の関係について詳細に調べたところ、事故から6カ月後に再開した場合のその後一年間の摂取線量は、事故後短期間で養殖を再開した場合の半分になると試算されている。また、養殖魚中の放射線濃度から、その魚を摂食した場合の摂取線量の見積りが可能な計算式が導き出されている。以上の結果は、政策決定者が放射能事故により汚染された淡水養殖魚の摂食で生じる摂取線量を抑制する上で役立つ、としている。

#### **【140】 ベラルーシにおけるセシウム-137、ストロンチウム-90 汚染農地の修復対策とその実践**

- 英語タイトル：Remediation strategy and practice on agricultural land contamination with  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in Belarus
- 著者名：Bogdevitch I.
- 雑誌名：Published in: Eurosafe. Paris, 2003, 25&26, November 2003, Environment and Radiation protection, Seminar 4, 83-92
- 論文種別：総説
- 核種：セシウム-137、ストロンチウム-90
- 研究対象：環境
- キーワード：Chernobyl accident, Belarus, agricultural countermeasures, remediation
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、土壌改良、牧草、ナタネ、プルシアンブルー
- 引用の図表点数：表5点

#### **【要約】**

ベラルーシ国内では、チェルノブイリ原発事故によるセシウム-137、ストロンチウム-90に汚染された農地が存在し、そこで収穫された農産物は内部被ばくの原因となると共に汚染地域社会の活力低下をもたらしている。本論文では、この問題に対処するために有効な農業上の対策について、過去に報告のあるデータに基づいて効率性と受容性の観点から総括を行っている。具体的には、土壌改良による牧草栽培、セシウム吸着剤の飼料への添加、施肥、ジャガイモ栽培、ナタネのような工芸作物栽培への土地利用の転換に関して検討が行われている。

筆者は、優先すべき対策は、放射性物質の低減とともに、放射能が基準値を超えない農作物の生産による汚染地域住民の収入増加につながるものであるべき、とした上で、最も有効な対策は徹底的な土壌改良による牧草栽培 (radical

improvement of meadows) であり、放射性核種を約 1/3 に低減可能である、としている。さらに、セシウム-137 吸着剤であるプルシアンブルーの飼料への添加投与についても、低コストで畜産物へのセシウム-137 の移行を 1/3 程度に低減できる有効な手法である、と報告している。

#### 【141】「チェルノブイリ」事故下の子供がリンゴペクチンを摂取することで体内のセシウム -137 量は減少する

- 英語タイトル：Reducing the <sup>137</sup>Cs-load in the organism of “Chernobyl” children with apple-pectin
- 著者名：Nesterenko VB, Nesterenko AV, Babenko VI, Yerkovich TV, Babenko IV.
- 雑誌名：Swiss Medical Weekly, 134, 24-27(2004)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137
- 研究対象：農産物、防護技術
- キーワード：“Chernobyl” children, reduction of the <sup>137</sup>Cs load in the organism, controlled trial, oral Apple-Pectin vs. Placebo
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、リンゴペクチン、プラセボ、除染
- 引用の図表点数：表 2 点

#### 【要約】

標準的な放射線防護措置の補完として、子供の体へのセシウム-137 摂取を減少させるために、特にウクライナではリンゴペクチン調製剤が与えられている。「子供が放射線学的に汚染されていない食べ物を摂取していてもペクチン摂取は有効かどうか」、また、「この多糖類は腸内でセシウム-137 に結合し、腸内吸収を妨げるだけなのか」という疑問が持ち上がったが、「放射線学的に汚染されていない食べ物を摂取できるなら、ペクチンは役立たない」とみられている。本研究では、放射能汚染されたホメリ州に住む 64 人の子供を対象に、15～16%のペクチンを含む乾燥粉末りんご抽出物とプラセボ粉末を用いて、無作為（ランダム）化された二重盲検対照試験を実施した。被験者のセシウム-137 量の平均は約 30Bq/kg-BW（体重）であった。試験は、サナトリウム・シルバースプリングに 1 カ月滞在した子供に対しても同時に実施された。この汚染されていない放射線環境下の施設では、放射線学的に「汚染されていない」食物が子供に与えられた。ペクチン粉末を摂取した子供におけるセシウム-137 レベルの減少は平均 62.6%であったのに対し、「汚染されていない」食物および偽薬（プラセボ）を摂取した子供におけるセシウム-137 レベルの減少は 13.9%であり、統計学的有意差があった（P 値は 1%以下）。このセシウム-137 の減少レベルには医学的な関連があり、

プラセボグループの全ての被験者は 20Bq/kg-BW 以下 (Bandazhevsky によって特定の病理学的な組織の損傷に関連の可能性があると考えられている値) にはならず、平均  $25.8 \pm 0.8\text{Bq/kg}$  であった。リンゴペクチンを摂取したグループにおける最高値は 15.4Bq/kg であり、平均値は  $11.3 \pm 0.6\text{Bq/kg-BW}$  であった、と報告している。

#### 【142】「チェルノブイリ」事故下の子供にみられる、セシウム-137 量、循環器症状および食品との関係 —リンゴペクチン経口摂取後の予備調査結果—

- 英語タイトル：Relationship between Caesium ( $^{137}\text{Cs}$ ) load, cardiovascular symptoms, and source of food in “Chernobyl” children – preliminary observations after intake of oral apple pectin
- 著者名：Bandazhevskaya GS, Nesterenko VB, Babenko VI, Babenko IV, Yerkovich TV, Bandazhevsky YI.
- 雑誌名：Swiss Medical Weekly, 134, 725-729(2004)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137
- 研究対象：農産物、防護技術
- キーワード：Chernobyl nuclear power accident, caesium contamination, cardiovascular symptoms, hypertension, apple pectin
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、ベラルーシ、汚染牛乳、循環器症状、リンゴペクチン
- 引用を図表点数：図 3 点、表 2 点

#### 【要約】

チェルノブイリ原子力事故から 17 年が経過し、現在のベラルーシ南部住民の放射能汚染の大半は、長寿命の放射性同位体の取込みにより引き起こされている。この地域の子供達のセシウム-137 レベルの変動は、摂取食物源（特に個人農家で生産された汚染牛乳の消費）に依存している。本論文では、ベラルーシの農村地域（セシウム-137 汚染が  $5\text{Ci}/\text{km}^2$  以上）の子供を体内セシウム-137 量に応じ、3つのグループ（グループ1は  $5\text{Bq}/\text{kg-BW}$ （体重）以下、グループ2は  $38.4 \pm 2.4\text{Bq}/\text{kg-BW}$ 、グループ3は  $122 \pm 18.5\text{Bq}/\text{kg-BW}$ ）に分け、セシウム-137 量、子供の主な食物源および循環器症状との関連性を調査した。循環器症状、心電図の変化および動脈性高血圧の出現頻度は、体内セシウム-137 量の高い子供の方が、非常に低い子供に比べ有意に高かった。中程度および高い体内セシウム-137 量（グループ2および3）の子供に 16 日間リンゴペクチンを摂取させると、セシウム-137 量は有意に減少した（グループ2および3においてそれぞれ 39%、28%減少）。心電図の変化は改善したが、循環器症状および高血圧はどのグループでも変化がなかった、と報告している。

### 【143】現在のベラルーシの子供におけるセシウム-137 体内放射線量に関する研究—体内放射線量はさらに減少できるか？

- 英語タイトル：Studies on the current <sup>137</sup>Cs body burden of children in Belarus—Can the dose be further reduced?
- 著者名：Hill P, Schlager M, Vogel V, Hille R, Nesterenko AV, Nesterenko VB.
- 雑誌名：Radiation Protection Dosimetry, 125(1-4), 523–526(2007)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137
- 研究対象：農産物、防護技術
- キーワード：Chernobyl, Belarus, Pectin, children, Decontamination
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、ベラルーシ、ペクチン、子供、除染
- 引用の図表点数：図2点、表1点

#### 【要約】

チェルノブイリ原子炉事故後、ベラルーシの広い地域は放射性降下物質で汚染された。放射線量の長期的モニタリングと検証は、現在も進行中である。特別な関心がある住民グループは、汚染地域に住む子供たちである。セシウム-137の体内放射線量が高いため、1mSvの年間線量限界を時として超えることがある。このような状況で、食品汚染対策に加え、可能な被曝線量の低減手段に関する評価研究が行われている。特に、ベラルーシの科学者達は、被曝線量の低減効果が期待されるペクチン製剤（ビタペクト）の臨床応用に注目している。本論文では、ペクチン製剤の効果を検証するために、対照にプラセボを用いた二重盲検試験を実施している。放射能汚染を受けた子供の複数グループに、2週間サナトリウムに滞在してもらい、ビタペクトを服用させた。同数の対照群におけるグループにはプラセボ製剤を服用させた。それぞれのグループのセシウム-137体内被曝線量を試験前後に測定した結果、ビタペクト服用グループの被曝線量の平均減少率は33%、プラセボ製剤を服用したグループの平均減少率は14%であった。プラセボ群の低下は、非汚染食料の供給に起因すると考えられる。消化管において、ペクチンは化学的にセシウムのような陽イオンと結合し、糞便中への排せつを増加させることが知られている。この前提と代謝プロセスに基づく理論計算値は、実験的に示されたペクチン治療後の人体の放射性セシウムの保有率と質的に一致する、と報告している。

### 【144】ラットにおけるセシウム-137 除染に関するプルシアンブルーおよびリンゴペクチンの有効性の比較

- 英語タイトル：Comparison of Prussian blue and apple-pectin efficacy on



<sup>137</sup>Cs decorporation in rats

- 著者名：Galla BL, Taranb F, Renault D, Wilka J-C, Ansoborlo E.
- 雑誌名：Biochimie, 88, 1837-1841(2006)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137
- 研究対象：農産物、防護技術
- キーワード：Cesium Prussian blue Pectins Decorporation
- 索引用キーワード：プルシアンブルー、リンゴペクチン、チェルノブイリ、ウクライナ、除染
- 引用を図表点数：図 3 点

**【要約】**

セシウム-137 は、1986 年にウクライナで起きたチェルノブイリ原子力発電所の爆発の後に環境を汚染した最も重要な核分裂生成物の 1 つである。本論文では、2 種類のキレート剤であるプルシアンブルーおよびリンゴペクチンについて、ラットを用いたセシウム-137 除染の有効性の比較を行っている。セシウム-137 溶液をラットに 5kBq ずつ静脈注射し、その後（セシウム汚染直後より）、プルシアンブルーもしくはリンゴペクチンを添加した飲料水を 11 日間与えた（1 日 400mg/kg 相当）。キレート剤の有効性は、セシウムの糞便排泄量および投与 11 日後の組織・器官（血液、肝臓、腎臓、脾臓、骨格および残りの胴体）の蓄積量で評価した。プルシアンブルー処理後、排泄糞便中のセシウム濃度は 5 倍増加しており、測定した主器官におけるセシウム保持率の減少と相関していた。一方、リンゴペクチンを処理したラットと未処置のラットとの間には有意差は認められなかった、と報告している。