

○ミルク・乳製品について	【85】～【93】
--------------	-----------

【85】 オーストリアアルプス地帯の農業におけるセシウム-137 およびストロンチウム-90 のミルクへの移行

- 英語タイトル：¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr transfer to milk in Austrian alpine agriculture
- 著者名：Lettner H., Hubmer A., Bossew P., Strebl F..
- 雑誌名：Journal of Environmental Radioactivity, 98, 69-84(2007)
- 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：畜産物
- キーワード：Radiocaesium, Radiostrontium transfer coefficient, Biological half-life, Two-compartment model, seminatural, environment
- 索引用キーワード：放射性セシウム、放射性ストロンチウム、生物学的半減期、2-コンパートメントモデル、半自然環境
- 引用を図表点数：図3点、表5点

【要約】

オーストリアのアルプス地方は、旧ソ連邦の国以外では最もチェルノブイリ事故により汚染された地域である。本研究で調査を行った Salzburg 県のセシウム-137 による土壌表面汚染は中央値で 31.4kBq/m² であり、場所によっては 90kBq/m² を超える。植物からミルクへの移行を調べるために、2002 年と 2003 年の夏にサンプリング調査を行い、その結果を本論文で報告している。得られたデータをもとにセシウム-137 およびストロンチウム-90 のミルクへの移行係数 (fm) を、それぞれ $0.0071 \pm 0.0009d/l$ および $0.0011 \pm 0.0004d/l$ と算出した。今回得られたセシウム-137 の移行係数は、集約農業地帯で得られた値に比べてかなり高いものもある、としている。

【86】 チェルノブイリ原子炉事故で放出されたヨウ素-131 およびセシウム-137 のミルクへの移行

- 英語タイトル：Transfer to milk of ¹³¹I and ¹³⁷Cs released during the Chernobyl reactor accident
- 著者名：Tracy BL, Walker WB, McGregor RG.
- 雑誌名：Health Physiology, 56(2), 239-243(1989)
- 論文種別：原著論文
- 核種：ヨウ素-131、セシウム-137
- 研究対象：畜産物、環境（土壌・水等）

- キーワード：transfer, milk, grass, ¹³¹I, cesium, Chernobyl
- 索引用キーワード：移行、ミルク、牧草、ヨウ素、セシウム、チェルノブイリ
- 引用図表点数：図2点、表1点

【要約】

放射性核種の大気から牧草 - ミルクへの移行に関して、乾燥堆積および湿潤堆積 (wet deposition) がそれぞれヨウ素およびセシウムの移行に重要であったことを示す論文である。Bq/L 単位で測定したミルク中のヨウ素-131 濃度は、Bq/m³ 単位で測定した空気中のヨウ素-131 粒子濃度の 1000 ~ 2000 倍の数値を示した。ヨウ素の牧草からミルクへの移行は既存のモデルの予想通りであった。セシウム堆積の 10% が牧草の可食部に取り込まれた。セシウムの牧草からミルクへの移行は既存モデルの予想より 1 桁低かった、と報告している。

【87】 西欧各地域産のエメンタルタイプのチーズに含まれるストロンチウム-90、ウラン-238、ウラン-234、セシウム-137、カリウム-40、プルトニウム-239/240

- 英語タイトル：⁹⁰Sr, ²³⁸U, ²³⁴U, ¹³⁷Cs, ⁴⁰K and ^{239/240}Pu in Emmental type cheese produced in different regions of Western Europe
- 著者名：Froidevaux P., Geering JJ, Pillonel L., Bosset JO, Valley JF
- 雑誌名：Journal of Environmental Radioactivity, 72, 287-298(2004)
- 論文種別：原著論文
- 核種：ストロンチウム-90、ウラン-238、ウラン-234、セシウム-137、カリウム-40、プルトニウム-239/240
- 研究対象：畜産物、食品
- キーワード：⁹⁰Sr, cheese, uranium isotopes, milk-to-cheese transfer, food authenticity
- 索引用キーワード：ストロンチウム-90、チーズ、ウラン、ミルク、移行、欧州
- 引用図表点数：図3点、表3点

【要約】

本論文では、欧州各国の乳製品工場から収集したエメンタルタイプのチーズに含まれる放射性核種の調査結果を報告している。同チーズ中のストロンチウム-90 およびウランの定量法を示し、これによりチーズ中のストロンチウム-90 含量は放牧地の高度と有意な相関 ($r=0.708$, スチューデント t -試験 $=6.02$) を示すことを明らかにした。ストロンチウム-90 放射能は最大で 1.13、最小で 0.29Bq/kg であり、ウラン由来放射能は最大でもウラン-238 換算 27mBq/kg と非常に低かった。ウラン-234/ウラン-238 の比から各地でウラン-234 が天然存在比より大きく濃縮されていることが示された。この濃縮はチーズの地理的生産地

と有意な相関がなかったことから、牧草・土壌・地下水の地質学的特性に起因していると考えられる。これらの結果から、ミルク中のウランは、ウシの飼料由来よりむしろ飲水由来の影響が大きいと考えられ、この発見は核事故後の乳製品への放射性元素汚染のモデルに重要な知見を与える。また、ストロンチウム-90 含量および少し信頼性は劣るがウラン-234/ウラン-238 比はチーズの産地判別に用いることができる。セシウム-137 放射能はすべてのサンプル（20 種）で検出限界である 0.1Bq/kg 以下であった。チーズ中の自然カリウム-40 放射能の値（15～21Bq/kg）に基づき、ミルクからチーズへのアルカリカチオンの除去係数はおよそ 20 と計算された。プルトニウム放射能は 0.3mBq/kg の検出限界以下であった、としている。

【88】チェルノブイリ事故後の牧草 - 乳牛 - 牛乳経路におけるヨウ素とセシウムの移行

- 英語タイトル：Transport of iodine and cesium via the grass-cow-milk pathway after the Chernobyl accident
- 著者名：Kirchner G.
- 雑誌名：Health Physics, 66(6), 653-665(1994)
- 論文種別：原著論文
- 核種：ヨウ素-131、セシウム-137
- 研究対象：畜産物、環境（土壌、水等）
- キーワード：accidents, reactor, ¹³⁷Cs, Chernobyl, ¹³¹I
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、牧草、乳牛、牛乳、移行
- 引用を図表点数：図 3 点、表 5 点

【要約】

本論文は、チェルノブイリ事故後の放射性物質の牧草 - 乳牛 - 牛乳経路における移行を報告している。飼料や牛乳におけるヨウ素-131 とセシウム-137 の時間依存的濃縮を示す 150 以上のデータセットを、最小区画分析モデルを用いて評価した。牧草 - 乳牛 - 牛乳経路におけるセシウムの移行は、3 区画モデルで適切に説明される。ヨウ素-131 については、牛乳への緩慢な分泌を示すデータセットが少ないため、特定のモデルは結論づけられなかった。牧草における風化半減期と、飼料から牛乳への平衡移行係数は、ほぼ正規対数型の頻度分布を示した。植物での風化半減期の平均値は、ヨウ素では 9.1 ± 0.6 日、セシウムでは 11.1 ± 0.8 日で、1986 年以前に行われた実験による平均値とよく一致した。飼料から牛乳への平衡移行係数の平均値は、ヨウ素-131 では $3.4 \pm 0.4 \cdot 10^3 \text{d/L}$ 、セシウム-137 では $5.4 \pm 0.5 \cdot 10^3 \text{d/L}$ であった。これらとともに、チェルノブイリ事故前のデータセットから計算された平均値より低かった。この違いについては (1) 放射性

降下物は可溶性のトレーサーに比べて取り込まれにくい、(2) 移行過程が緩慢なため、いくつかの実験においてチェルノブイリ事故後の移行係数が早期に結論づけられ過小評価された、(3) 甲状腺で固定中に崩壊するため、ヨウ素-131の移行は長寿命のヨウ素同位体に比べて少ない、ことにより説明づけられる。飼料から牛乳へのヨウ素-131の移行は乳量と関係するが、セシウムについては、乳量および飼料タイプの影響は明白ではなかった、としている。

【89】放射性物質降下後のミルク中のセシウム濃度の長期的減少

- 英語タイトル：Longterm reduction of caesium concentration in milk after nuclear fallout
- 著者名：Muck K.
- 雑誌名：Science of the Total Environment, 162, 63-73(1995)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137
- 研究対象：食品、畜産物
- キーワード：fallout, contamination, biological half-life, environment, activity levels, Cesium-137
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、ミルク、牧草
- 引用図表点数：図6点、表1点

【要約】

チェルノブイリ事故後のオーストリアにおけるミルク中の放射能の経時的変化を調査した論文である。放射性物質降下直後の短期的な放射能減少と、事故後数年にわたる中期間の緩やかな減少の両方が、放射性降下物から予測される全被曝を推定するために非常に重要である。局所的な放射性物質降下量、植物間の差異、あるいは動物の個体ごとの代謝の差異等によるアーティファクトを避けるため、広域な生産物を測定対象とし、オーストリアの大規模粉ミルク工場で生産された粉ミルクの中の放射能濃度の測定を行ったところ、事故直後の1986年5月から8月までの間、半減期約34日間の速度で放射能が減衰した後、数年間に亘って放射能のゆっくりとした減少が見られ、見かけの半減期は、1.5～2.0年のレベルであったと報告している。生産場所の違いによる放射能の減少の差異についても論じており、また、ミルクと乳製品の放射性セシウム量は、牧草や干し草中の存在量に直接的に依存しており、ミルクの放射性物質の時間的変動は、それら原料の放射性物質の時間的変動と密接に対応する、としている。この結果から、論文では、牧草や干し草を餌としている牛や羊の肉の放射性物質は、放射性物質降下直後にその動物体内での生物学的半減期が放射線量の減少に影響を与える場合を除き、同様の時間的変動パターンを示すことを示唆している。

**[90] チェルノブイリ事故後のセシウム-137 汚染食品の摂取による内部被曝
報告 1. 一般モデル: ウクライナ・リウネ州 (Rovno Oblast) の成人の
摂食放射線量と被曝対策の効果**

- 英語タイトル: Internal Exposure from the Ingestion of Foods Contaminated by ¹³⁷Cs after the Chernobyl Accident. Report 1. General Model: Ingestion Doses and Countermeasure Effectiveness for the Adults of Rovno Oblast of Ukraine
- 著者名: Likhtarev I. A., Kovgan L. N., Vavilov S. E., Gluvchinsky R. R., Perevoznikov O. N., Litvinets L. N., Anspaugh L. R., Kercher J. R., Bouville A.
- 雑誌名: Health Physics, 70(3), 297-317(1996)
- 論文種別: 原著論文
- 核種: セシウム-137
- 研究対象: 食品
- キーワード: Cs-137, Chernobyl, accidents, reactor, dose assessment
- 索引用キーワード: チェルノブイリ、内部被曝、ミルク
- 引用 の 図表 点数: 図 12 点、表 11 点

【要約】

1986年4月のチェルノブイリ事故では70～100P（ペタ）Bqのセシウム-137が大気中に放出された。本報告ではウクライナ・リウネ州（Rovno Oblast）北部の成人におけるセシウム-137の摂食による被曝量の調査結果を著している。この地域のセシウム-137放射性降下物はウクライナの他の地域に比べると少なかったが、土壌から牛乳へのセシウム-137の移行率は高く（20Bq/L per kBq/m²まで）、このため、内部被曝量が外部被曝量を超える結果となっている。セシウム-137の土壌堆積、牛乳汚染および体内負荷について数多くの測定がなされ、セシウム-137汚染食物の摂取による内部被曝の一般モデル式の基礎が築かれた。本論文は二つの目標があり、①異なる措置策が講じられた場合にセシウム-137汚染食物の摂取による内部被曝がおこるプロセスを現象論的にとらえ一般モデル化すること、②事故後6年までの限られた期間であるが、リウネ州（Rovno Oblast）北部の成人に対して（第1報）、そのモデルを当てはめて検証することである。成人が実際に受けた放射線量は、措置を実施しなかった場合と比べて、1/4から1/8に減少した、と報告している。

[91] 牛乳のヨウ素移行係数値の再評価

- 英語タイトル: A Review of Measured Values of the Milk Transfer Coefficient

(fm) for Iodine

- 著者名：Hoffman FO
- 雑誌名：Health Physics, 35(Aug.), 413-416(1978)
- 論文種別：原著論文
- 核種：ヨウ素-131
- 研究対象：畜産物
- キーワード：transfer coefficient, milk
- 索引用キーワード：移行係数、ミルク
- 引用図表点数：表 2 点

【要約】

環境から牛乳へのヨウ素-131の移行を予測する際の移行係数 (fm) として $1 \times 10^{-2} \text{d/l}$ が多くの公表された環境評価で使用されているが、アメリカ合衆国原子力規制委員会の規制ガイド 1.109 では、fm の値として牛乳で $0.6 \times 10^{-2} \text{d/l}$ 、ヤギ乳で $6 \times 10^{-2} \text{d/l}$ を推奨している。本論文では、これらの値の妥当性について検討するため、出版された文献中のデータから、家畜によるヨウ素の吸収と畜乳への蓄積が平衡状態において測定されたと考えられるデータを選択し分析した。分析の結果、地域に特有な測定値がない場合においては、fm の値として牛乳で $1 \times 10^{-2} \text{d/l}$ 、ヤギ乳で 0.5d/l が適切であることが明らかになった、としている。

【92】放射性セシウムの食品への移行に関する時間的および空間的予測

- 英語タイトル：Temporal and spatial prediction of radiocaesium transfer to food products
- 著者名：Gillett AG, Crout NM, Absalom JP, Wright SM, Young SD, Howard BJ, Barnett CL, McGrath SP, Beresford NA, Voigt G
- 雑誌名：Radiation and Environmental Biophysics, 40(3), 227-235(2001)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム
- 研究対象：食品
- キーワード：radiocaesium transfer prediction, food, soil, flux, Chernobyl
- 索引用キーワード：移行予測、食品、土壌、チェルノブイリ
- 引用図表点数：図 5 点、表 4 点

【要約】

本論文は放射性物質の食品への移行予測を目的としている。空間的土壌データベース（交換性 K、pH、粘土含量と有機物含量）から利用可能な土壌特性を使用して食品中の放射性セシウム濃度を予測するために、最近開発された半機械的時間モデルを用いている。イングランドとウェールズに関する土壌特性、放射性セシウム沈着および作物生産データについてのラスタデータベースを開発し、食

品中の放射性セシウム濃度 (Bq/kg) の時空間パターンを予測するために使用している。この予測と農業生産の空間データを組み合わせることにより、放射性セシウムの面積あたりの放出 (output) が推定できる。著者らは、これを flux (単位面積当たりの Bq/年) と定義している。モデル予測を 1986 年のチェルノブイリ事故により比較的高レベルの放射性降下物汚染を受けたイングランドとウェールズの地域 (Gwynedd 郡と Cumbria 郡) における牛乳中の放射性セシウム汚染の観測データと比較したところ、観測データ変動のそれぞれ 56% および 80% を予測モデルで説明できたとしている。本論文で提示しているイラスト化した空間予測結果は、食品の汚染地域に関して、イングランドとウェールズの北方および西方地域が放射性セシウム堆積に対して脆弱であることを示唆した。また、flux を用いて脆弱性を評価した場合には、空間パターンがより複雑で、食品に依存するようになる、としている。

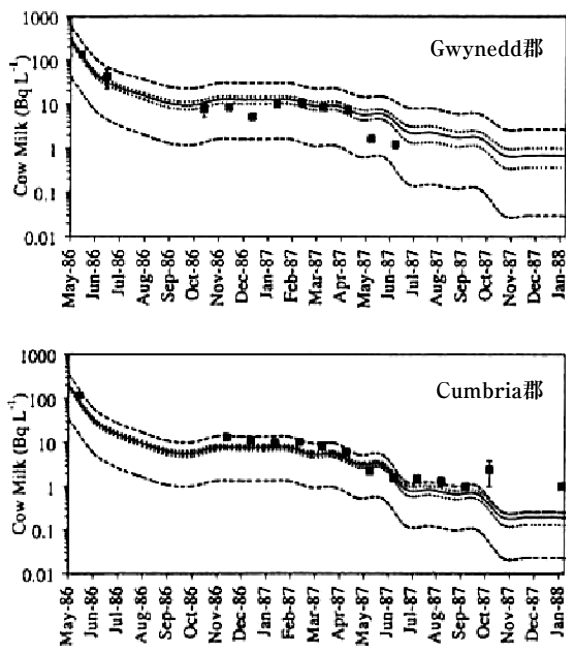


図 3 チェルノブイリ事故後の 1986 ~ 1988 年にかけての英国ウェールズ地方の Gwynedd 郡と Cumbria 郡の牛乳中の放射能濃度の実測値とモデルによる予測値。

黒四角が実測の月間平均値；実線はモデル予測の月間平均値；点線は空間寄与の不確実性によるモデル予測の標準誤差；破線はモデル予測の 25% および 75% 変動範囲。

[Neil Crout 及び Copyright 2001 Springer Science+Business Media より許可を得て改変・転載]

【93】 チェルノブイリ原子炉事故後に生じた放射性降下物に含まれる放射性同位体（ヨウ素-131、セシウム-134 およびセシウム-137）のチーズ製品への移行

- 英語タイトル：Transport of the radioisotopes iodine-131, cesium-134, and cesium-137 from the fallout following the accident at the Chernobyl nuclear reactor into cheese and other cheesemaking products
- 著者名：Assimakopoulos PA, Ioannides KG, Pakou AA, Papadopoulou CV
- 雑誌名：Journal of Dairy Science, 70, 1338-1343(1987)
- 論文種別：原著論文
- 核種：ヨウ素-131、セシウム-134、セシウム-137
- 研究対象：食品、畜産物
- キーワード：cheese making, transport of radiation contamination, sheep milk, cream
- 索引用キーワード：チーズ、ミルク、クリーム、移行、チェルノブイリ
- 引用の図表点数：図3点、表5点

【要約】

本論文では、チェルノブイリ原子炉事故後の放射能汚染物質について、チーズ製品の製造過程における移行調査の結果を報告している。羊のミルク及びグリュイエールチーズ（Gruyère）試料での放射性ヨウ素及びセシウム濃度について、10日間連続して製造製品の調査を行なった結果、放射性核種（ヨウ素-131、セシウム-134 およびセシウム-137）の濃度が100Bq/Lであるミルクから、 82.2 ± 3.9 Bq/kgのヨウ素、及び平均 42.3 ± 2.3 Bq/kgのセシウム同位体を含むチーズが生産されることが明らかとなった。同じミルクから得られるクリーム中のヨウ素-131濃度は 26.7 ± 2.8 Bq/kg、セシウム-134 とセシウム-137の平均濃度は 18.6 ± 1.9 Bq/kgである、としている。