

○モデル・シナリオ・提言等について	【38】～【45】
-------------------	-----------

【38】 戦略モデルを用いた仮想的汚染シナリオにおける最適な農業対策措置の特定

- 英語タイトル：Identifying optimal agricultural countermeasure strategies for a hypothetical contamination scenario using the strategy model
- 著者名：Cox G, Beresford NA, Alvarez-Frizzo B, Oughton D, Kis Z, Eged K, Thorring H, Hunt J, Wright S, Barnett CL, Gil JM, Howard BJ, Crout NMJ
- 雑誌名：Journal of Environmental Radioactivity, 83, 383-397(2005)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137、ストロンチウム-90、プルトニウム-239/240、アメリカシウム-241
- 研究対象：食品、農産物、畜産物、環境（土壌・水等）
- キーワード：model restoration, optimization, countermeasures
- 索引用キーワード：意志決定、利益－コスト最適化、実行モデル
- 引用の図表点数：図 6 点、表 3 点

【要約】

本論文では、放射能汚染地域へ最適な対策戦略を役立てるために考案された空間的実行モデル (spatially implemented model) を提案している。汚染地域内における集団および個人の被曝線量は、取り込み・排出総計量 (collective exported ingestion dose) と共に推定されている。様々な対策がモデルに組み込まれるとともに、環境規制も必要に応じて盛り込まれている。本モデルはコスト関数を用いることで、実施コストの削減による利益と損失のバランスを比較し、複数の対策の組み合わせの有効性を評価する。コスト関数で最低値を示す個々の対策（およびそれらが実行される時間と場所）を組み合わせることで、最適な対策戦略を特定しうる。このモデルは決定的な解決策を見出すためではなく、意志決定過程における双方向的な議論のために使用されるべきである。本研究ではカンブリア（イギリス）の仮定シナリオが実証モデルとして使われ、セシウム-137、ストロンチウム-90、プルトニウム-239/240、およびアメリカシウム-241 がそれぞれ 1.7×10^{14} 、 1.2×10^{13} 、 2.8×10^{10} および 5.3×10^9 Bq の総放出量となる原子力発電所事故のシナリオとしている。もしも改善対策が全く実行されないならば、放出後 10 年に亘り生じる（主にセシウム-137 に由来する）集団線量はおよそ 36,000 人 Sv であると予測される。最適な戦略は耕起、AFCF（アンモニウム鉄ヘキサシアノ鉄酸塩）管理、カリウム肥料の活用、家畜に汚染されていない餌を与えること、および食事制限を組み合わせることであり、これらによって約 1 億 6,000 万ポンドの費用で、約 33,000 人 Sv の被曝を回避できることが予測される。本論

文はこれらの結果を踏まえ「汚染地区内の特定地域において、一定期間、上記の対策が実施されるべきである」と提言している。

[39] 放射性物質が混入した食品サプライチェーンの復旧におけるフィンランドの利害関係者 (stakeholder) の活動

- 英語タイトル：Finnish stakeholder engagement in the restoration of a radioactively contaminated food supply chain
- 著者名：Rantavaara A., Wallin H., Hasunen K., Harmala K., Kulmala H., Latvio E., Liskola K., Mustonen I., Nieminen I., Tainio R.
- 雑誌名：Journal of Environmental Radioactivity, 83, 305-317(2005)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137、ヨウ素-131
- 研究対象：食品、畜産物
- キーワード：food supply chain, logistics, emergency preparedness
- 索引用キーワード：サプライチェーン、ネットワーク構築、専門家グループ
- 引用の図表点数：なし

【要約】

本論文では、フィンランドにおいて放射能汚染された食品サプライチェーンの復旧に関する活動について報告している。2001年、農村地域に偶発的に生じる放射能汚染に対処するためのネットワーク構築と利害関係者の対応力の強化を目的として、一次生産、食品加工、食品流通および消費、食品安全および食品利用、ケータリング（配膳業）および宅配サービス、自然保全、環境影響の研究、およびマスコミに関わる、様々な組織および機関を代表する専門からなるグループが設立された。同グループの「FARMING ネットワークプロジェクト」は、ミルクの大量生産地域における汚染を想定して、放牧中の乳牛へ清浄な餌を確保するための行動を評価するための枠組みを提供した。翌年、「STRATEGY プロジェクト」が農村における介入措置およびゴミ処理法の編集物を作成した。審査会（evaluation meeting）は着実かつ単純な取組みであるが有益かつ効率的であり、それらの知識を多くの専門分野にわたるグループが同時に情報交換することで、様々な対策に関する見解を共有できることが確認された。本論文では、放射能の測定と幅広い層への情報提供および助言が、優先順位の高い取り組みであるとされている。

【40】 放射能汚染事故における家庭およびケータリング業での対応策

- 英語タイトル：Preparedness of households and catering establishments for incidents involving radioactive contamination
- 著者名：Enqvist H..
- 雑誌名：Journal of Environmental Radioactivity, 83, 415-419(2005)
- 論文種別：原著論文
- 核種：なし
- 研究対象：食品
- キーワード：emergency preparedness, municipal planning, catering service
- 索引用キーワード：ケータリング、家庭、小冊子
- 引用 の 図 表 点 数：なし

【要約】

この短報は、放射能汚染事故の緊急事態に対して確実に備えるために、フィンランドのケータリング事業者および一般家庭に対して実施された多くの調査について述べている。緊急事態が生じた際に、ケータリング調理現場で実施すべき対応策の具体的な提言が1994年に発行された。調査結果およびそこから得られる提案と共に、これらの提言を順守すべきレベルの判断に関する研究がまとめられている。緊急事態時の様々な状況に対処するための予備計画についても示され、またケータリング調理現場における新たな課題についても触れている。家庭での緊急事態用のための調理小冊子には、消費者の考え・提案に基づき、将来的に向上させることができる方法が示されている。

【41】 牧草地の放射能汚染時における乳牛への清浄給餌のコストと実用性

- 英語タイトル：Costs and practicability of clean feeding of dairy cattle during radioactive contamination of grasslands
- 著者名：Rantavaara A., Karhula T., Puurunen M., Lampinen K., Taulavuori T.
- 雑誌名：Journal of Environmental Radioactivity, 83, 399-414(2005)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム、ヨウ素、ストロンチウム
- 研究対象：畜産物
- キーワード：contamination, cost, countermeasure, dairy farming, advisory service, intervention, radionuclide, caesium, iodine, strontium, feed
- 索引用キーワード：汚染、コスト、対策、酪農、助言サービス、飼料、放射性核種
- 引用 の 図 表 点 数：図 9 点、表 1 点

【要約】

フィンランドの酪農において、放射能事故1年目に汚染された牧草の摂取を減

らす対策として、他の粗飼料の供給が不十分な状況で清浄給餌を行うための、農園および地域のコストを試算した論文である。試算にはミルク生産に関する支出および収入を考慮し、経済計画のために開発した農園モデルを用いた。仮想汚染シナリオは、環境への拡散および陸上食物連鎖に伴う移行に関する RODOS モデルにより構築した。仮想的に環境拡散および堆積が起きた2つの類似したシナリオの6月上旬および7月の介入コストを見積もった。参照として、地域の飼料をすべて置き換える場合のコストを計算した。後者のシナリオでは、飼料を交換するコストはサイレージの入手しやすさにより6月が7月よりも高かった。最初のケースでは、清浄給餌のための追加費用は通常の生産コストの1/5であった。農業者への効果的な助言/支援サービスは、実質的な措置実施に貢献するものの、高コストと不十分な清浄飼料の供給であれば、成長期中の重大な汚染後の唯一の対策として清浄給餌の利用に限度がある、としている。

【42】 放射能漏出事故での食品の放射線防護対策のための ALARA (as low as reasonably achievable) アプローチ

- 英語タイトル：An ALARA approach to the radiological control of foodstuffs following an accidental release
- 著者名：Lombard J, Coulon R, Despres A
- 雑誌名：Risk Analysis, 8(2), 283-290(1988)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137、ヨウ素-131
- 研究対象：防護技術
- キーワード：ALARA, countermeasures, foodstuffs, intervention level, radioactive release
- 索引用キーワード：汚染防護対策、最大許容濃度設定、食品、年間摂取量、費用対効果
- 引用の図表点数：図1点、表11点

【要約】

本論文では、放射能漏出事故での食料の適切な汚染防護対策（最大許容濃度設定など）決定を行うための2つのアプローチに基づいた方法を検討・評価している。第1のアプローチ方法は、1人当たりの最小および最大の介入レベルに基づいて、それぞれの食品の年間摂取量を考慮に入れる。第2のアプローチ方法は、費用対効果分析に基づく。4つの食品（ミルク、肉、生鮮野菜、とうもろこし）と2つの核種（セシウム-137 およびヨウ素-131）に関して、幾つかの想定シナリオ（単一-或いは複数食品への単一-或いは複数核種汚染）でのこれらのアプローチに基づいた方法を適用した結果から、これらの方法は相補的で、第1アプローチ

は個々のリスクに、第2アプローチは全体のリスクに関係付けられる、と報告している。

【43】 土壌中における放射性降下物の拡散様式：濃度 - 深度相関プロファイルに及ぼす吸着特性の不均一性の影響

- 英語タイトル：Migration of fallout-radionuclides in the soil: effect of non-uniformity of the sorption properties on the activity-depth profiles
- 著者名：Bunzl K..
- 雑誌名：Radiation and Environmental Biophysics, 40, 237-241(2001)
- 論文種別：原著論文
- 核種：限定なし
- 研究対象：環境
- キーワード：Fallout-radionuclides, soil, activity-depth profiles
- 索引用キーワード：放射性降下物、土壌、動態、分布、シミュレーション
- 引用図表点数：図2点

【要約】

本論文では、土壌中における放射性核種の動態解明を目的として、実測値から得られた濃度分布について理論的に考察している。放射性降下物の土壌中の分布を測定すると、その濃度が正規分布に従わず、ピーク地点よりさらに深いところで予想外に高い濃度を示すことがしばしば観察される（テーリング現象）。対流-分散モデルに基づいたモンテカルロ法（乱数を用いたシミュレーション法）による計算から、テーリング現象が土壌の水力特性または吸着特性、あるいはその両者の不均一性（対数正規分布に従うと仮定）により説明できることを報告している。しかしながら、吸着特性のみを変数にした単純なシミュレーションからは、実測された濃度分布を再現できないことも報告されており、正確な予測には対象地点における水力特性および吸着特性の実測値が必要であるとしている。

本論文は、土壌中における放射性核種の動態予測には、対象地点における水力特性および吸着特性の把握が重要であることを示唆するものである。

【44】 非耕作草地土壌における放射性核種の垂直方向への移動

- 英語タイトル：Vertical migration of radionuclides in undisturbed grassland soils
- 著者名：Kirchner G., Strebl F., Bossew P., Ehlken S., Gerzabeck MH
- 雑誌名：Journal of Environmental Radioactivity, 100, 716-720(2009)
- 論文種別：原著論文
- 核種：セシウム-137

【43-追補】土壤中における放射性降下物の拡散様式:濃度-深度相関プロファイルに及ぼす吸着特性の不均一性の影響(図追加分)

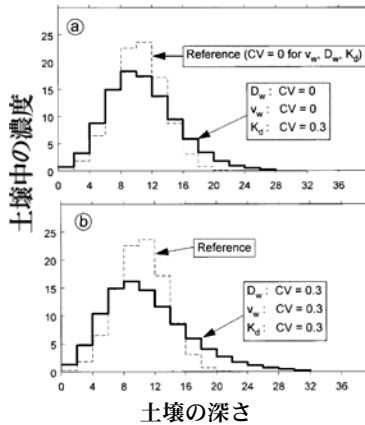


図1a,b 土壤中における放射性降下物の分布シミュレーション

降下 10 年後における土壤中の分布がシミュレートされている。基準となる濃度分布(点線)は以下のパラメーターを用いてシミュレートされている。[D_w (拡散係数)= $200 \text{ cm}^2 \text{ year}^{-1}$ 、 v_w (平均孔げき水速度)= 350 cm year^{-1} 、 K_d (分配係数)= $100 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ 、 e (水含有孔げき率)= $0.35 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ 、 ρ (土壌密度)= 1.25 g cm^{-3}]。パネル a の実線では分配係数(K_d)が水平方向に対して対数正規分布に従って変動[CV(変動係数)=0.3]すると仮定してシミュレートした結果が示されている。一方、パネル b の実線では拡散係数(D_w)、平均孔げき水速度(v_w)および分配係数(K_d)のいずれもが水平方向に対して対数正規分布に従って変動[CV(変動係数)=0.3]すると仮定したシミュレーションの結果が示されている。吸着特性の不均一性等を考慮したモデル(実線)ではテーリング現象が再現される。

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

- 研究対象：環境
- キーワード：Cesium, CDE models, Convection-dispersion equation, Model parameters, Radionuclides, Vertical migration
- 索引用キーワード：土壌、移動、動態解析
- 引用の図表点数：図 3 点、表 1 点

【要約】

本論文では、草地土壌における放射性核種の移動モデルを評価することを目的として、最も一般的な2つの数理モデルについて、統計学な観点から評価を行っている。コンパートメントモデル (compartment model) の適用上の制約から、対流-分散方程式モデル (convection-dispersion equation model: CDE model) がより有効であることが示されている。さらに、放射性セシウムについては、有効対流係数及び分散係数を算出している。ただし、セシウム以外の放射性核種と、温暖ではない環境の土壌については、データが不足している、と報告している。本論文は、CDE モデルによる放射性核種動態解析の有効性を示唆するものである。

【45】 牧草地の土壌におけるセシウム -137 の垂直移動の空間的多様性と長期予測への影響

- 英語タイトル：Spatial variability of the vertical migration of fallout ¹³⁷Cs in the soil of a pasture, and consequences for long-term predictions
- 著者名：Bunzl, K., Schimmack, W., Zelles, L., Albers, BP
- 雑誌名：Radiation and Environmental Biophysics, 39, 197-205(2000)
- 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：Fallout radiocesium, soil, migration, transport model
- 索引用キーワード：チェルノブイリ、土壌、移動、植物、吸収
- 引用の図表点数：図 9 点

【要約】

セシウム-137 のヒトへの長期に渡る移行経路として、地表に降下したセシウム-137 を吸収した植物を介した経路が懸念される。植物による吸収では、農地や牧草地の根圏 (深さ 0 ~ 7cm の土壌) における放射性物質の残存量が重要になってくる。そのため、様々な土壌の表層における放射性セシウムの垂直方向への移動に関する研究が数多く行われている。本論文では、現在広く使用されている土壌中のセシウム-137 の移動モデル (dispersion-convection モデル、residence time モデル、back-flow モデル) における移動パラメーターの影響を調べるため

【45-追補】牧草地の土壌におけるセシウム-137の垂直移動の空間的多様性と長期予測への影響(図追加分)

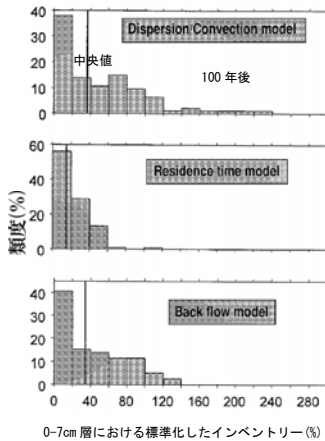


図9 3種類の移動モデルで予測した深さ0~7cmの層における100年後のセシウム-137の頻度分布

※ここでは、空間的多様性及びセシウム-137の堆積量を考慮している。20年後、50年後の予測では予測結果にモデル間で有意差は見られないが、本図に示したように、100年後の予測の場合は、各モデル間で予測結果に有意差が見られる。

[Kurt Bunzl 及び Copyright 2000 Springer Science+Business Media より許可を得て改変・転載]

に、チェルノブイリ由来のセシウム-137が降下した牧草地でのセシウム-137の深度分布を測定している。さらに、得られたデータから移動パラメーターを求め、この牧草地における20、50及び100年後の根圏土壌のセシウム-137の分布予測を行った。本論文によると、移動パラメーターに空間的多様性のみを考慮した場合には、residence timeモデルで予測される中央値は、他の2モデルの予測値よりも常に有意に高い値を示したが、空間的多様性に加えてセシウム-137の堆積量も考慮した場合には、各々のモデルで予測した中央値は100年後の予測においてのみ有意差を生じた、と報告している。