

平成 9 年度安全研究成果（調査票）

—環境放射能安全研究年次計画（平成 8 年度～平成 12 年度）—

技術資料		
開示区分	レポートNo.	受領日
T	N1400 98-002	1999.1.7

この資料は技術協力課保存資料です
閲覧には技術資料閲覧票が必要です
核燃料サイクル開発機構 技術展開部技術協力課

1998年11月

核燃料サイクル開発機構

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。
〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構 技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :
Technical Cooperation Sector, Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Naka-gun, Ibaraki 319-1194, Japan

核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute) 1998

1998 年 11 月

平成 9 年度安全研究成果（調査票）

－環境放射能安全研究年次計画（平成 8 年度～平成 12 年度）－

編 集 安全推進本部安全計画課

要 旨

平成 10 年 10 月 14 日の科学技術庁原子力安全局原子力安全調査室からの依頼に基づき、環境放射能安全研究年次計画（平成 8 年度～平成 12 年度）に登録された研究課題（7 件）について平成 9 年度安全研究の調査票を作成した。なお、「地質と環境放射線の関連性に関する研究」については、平成 8 年度をもって終了としたため、除いてある。

本報告書は、国に提出した調査票を取りまとめたものである。

目 次

1.[2]-(1)	環境中ラドン及びその壊変生成物濃度の測定及び性状挙動評価手法に関する研究	2
1.[3-2]-(4)	放射性物質の環境中での移行挙動及び変動要因に関する研究	6
1.[3-4]-(16)	湖沼環境被ばく評価モデルの開発	10
1.[5]-(2)	地球規模の広域拡散評価手法に関する研究	16
1.[5]-(3)	放射性物質の環境影響評価手法に関する研究	20
1.[6]-(7)	長半減期核種の分析測定技術の高度化に関する研究	24
1.[6]-(9)	内部被ばく線量測定評価法の高度化に関する研究	28

安全研究年次計画登録研究課題	環境中のラドン及びその壊変生成物濃度の測定及び性状挙動評価手法に関する研究			分類番号 1. [2] - (1) -
実施研究課題 (Title)	環境中のラドン及びその壊変生成物濃度の測定及び性状挙動評価手法に関する研究 (Study on the measurement of radon and its progeny in the environment, and on the evaluation of their behavior)			
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)			
研究者名及び所属 (Name / Affiliation)	石森 有 (Yuu ISHIMORI), 伊藤公雄 (Kimio ITO), 古田定昭 (Sada-aki FURUTA) 人形峠環境技術センター安全管理課 (Environment and Safety Section, Ningyo-toge Environmental Engineering Center)			
キーワード Key Word	ラドン radon	ラドン子孫核種 radon progeny		
研究期間	平成8年度～平成12年度	関連する国際共同研究課題及び実施機関	該当せず	
関連する解析コード	該当せず	関連する特別会計 実証試験	該当せず	
【成果の達成レベル】				
①ラドンによる被ばく評価上重要なラドン壊変生成物（以下、「ラドン子孫核種」という。）の積分型測定器の開発について、試作器による検討を基に改良器を製作し、屋外測定への見通しを得た。 ②ラドン子孫核種の粒径分布測定について、米国環境測定研究所（EML）との比較測定を行い、よく一致した結果が得られ、測定の信頼性については所期の成果を得た。 ③ラドン拡散評価について、ウラン鉱山捨石たい積場周辺で測定したラドン、ラドン子孫核種及びラドン散逸量の測定結果並びに拡散実験結果を整理し、たい積場影響評価についての知見をまとめた。				
【進捗状況（平成9年度）】				
①ラドン子孫核種の積分測定について、平成8年度の試験結果を検討・整理し、改良器を製作した。 ②ラドン子孫核種の粒径分測定について、EMLとの比較測定を行い、測定手法の信頼性について確認した。 ③ラドン拡散評価について、過去の測定結果を整理し、測定結果から推定されるたい積場の周辺への影響評価を行った。				
【使用主要施設】				
ラドン校正設備（人形峠環境技術センター）				
連絡先	〒706-0698 0868-44-2211 岡山県若田郡上齋原村1550 核燃料サイクル開発機構 人形峠環境技術センター		〔所属〕 安全管理課	〔氏名〕 課長 古田 定昭

【研究目的】

環境中ラドン及びその壊変生成物等のデータの拡充を図り、その性状と挙動を明らかにするとともに、ラドン壊変生成物の実用的測定器の開発を行い、ラドン等から受ける線量を正確に推定する手法を確立することにより、適切な線量当量の評価に資する。

【研究内容（概要）】

ラドン壊変生成物に関する実用的な測定器を開発するとともに、粒径分布などの線量に影響を及ぼす要因を把握する。さらにラドン壊変生成物の成長や沈着についての挙動解析を行うための基準標準場を製作し、各種パラメータに関する調査・研究を行う。

上記の成果を踏まえ、地面からのラドン散逸量及び気象データを組み合わせた拡散評価手法を確立する。

【研究成果】

①ラドン子孫核種の積分測定器の開発については、平成8年度の研究実績⁽¹⁾を踏まえ、改良器の設計・製作を行った。主な仕様の変更は、BG測定の機能を付加したこと、流量計を簡易なものに変更したこと、計器等の配置変更により試作器の約半分の大きさに小型化を行ったことである。

なお、ここでいう「BG」とは、ポンプによる吸引捕集によらず、自然拡散により検出器等に付着する成分であり、長期間の測定において無視できないため、新たに付加した。これにより、屋外実環境での測定の見通しを得た。

②ラドン子孫核種の粒径分布測定については、EMLにおける比較実験を行った⁽³⁾。EMLは過去に国際的なラドン比較実験が行われたときの基準測定機関のひとつであり、粒径分布測定技術についても優れていると判断される。

比較実験は、表-1に示すように50~450nmの範囲のエアロゾルを5種類の条件で発生させて行った。このうち、実験条件の④及び⑤は2種類のエアロゾルを発生させて行った。

本測定方法が粒子の拡散沈着を利用した拡散バッテリー法であるのに対して、EMLの測定方法は粒子の慣性衝突を利用したカスケードインパクタ法であり、両者の測定方法が異なっているにもかかわらず、幾何平均粒径（GMD）、幾何標準偏差（GSD）はよく一致した結果が得られた（表-1）。分布の形状も、比較的よく一致しているが、若干の相違は両者の分解能の違いによるものと考えられる（図-1）。

両者の測定で得られた粒径分布を用いて線量換算係数を試算し、線量評価への影響を推定した。計算には、ICRPの新しい呼吸器系モデルに基づく計算プログラム「IUDEP 2.0」を用いた。その結果、試算された線量換算係数は10%以内で一致し、線量評価上も問題のないことが確認できた。

ただし、ICRPは、ラドン子孫核種については鉱山における疫学調査の方が直接的であり、不確実性も小さいとの判断から、新モデルの使用を認めていない。「IUDEP 2.0」では、肺への沈着量を計算した結果から線量換算係数を求めており、相対的な比較は可能と考えた。（*ICRP Pub. 65(1994)）

③ラドンの拡散評価については、従来よりたい積場内およびその周辺において、大気中のラドン濃度およびラドン子孫核種濃度、地面からのラドン散逸量の測定を行っている。

図-2に測定結果の一例として、平成8年度の積分型ラドン測定器による測定結果を示す。たい積場内では高いラドン濃度が観測されているものの、たい積場周辺の居住地区では地質的にラドン濃度が高い菅原地区を除けば約30Bq/m³以下であり、国内の平均的なラドン濃度の範囲と考えられる。

その他の測定結果も合わせ、従来より以下の知見が得られている⁽²⁾。

- (1) 人形峠事業所周辺のラドン濃度は地質的にやや高い地区が見られた。
- (2) 人形峠事業所周辺のラドン濃度の季節変化は夏に高く冬に低い傾向が観測された。
- (3) たい積場内のラドン濃度は高いが、ラドン子孫核種濃度に相当する平衡等価ラドン濃度はたい積場内外で大きな差は見られないという傾向が確認された。
- (4) たい積場からの周辺への影響は、ブルームモデルに基づく計算により年間1mSv以下であることが推定された。

上記の結果については、平成9年10月に開催された国際シンポジウムにおいて発表した^(5, 6, 7)。

今後ともこれらの測定結果を踏まえ、地形を考慮した数値計算による拡散評価コードの検討を進めていく。

【公開資料】

別紙 公開資料リスト参照

公開資料リスト

- (1) 石森有, 伊藤公雄, 古田定昭, 中島裕治, 「積分型ラドン娘核種測定器の開発」, 日本保健物理学会第32回研究発表会要旨集 (1997年)
- (2) 古田定昭, 伊藤公雄, 石森有, 中島裕治「捨石堆積場周辺大気中ラドン拡散影響評価」(1997年), PNC TN6410 97-002
- (3) 伊藤公雄, ラドン比較グループ^{*1}, 「EMLにおける第2回ラドン比較実験(3) -ラドン娘核種の粒径分布-」, 日本保健物理学会第33回研究発表会要旨集 (1998年)
^{*1) ラドン比較グループ: 藤元憲三, 山田裕司, 床次眞司, 飯本武志, 真田哲也, 梶崎幸範, 松沢孝夫, 伊藤公雄}
- (4) 黒澤龍平, 石森有「PAECモニターの動特性に関する研究」, 日本保健物理学会第33回研究発表会要旨集 (1998年)
- (5) Yuu ISHIMORI, Kimio ITO, Sada-aki FURUTA, 「Environmental Effects of Radon and its Progeny from Uranium Waste Rock Piles: Part I—Measurements by Passive and Continuous Monitors」 Proceedings of Radon and Thoron in The Human Environment (now printing)
- (6) Kimio ITO, Yuu ISHIMORI, Sada-aki FURUTA, 「Environmental Effects of Radon and its Progeny from Uranium Waste Rock Piles: Part II—Measurements by Grab Sampling Methods」 Proceedings of Radon and Thoron in The Human Environment (now printing)
- (7) Sada-aki FURUTA, Kimio ITO, Yuu ISHIMORI, 「Environmental Effects of Radon and its Progeny from Uranium Waste Rock Piles: Part III—Estimation by Dispersion Models and Experiments」 Proceedings of Radon and Thoron in The Human Environment (now printing)

表-1 EMLにおける比較実験結果(GMD、GSD)

実験条件	EML		動燃	
	GMD [nm]	GSD [-]	GMD [nm]	GSD [-]
①	141	1.7	156	1.7
②	79.8	2.6	69.1	1.6
③	81.3	2.0	90.9	1.6
④	215	2.6	247	2.2
⑤	89.8	2.2	81.7	2.3

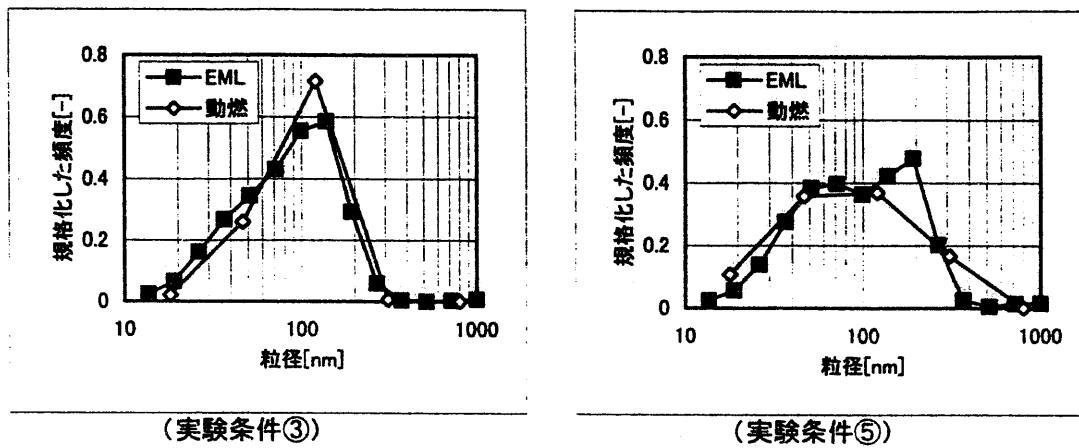


図-1 EMLにおける比較実験結果

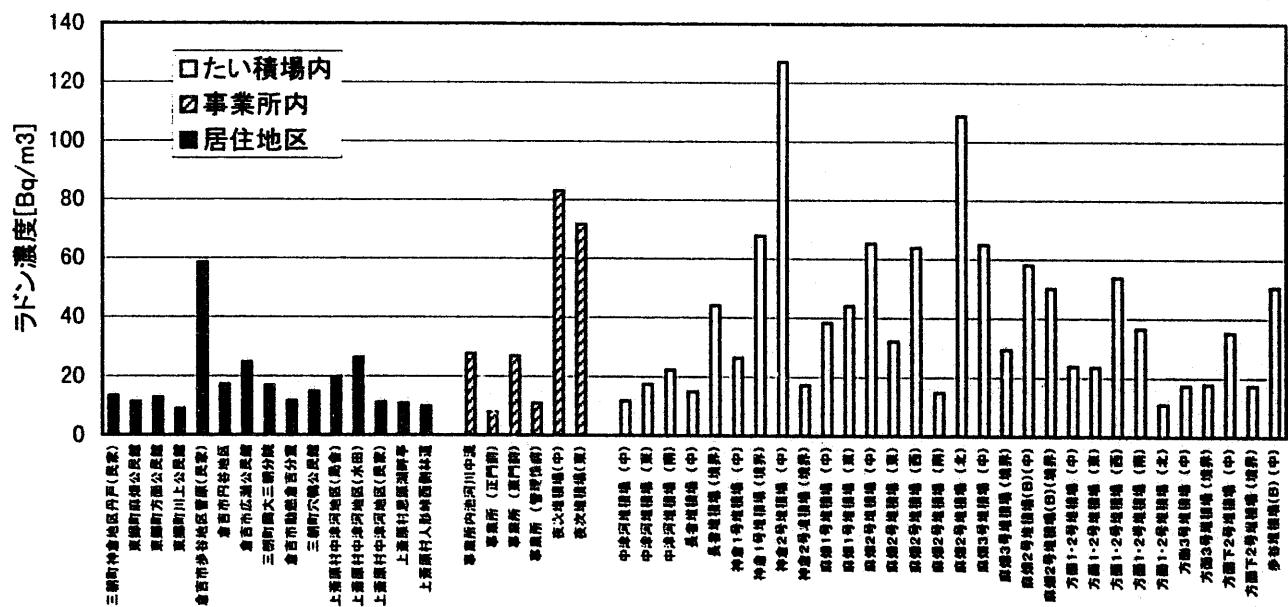


図-2 平成8年度ラドン濃度測定結果

安全研究 年次計画登録 研究課題	放射性物質の環境中での移行挙動及び変動要因に関する研究				分類番号 1. [3-2] - (4)
研究課題名 (Title)	放射性物質の環境中での移行挙動及び変動要因に関する研究 Study on Translation Behavior and Fluctuation Factors of Radionuclides in Environment				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute:JNC				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	森田 重光 (Shigemitsu MORITA) 東海事業所安全管理部／Health and Safety Division, Tokai Works				
キーワード (Key word)	長半減期核種 long-lived radionuclide	吸着 sorption	酸性雨 acidic rain	溶出 elution	エージング aging
研究期間	平成 8 年度 ~ 平成 12 年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	

【成果の達成レベル】

- 各種溶媒を用いて土壤粒子への吸着強度別に核種を弁別する分析法を開発した。塩化マグネシウム溶液、酢酸緩衝液、酢酸アンモニウム溶液等により抽出することにより、土壤粒子への吸着形態を6形態に分画することができるようになった。
- 松林内でコア状土壤試料を採取し、各層へのTc-99の吸着形態をトレーサ試験の結果を基に解析した。その結果、土壤表層付近においては、有機質が多いため有機態として吸着するが、それ以下の層になると砂層となるため粒子に吸着せず、移行し易くなっていることがわかった。
- 土壤試料にTc-99を添加し、エージング期間を変化させた試料について、吸着形態別に分画したところ、エージング期間が長くなるに従って、有機態として吸着する成分が増えた。

【進捗状況（平成9年度）】

- 土壤中に存在する核種を結合形態別に分画する分析法を開発し、実試料への適用を可能とした。
- Tc-99の土壤粒子への吸着特性を明らかにすることにより、土壤中における移行挙動解明に繋がる成果を得た。
- エージング期間が長くなるに従って、土壤粒子への核種の吸着強度が強くなる原因をトレーサ試験の結果を基に解明した。

【使用主要施設】 誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS), α 線スペクトロメータ, 安全管理棟

【連絡先】	〒 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 核燃料サイクル開発機構	☎ 029-282-9377	【所属】 安全管理部環境監視課 【氏名】 片桐 裕実
-------	--	----------------	-------------------------------

調査票

平成9年度

環境 1. [3-2] - (4) - 2

【研究目的】

環境中における長半減期放射性物質の移行・挙動及びその変動要因について調査・検討し、長期影響評価のための線量当量評価上重要なパラメータを把握するとともに、蓄積等への影響について検討することにより、公衆の線量当量評価に資する。

【研究内容（概要）】

長半減期放射性物質の移行・挙動を評価する上で、事故時の環境修復等にも関連して重要な経路である土壤環境に着目し、移行パラメータを取得するとともに、土壤性状と移行パラメータの関連について解析・評価する。また、沿岸海洋に放出された長半減期放射性物質について、表層での挙動、沈降・堆積後の海底環境での分布について調査するとともに、その変動に及ぼす要因の解析・評価を行う。

【研究成果】

1. 吸着強度別弁別法の開発

土壤粒子への核種の吸着形態を物理化学的観点から「水溶態」、「吸着態」、「特異吸着態」、「鉄・マンガン酸化物結合体」、「有機態」、「結晶構造態」に分け、各形態を溶出できる溶媒を検討した。

土壤試料にTc-99をトレーサとして添加し、約30日間エージングした後、各種溶媒で抽出し、抽出割合を調べた結果、水溶態は蒸留水で、吸着態は塩化マグネシウム溶液で、特異吸着態は酢酸緩衝液で、鉄・マンガン酸化物結合体は酢酸に塩酸ヒドロキシルアミンを添加した溶液で、有機態は酢酸アンモニウム溶液に過酸化水素水を添加した溶液で、結晶構造態はフッ化水素酸分解でそれぞれ抽出できることがわかった。図-1に逐次法による吸着形態別分析法を示す。

2. Tc-99の土壤粒子への吸着形態

松林内で深度20cmまでコア状に土壤試料を採取し10層に分画した。そして各層にTc-99を添加して120日間エージングした後、吸着形態別に分画し、どのような形態でTc-99が土壤粒子へ吸着しているか解析した。結果を図-2に示す。

土壤表層付近では土壤中に含まれる有機質と結合して有機態として存在するが、12cm以下では土質が砂質となるため粒子に吸着せず、鉛直方向に移行し易くなっているものと考えられる。同試料の有機質の深度分布を図-3に示す。

なお、松林内に繁茂している下草類の根は表層から12cmまでの有機質が豊富な（言い換れば核種を吸着しやすい）層に広がっている。しかし、有機質に結合した核種を雨水等で脱離させることは不可能であるため、下草類は核種を取り込み難い環境におかれているものと考えられる。

3. エージング期間と吸着形態

土壤試料へTc-99を添加した後、1日から120日エージングし、エージング後の試料を吸着形態別に分画した。結果を図-4に示す。

エージング期間が短いうちは水溶態の成分が多いが、期間が長くなるに伴い有機態の割合が多くなることがわかった。

これまでに実施したトレーサ試験の結果から、エージング期間が長くなるに従い、Tc-99の雨水による脱離割合が低下するという傾向が見られていたが、今回得られた結果はその傾向と一致していた。

【公開資料】

- (1)石黒他, 原子力基盤技術クロスオーバー研究会平成8年度報告
- (2)石黒他, 原子力基盤技術クロスオーバー研究会最終報告
- (3)森田他, Proc. of Int. Workshop on Improvement of Environmental Transfer Models and Parameters (1996)
- (4)森田他, Proc. of IRPA96"(1996)
- (5)森田他, 日本原子力学会96年春の大会要旨集(1996)
- (6)片桐他, 原子力工業6月号(1996)
- (7)石黒他, 原子力基盤技術クロスオーバー研究会平成9年度報告

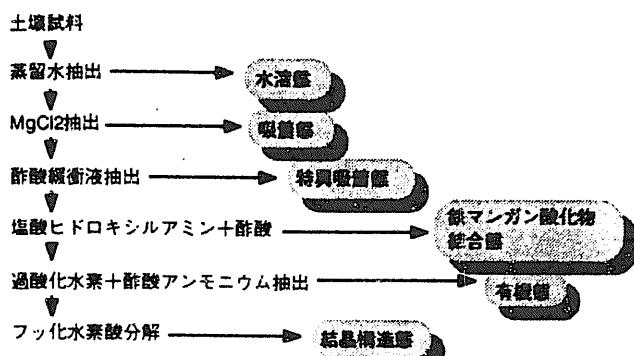


図-1 吸着形態別弁別法

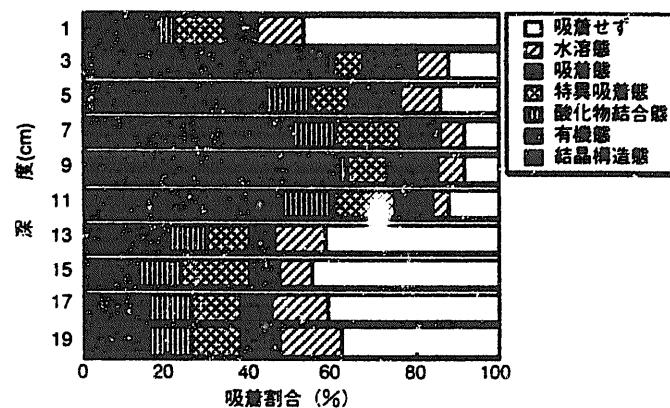


図-2 各層へのTc-99の吸着特性

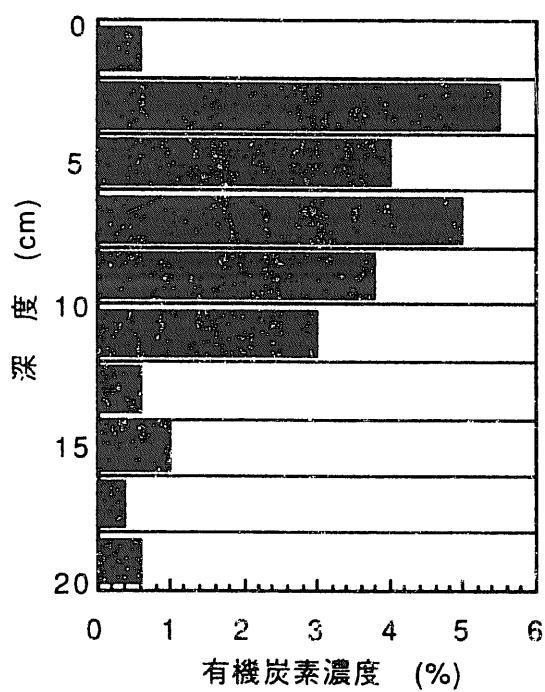


図-3 海岸松林内土壤の有機質濃度分布

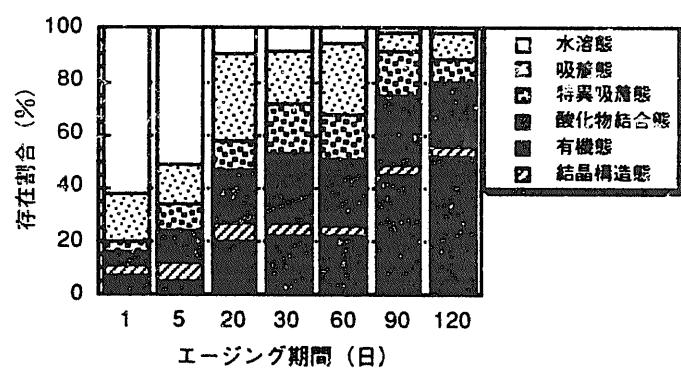


図-4 エージングによる吸着形態の変化

年次計画登録研究課題	湖沼環境被ばく評価モデルの開発			分類番号 1. [3-4] - (16) -
実施研究課題 (Title)	湖沼環境被ばく評価モデルの開発 Development of a transfer model of fallout nuclides in lake ecosystem			
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute : JNC)			
研究者名及び所属 (Name / Affiliation)	圓尾好宏 大洗工学センター 安全管理部 Yoshihiro MARUO / Health and Safety Division, O-arai Engineering Center			
キーワード Key Word	湖沼環境 lake ecosystem	移行モデル transfer model		
継続状況	<input checked="" type="checkbox"/> 本年次計画で終了 <input type="checkbox"/> 次期年次計画に継続			
研究期間	平成8年度～平成9年度	関連する国際共同研究課題及び実施機関	該当せず	
関連する解析コード	該当せず	関連する特別会計実証試験	該当せず	
【成果の達成レベル】				
<p>1. 実湖沼環境調査 湖沼（涸沼）の湖底堆積物、湖水中の放射性核種、湖水中の浮遊固体物質、塩分等の分析を行い、湖沼に降下する放射性核種の移行挙動について知見を得た。</p> <p>2. 動的移行モデルの開発 実湖沼環境調査結果、流域から湖沼への流入、湖水中及び堆積物中での放射性核種の移行を考慮し、基本的な動的移行モデルを構築した。</p> <p>湖沼（涸沼）での核種挙動の把握及びこれに基づく基本的な動的移行モデルの構築については、当初の目標をほぼ達成した。</p>				
【今後の予定（平成10年度以降の計画）】				
本研究については、当初の目標をほぼ達成したため、平成9年度をもって終了する。				
【使用主要施設】				
大洗工学センター 安全管理棟				
連絡先	〒311-1393 029-267-4141 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002 大洗工学センター		[所属]	安全管理部安全対策課
			[氏名]	課長 飛田 和則

【研究目的】

原子力施設災害時の放射性物質異常放出に伴い、集積・蓄積しやすい湖沼環境中における放射性物質の濃度変化予測を検討し、評価モデルを開発することにより、緊急時モニタリング計画の立案に資する。

【研究内容（概要）】

湖沼等の実際の湖沼系における湖水、湖底堆積物、魚介類中の放射性核種、湖水中の浮遊固体物質、塩分量等を観測し、核種の移行挙動を調査するとともに、湖沼及び流入河川における流向・流速、降雨量等の水文・水理学的データを収集する。
また、上記の結果等に基づき、モデルの基本的構造、パラメータの種類を検討し、放射性核種の流域不均一降下等を考慮した実用レベルの動的移行モデルを構築する。

【研究成果】

1. 実環境調査^{1, 2}

湖底堆積物中の各水域におけるCs-137濃度を調査した結果（試料採取場所を図1に示す）、流入河川側（上流部）の湖底堆積物中Cs-137濃度の上昇が生じた年には、調査以前に100mm/d程度の強い降雨が生じていた。また、このような場合には、流出河川側（下流部）の湖底堆積物中のCs-137濃度が低下する傾向が見られた。

湖沼湖水中の浮遊固体物質(SS)濃度については、湖底付近（湖底から約0.5m上方）の湖水では中央部の濃度が上流部、下流部に比べ高いが、表層水では下流部へいくほど増加した。湖水中のCs-137濃度分布は、このSS濃度の分布に類似していた。湖水中のCs-137濃度は、一般的に可溶性と言われる湖水中のSr-90（数Bq/m³）及び沿岸海水中のCs-137濃度（約3Bq/m³）に比べ数分の一から十分の一と低かった。これらの結果から、調査期間における湖水中のCs-137は、湖水中のSS等の不溶解成分と同一挙動をとるとみなせることが示唆された。

この外、水温、塩分濃度の水平、鉛直分布の調査、流向・流速分布等の調査を実施した。この結果、湖沼の湖水中及び堆積物中のCs-137濃度は、基本的に流入河川（湖沼川）を経由した流入フラックスと流出河川経由の流出フラックスの収支バランスにより決定されると考えられた。また、塩分濃度の鉛直分布から湖水の上下混合も活発であることが推察された。降雨により流入水量が増大し、湖内の流速が速められた場合には、上流部堆積物から中央部堆積物へのCs-137の移動とともに、下流部堆積物から流出河川へのCs-137の排出が示唆された。これは、湖内の流速の増大により、粘着性湖底堆積物（底泥）の舞い上がり（再浮遊）が活発になることによると考えられた。

2. 動的移行モデルの開発³

実湖沼環境調査結果等に基づき、以下の特性を考慮してモデル化することとした。(1)Cs-137は、主に不溶解性でSSや湖底堆積物に吸着して挙動する。(2)湖水中放射性核種濃度は、流入フラックスと流出フラックスの収支のバランス、と(3)降雨時に湖内の流速が増加することにより湖底堆積物（粘着性底泥）の舞い上がり（再浮遊）により決定される。

モデルは、計算の迅速性及び緊急時環境モニタリングにおける実測値による補正を考慮し、取扱の容易なコンパートメントモデルとした。湖沼の地理的条件に基づき湖水及び堆積物を上流部、中央部、下流部に区分し、堆積物は、湖水の流動の影響を受けやすい表層と受けにくい深層に区分した。各部は単一コンパートメントで表しコンパートメント間の核種の移行については、①流域及び湖面への直接沈着、②流域からの流達、③流域土壤中の放射性崩壊、④流域土壤から深層への地中移行、⑤湖水中的沈降、⑥湖水中での放射性崩壊、⑦堆積物から湖水への再浮遊及び掃流、⑧堆積物中の放射性崩壊、⑨表層堆積物から深層への地中移行、⑩海の干満に伴う湖水の流出及び逆流等を考慮した。図2にフォールアウト核種の移行モデル及びコンパートメント間の収支を示す。

構築したモデルの特性を評価するため、(1)Cs-137降下量と湖水中Cs-137濃度との関係、(2)降雨と湖水中Cs-137濃度の関係、(3)降雨と湖底堆積物中Cs-137との関係について検討計算を実施した。

(1)Cs-137降下量と湖水中Cs-137濃度との関係

日降雨強度($R_{w,i}$)を0mm/d、Cs-137降下量(r_i)を一日のみ0.1, 1.0, 10Bq/m²/dに変化させ、全水域の湖水中平均濃度($C_{w,i}$)を計算した（図3）。 $C_{w,i}$ は r_i が 0.1Bq/m²/d では殆ど上昇せず、1.0Bq/m²/d, 10Bq/m²/d で上昇した。

(2)降雨と湖水中Cs-137濃度の関係

一時的な降雨が発生した場合の $C_{w,(1)}$ 、 $C_{w,(2)}$ 、 $C_{w,(3)}$ （上流部、中流部、下流部各水域の湖水中Cs-137）及び $C_{w,i}$ の変動について調査した。湖水中濃度がほぼ一定に推移する値（Cs-137の日降下量0.5Bq/m²/d）に設定し、 $C_{w,i}$ がほぼ安定した計算開始30日後に200mm/dの降雨を発生させた。計算結果を図4に示す。降雨中は $C_{w,(1)}$ 、 $C_{w,(2)}$ 、 $C_{w,(3)}$ 及び $C_{w,i}$ ともに湖面降水による希釈効果により一時的に濃度が減少するが、その後の流域からの上流部水域へのCs-137の流入により上流部水域のCs-137濃度($C_{w,(1)}$)が約3Bq/m³まで上昇した。 $C_{w,(2)}$ 、 $C_{w,(3)}$ に顕著な上昇は認められず、結果として $C_{w,i}$ の上昇は殆ど生じなかった。次に、上記のCs-137の日降下量を降雨時に0.5から5.0Bq/m²/dに一時的に上昇させた場合（図5）には、 $C_{w,(1)}$ 、 $C_{w,(2)}$ 、 $C_{w,(3)}$ とも降雨希釈の降下による一時的な濃度の低下は見られず、上流部($C_{w,(1)}$)、中央部($C_{w,(2)}$)及び全水域の湖水中平均濃度($C_{w,i}$)がいずれも上昇した。ただし、下流部($C_{w,(3)}$)は上昇後一時的に低下傾向が見られた。

(3)降雨と湖底堆積物中Cs-137濃度の関係

図4と同様に1日のみ $R_{w,i}$ を200mm/dまで上昇させた場合の湖底堆積物中のCs-137濃度($C_{s,i}$)の影響を計算した（図6）。ただし、堆積物の深さは、上流部及び下流部は20cm、中央部は30cmとした。図6から降雨時には上流部が上昇し下流部は減少した。中央部は殆ど変化しなかったが、僅かに上昇する傾向があった。

これらの解析結果から、流域から湖沼への移行に及ぼす降雨の効果がモデル上に表現できることが分かった。

3. まとめ

本モデルの有する機能は以下のとおりであった。(1)湖水中Cs-137濃度は、大気からのCs-137降下量の増加に対して湖面沈着により時間遅れなく増加するとともに、各水域の濃度は降下量当たりの各水域水量の違いにより、一時的に上流部、下流部の濃度が中央部の濃度より高くなる。(2)降雨強度の増加により、湖水中Cs-137濃度は、湖面降水で一旦希釈され、その後、流域からの流達により上流部水域で濃度が上昇する。(3)湖底堆積物についても、降雨時には流入河川から上流部堆積物へのCs-137の流入と下流部堆積物から流出河川への排出が生じる。これらの検討結果から、湖沼湖沼環境における環境因子の影響を表現できる基本的な動的移行モデルを構築することができた。

【公開資料】

別紙

【公開資料】

1. 武石稔, 川村将, 中島尚子; 潟沼におけるフォールアウト核種の移行挙動に関する研究(Ⅰ), 日本保健物理学会誌, Vol. 28(1), 283 ~289(1993)
2. 武石稔, 中島尚子, 渡辺均; 潟沼におけるフォールアウト核種の移行挙動研究, 動燃技報, No. 97, 82~86(1996)
3. 武石稔, 篠原邦彦, 中島尚子; 潟沼におけるフォールアウト核種の移行挙動に関する研究(Ⅱ), -放射性セシウムの移行モデルの開発-, 日本保健物理学会誌, Vol. 32, p. 53~65, 1997

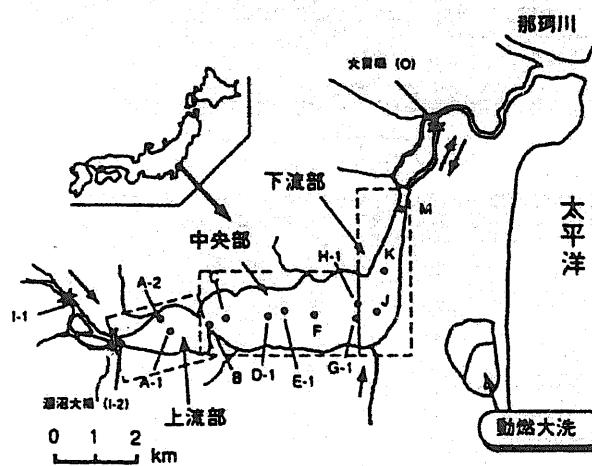


図-1 潟沼の形状及び湖底堆積物採取地点

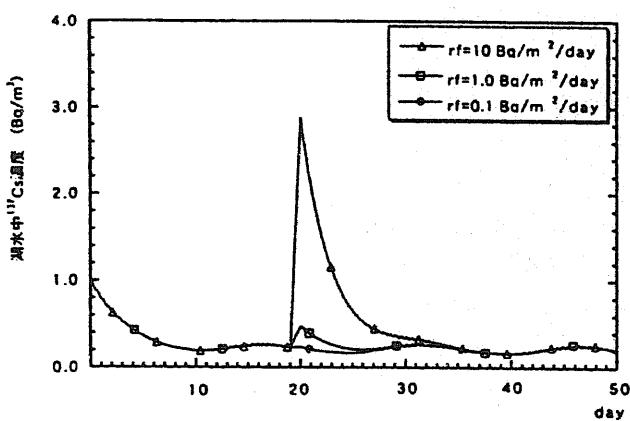


図3 湖水中¹³⁷Cs平均濃度(Cwt)に及ぼす¹³⁷Cs降下量(rf)の影響(計算例)

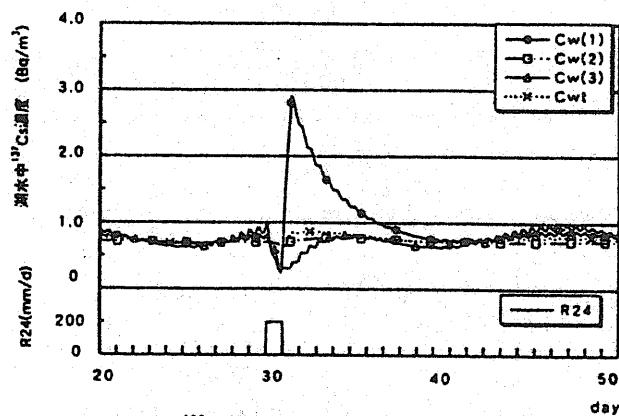


図4 湖水中¹³⁷Cs濃度(Cwt)に及ぼす降雨(R24)の影響(計算例)
[Cw(1) : 上流部, Cw(2) : 中央部, Cw(3) : 下流部]
rf=一定 (0.58 Bq/m²/d), R24=200mm/d(計算開始30日)

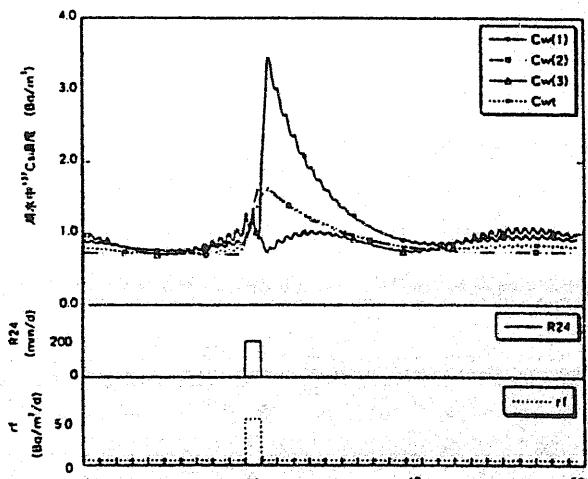


図5 ¹³⁷Cs湖水中濃度(Cwt)に及ぼす降下量(rf), 降雨強度(R24)の影響(計算例)
[Cw(1) : 上流部, Cw(2) : 中央部, Cw(3) : 下流部]
rf= 58 Bq/m²/d, R24=200mm/d(計算開始30日)

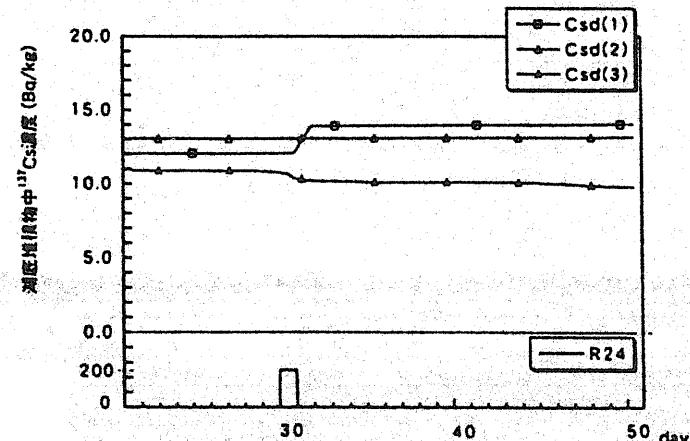
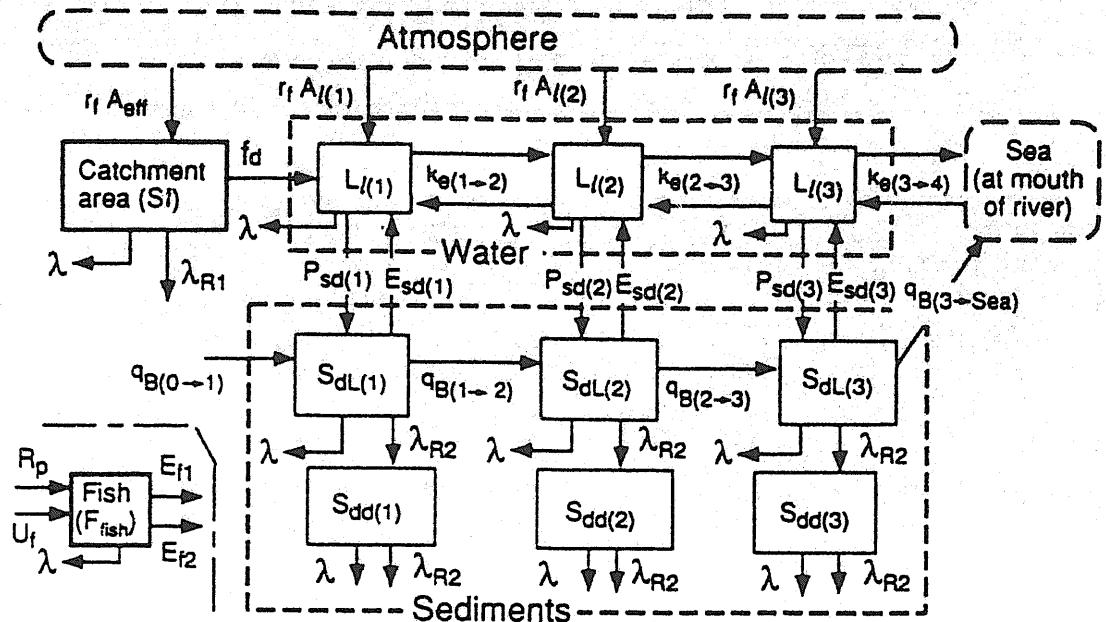


図6 湖底堆積物Cs-137濃度(Csd)に及ぼす降雨(R24)の影響の計算例
[Csd(1) : 上流部, Csd(2) : 中央部, Csd(3) : 下流部]
rf=一定 (0.5 Bq/m²/d), R24=200mm/d(計算開始30日)



コンパートメント間の收支は以下のとおり。

$$(dS_1/dt) = r_1 A_{eff} - f_d S_1 - \lambda_{R1} S_1 \quad (①\text{流域土壤中のCs-137の收支})$$

$$(dL_{i(i)}/dt) = r_1 A_{I(i)} + f_d S_1 - k_e(i-1,i) - Psd(i) + Esd(i) - \lambda L_{i(i)} \quad (②\text{湖水 } i \text{ 水域のCs-137の收支})$$

$$(dS_{dL(i)}/dt) = Psd(i) - Esd(i) + q_{B(i-1,i)} - q_{B(i,i+1)} - \lambda_{R2} S_{dL(i)} - \lambda S_{dL(i)} \quad (③\text{表層湖底堆積物 } i \text{ のCs-137の收支})$$

$$(dS_{dd(i)}/dt) = \lambda_{R2} S_{dL(i)} - \lambda_{R2} S_{dd(i)} \quad (④\text{深層湖底堆積物 } i \text{ のCs-137の收支})$$

$$(dF_{fish}/dt) = U_f + R_p - E_{f1} - E_{f2} - \lambda F_{fish} \quad (⑤\text{魚中のCs-137の收支})$$

各記号の意味は以下のとおり。

A_{eff} : 有効流域面積 (km^2)

$A_{I(i)}$: 流水域 i の面積 (km^2)

$Esd(i)$: 湖底 i からの再浮遊フラックス (Bq/y)

f_d : Cs-137の流達係数 ($1/\text{y}$)

$k_e(i-1,i)$: Cs-137の湖水 i から $i+1$ への移行フラックス (Bq/y)

$L_{i(i)}$: 湖水 i のCs-137量 (Bq)

$Psd(i)$: 流水域 i からの湖底沈着フラックス (Bq/y)

$q_{B(i-1,i)}, q_{B(i,i+1)}$: Cs-137の堆積物 i から $i+1$ 及び $i-1$ から i への掃流フラックス (Bq/y)

r_1 : Cs-137の年降下量 ($\text{Bq}/\text{km}^2/\text{y}$)

S_1 : 流域のCs-137の量 (Bq)

$S_{dL(i)}, S_{dd(i)}$: 表層及び深層湖底堆積物 i のCs-137量

λ : Cs-137の崩壊定数 ($1/\text{y}$)

λ_{R1} : 流域土壤の地中移行定数 ($1/\text{y}$)

λ_{R2} : 表層堆積物の地中移行定数 ($1/\text{y}$)

U_f : 魚体のCs-137の経口移行フラックス (Bq/y)

R_p : 魚体のCs-137のエラ移行フラックス (Bq/y)

E_{f1}, E_{f2} : Cs-137の魚体からの短期及び長期排泄フラックス (Bq/y)

F_{fish} : 魚体中 Cs-137 量 (Bq)

図2 フォールアウト核種の移行モデル

安全研究 年次計画登録 研究課題	地球規模の広域拡散評価手法に関する研究			分類番号 1. [5] - (2)
研究課題名 (Title)	地球規模の広域拡散評価手法に関する研究 Study on the Assessment for Global Dispersion of Released Radionuclides			
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute:JNC			
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	中野政尚 (Masanao NAKANO), 森田重光 (Shigemitsu MORITA) 東海事業所安全管理部/Health and Safety Division, Tokai Works			
キーワード (Key word)	リスク評価 risk assessment	ライフサイクルアセスメント life cycle assessment	診断モデル diagnosis model	流速場 velocity field
研究期間	平成8年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	京都大学「海洋環境での広域拡散に関する広域流動評価方法の高度化調査」
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>1.広域海洋の粒子拡散追跡方法に関する調査し、全球規模のコード化を行い、粒子追跡の計算環境を整備した。</p> <p>2.拡散を表現するための手法（ランダムウォーク法）について検討し、その結果が解析解と同等であることを確認した。</p> <p>3.我が国における火力発電システムから放出される窒素酸化物及び硫黄酸化物による一般公衆への健康リスクを試算した。</p>				
<p>【進捗状況（平成9年度）】</p> <p>1.広域海洋の粒子拡散追跡方法に関する調査及びコード化し、計算を行った。</p> <p>2.拡散を表現するための手法についての検討を行った。</p> <p>3.火力発電システムを例に一般公衆への健康リスクを試算した。</p>				
<p>【使用主要施設】 安全管理棟</p>				
【連絡先】	〒 319-1194 茨城県那珂郡東海村松4-33 核燃料サイクル開発機構	☎ 029-282-9377	【所属】 安全管理部環境監視課	【氏名】 片桐 裕実

調査票

平成9年度

環境 1. [5] - (2) - 2

【研究目的】

核燃料サイクル施設の地球規模の総合的なリスク評価に資するため、広域拡散評価モデル及び集団線量評価モデルを開発する。

【研究内容（概要）】

大気及び海洋での拡散を正確に評価するため、広域にわたる流動・拡散モデル、輸送モデル等を開発し、被ばく経路等を考慮した集団線量当量評価手法の開発を行う。

【研究成果】

1.粒子追跡手法のコード化

海洋の任意の点に粒子を置き、当該粒子地点の流向及び流速を流動場計算結果の内挿によって補完算出し、10日あたりの移動量を求める。前地点座標に移動量を加算し、次地点座標を計算する。この方法を継続計算し数年の追跡を行った。

図-1に粒子追跡結果の例を示す。計算期間は10年であり、Sが開始地点、Fが終了地点であり、括弧内には深さを示した。任意の地点に放出したそれぞれ粒子は海流にのった妥当な動きをしており、粒子追跡の計算環境を確立することができた。

2.拡散表現手法の検討及びコード化

粒子追跡プログラムに、拡散による位置の乱れをランダムウォークで表現するプログラムを付加するための検討を開始した。位置の乱れによる移動距離は、-0.5から+0.5までの一様乱数、拡散係数、計算ステップを用いて理論的に以下の式で表すことができる。

$$L = \sqrt{(24 \times K \times dt) \times R}$$

L : 移動距離(cm)
K : 拡散係数(cm²/s)
dt : 計算ステップ(s)
R : 一様乱数(-0.5から+0.5まで)(-)

2次元の流速のない仮想条件のもと、この方法によって粒子を10,000個放出した場合の結果を図-2に示す。計算ステップは1日、計算期間は10日である。また、この拡散表現は、2次元拡散方程式を解いた解析解と一致することが確認できた（図-3）。

3.リスク試算（火力発電による一般公衆の健康リスク）

日本における火力発電量を492TWh、窒素酸化物排出量を200,000t、硫黄酸化物排出量を192,000tと推計した。全国の火力発電所は10kmメッシュ別の発生源とし、大気拡散シミュレーションにより、全国10kmメッシュの濃度を計算し、面積荷重平均と人口荷重平均で示した。結果を表-1に示す。

健康リスク評価として、まず、10kmメッシュ別に閾値の超過度合を濃度と人口との積の形で把握した。火力発電の寄与推定値は表-2のようになった。

この値を用いて一般公衆のリスクを算出した。環境基準は窒素酸化物が30ppb、硫黄酸化物が20ppbに相当することから、環境基準を超過した地域のみに影響があるものと考えると、硫黄酸化物の影響は無視できることになる。また、窒素酸化物については、501,000人が30ppbを越える地域に居住していることになり、呼吸系疾患のリスク係数を慢性気管支炎の有症率とされる0.1%/ppbとすると、年間500人が呼吸系疾患を患うことになる。よって、発電量当たりのリスクは9人/GWaと試算された。

今後は、関連情報と合わせて比較検討を行う予定である。

【公開資料】

なし

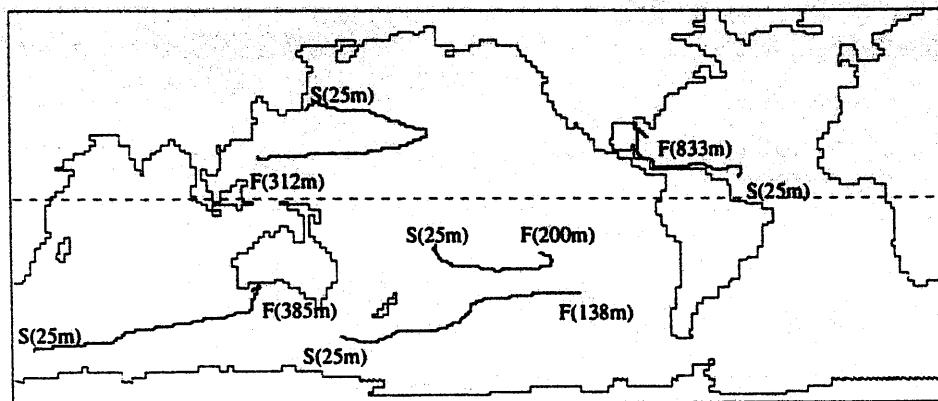


図-1 粒子追跡の例（計算期間10年）

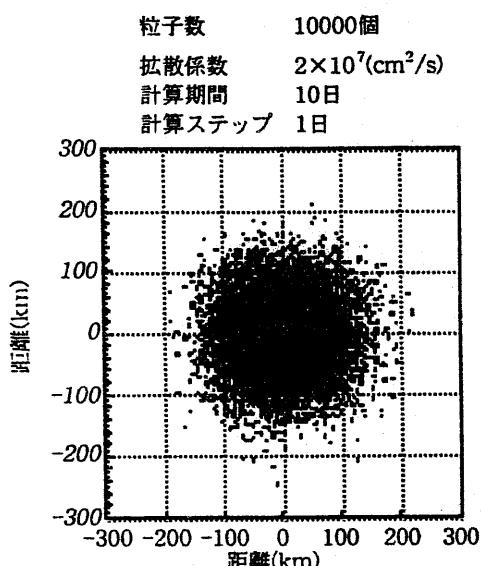


図-2 ランダムウォークによる粒子の拡散表現

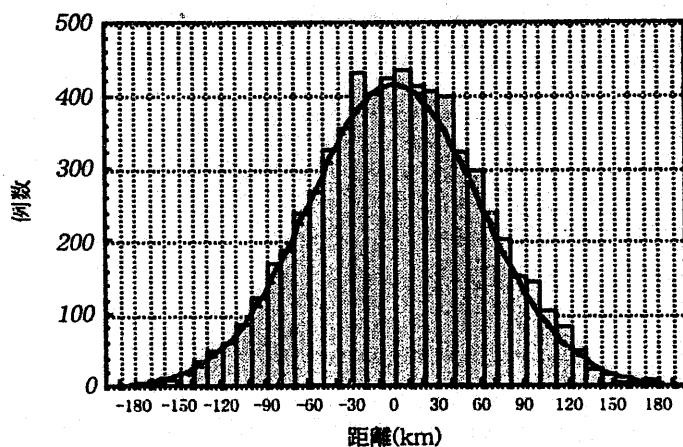
図-3 解析解との比較
棒：ランダムウォーク
線：解析解

表-1 平均大気寄与濃度

	面積荷重平均 (ppb)	人口荷重平均 (ppb)
NOx	12.54	28.45
NO2	8.40	16.62
SO2	2.66	5.97

表-2 濃度・人口積(千人・△ppb)

	閾値ケース		
	0ppb	20ppb	30ppb
NO2	21287	2195	501
SO2	16910	0	0

安全研究 年次計画登録 研究課題	放射性物質の環境影響評価手法に関する研究			分類番号 1. [5] - (3)
研究課題名 (Title)	放射性物質の環境影響評価手法に関する研究 Study on Assessment for Environmental Influence at Accidental Release			
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute:JNC			
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	中野政尚 (Masanao NAKAMO), 森田重光 (Shigemitsu MORITA) 東海事業所安全管理部／Health and Safety Division ,Tokai Works			
キーワード (Key word)	移行モデル transfer model	移行パラメータ transfer parameter		
研究期間	平成 8 年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>1.平成8年度に高度化したコードについて感度解析を行い、本モデルにおいての重要パラメータが何であるかを検討した。</p> <p>2.時間的に変化するパラメータについてトレーサ試験を行った結果、核種の土壤粒子への吸着強度が時間の経過とともに強くなってくることがわかった。。</p>				
<p>【進捗状況（平成9年度）】</p> <p>1.植物の成長段階等の時間変動を考慮した評価モデルを構築、整備することを目的に、感度解析を行った。</p> <p>2.モデルの評価精度を左右する時間依存パラメータの調査を行った。</p>				
<p>【使用主要施設】 安全管理棟</p>				
【連絡先】	〒 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 核燃料サイクル開発機構	☎ 029-282-9377	【所属】 安全管理部環境監視課 【氏名】 片桐 裕実	【所属】 安全管理部環境監視課 【氏名】 片桐 裕実

調査票

平成9年度

環境 1. [5] - (3) -2

【研究目的】

生態系の放射性物質の汚染状況変化等の環境影響評価を行うために、植物環境での成長段階等の時間的な変化、土壌環境での水の移動特性等を考慮した環境影響評価モデルを整備する。

【研究内容（概要）】

植物の成長段階等の時間的変動を考慮した評価モデルを構築・整備するとともに、モデルの評価精度を左右する動的パラメータを調査・検討する。また、土壌環境での水及び物質の浸透・移行を評価するためのモデルを構築・整備する。

【研究成果】

1. 感度解析実験

葉菜を対象とした本モデルに使用した時間依存パラメータのデフォルト値は、ほうれん草を用いたパラメータ取得実験において得られた結果及び文献に掲載されている値を参考に決定した。

上記パラメータを用いた計算により得られた、根及び葉面からの吸収による収穫時可食部濃度（沈着条件 $1\text{Bq}/\text{m}^2$ ）を図-1に示す。葉菜は播種後56日目に採取したものと仮定した。本計算では発芽直後（7日目）の暴露から葉面吸収分が経根吸収分を上回っており、葉面吸収の重要性が示唆される。

感度解析は、可食部の値について、デフォルト値による実行結果との変化率を計算することにより行った。計算期間は播種時（発芽前）、播種後1週後（発芽直後）、播種後2週後、播種後3週後、播種後4週後、播種後5週後の6種類であり、それぞれの期間において9つのパラメータを一つずつ±20%動かして計算を行い、その結果から変化率を算出した。

感度解析で得られた収穫時における可食部濃度の変化率を図-2に示す（但し全期間にわたって変化率が5%以下であったパラメータは図示していない）。

播種時に沈着した場合は、土壌からの取り込みに関するパラメータが影響を及ぼすが、移行率は小さいため絶対的な移行量は少ない。また、発芽後においては総じて土壌からの取り込みに関するパラメータは影響せず、大気から葉面への直接沈着が可食部濃度を支配する。

パラメータの重要度では、発芽以前は「土壌表面→土壌中層」及び「土壌中層→根域」、発芽後は「外部（食前における人為的洗浄で葉表面から除かれる成分）→可食部」、が重要なパラメータであることが確認できた。

2. 時間的に変化するパラメータの抽出

過去に実施した実験の結果から、Tc-99の土壌から植物への移行係数は、実環境とトレーサ試験の結果とで大きく異なることがわかっている。これは、土壌中の核種が植物が吸収できない物理化学形（非可給態）に変換されているものと推測されたため、トレーサ試験によりTc-99の土壌粒子への吸着特性の変化について調べてみた。

その結果、土壌中に水溶液の形態で添加されたTc-99は、数時間は土壌間水として土壌粒子に結合せず、植物が吸収し易い形態で存在するが、時間がたつにつれ土壌粒子へ吸着する成分が増加し、植物が取り込めなくなることがわかった。

つまり、トレーサ試験等で植物が成長しているポット内に核種を添加した場合、植物が吸収し易い成分が多いため移行係数は高くなるが、フォールアウト起源の核種を取り込んでいる実環境試料の濃度から移行係数を算出した場合は、核種が土壌粒子と強固に結合しているため低くなる傾向にあると考えられる。

以上のように、移行係数と事故発生時期との間には関連があり、より現実的な評価モデルを開発するためには、時間変動パラメータを抽出する必要があることがわかった。

【公開資料】

- (1)石黒他、原子力基盤技術クロスオーバー研究平成8年度報告書
- (2)石黒他、原子力基盤技術クロスオーバー研究平成9年度報告書

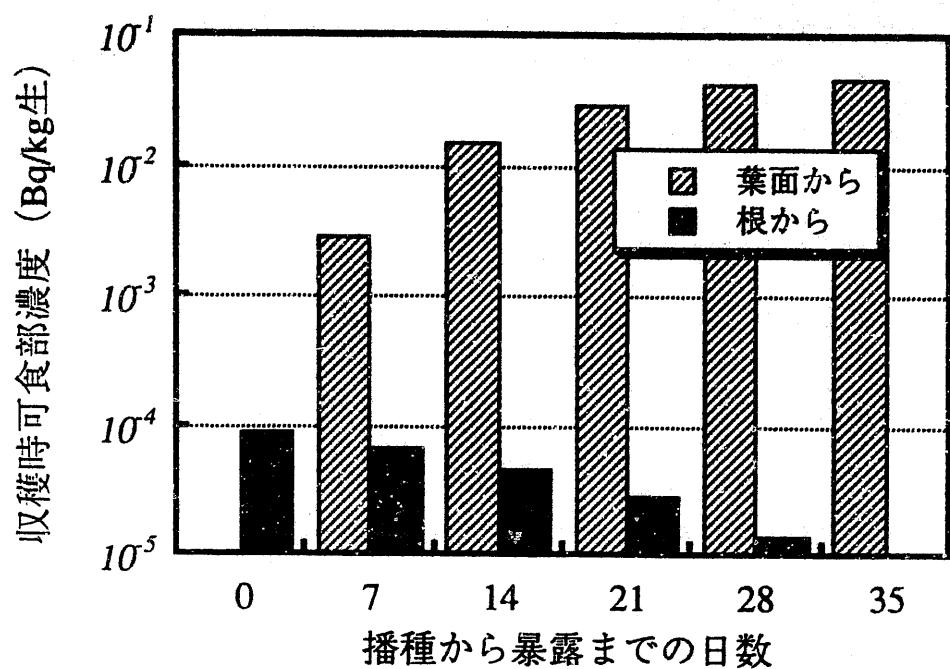
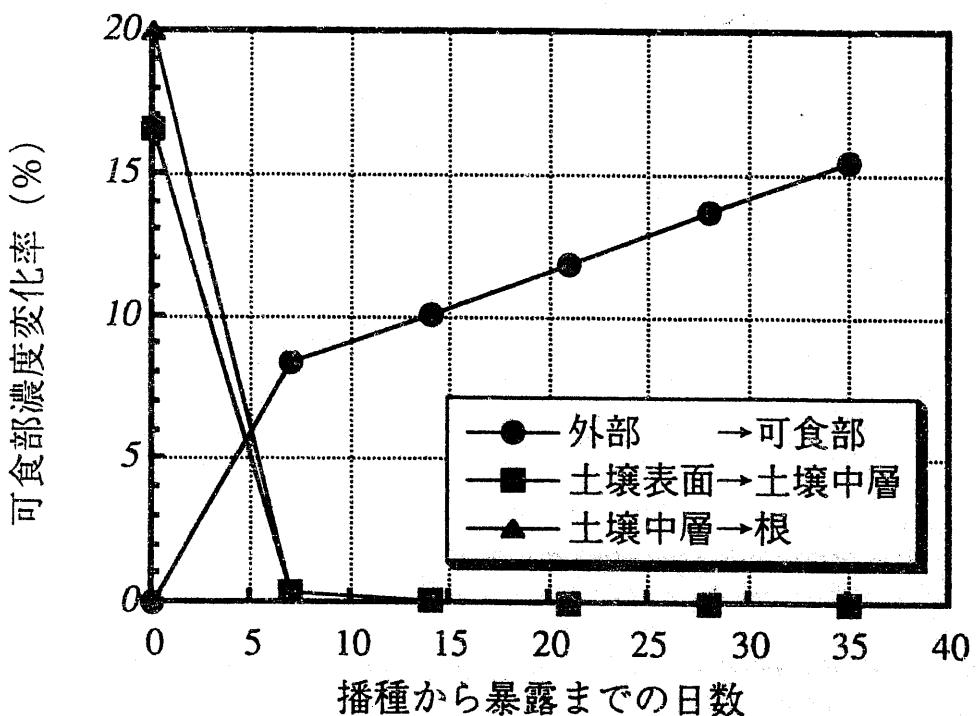
図-1 可食部濃度の起源 (沈着条件: $1\text{Bq}/\text{m}^2$)

図-2 感度の大きなパラメータ

調査票：平成9年度

環境 1. [6] - (7) - 1

安全研究 年次計画登録 研究課題	長半減期核種の分析測定技術の高度化に関する研究				分類番号 1. [6] - (7)
研究課題名 (Title)	長半減期核種の分析測定技術の高度化に関する研究 Study on advanced technique of analysis and measurements for long-lived radionuclides				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute:JNC				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	植頭康裕 (Yasuhiro UEZU), 森田重光 (Shigemitsu MORITA) 東海事業所安全管理部 / Health and Safety Division, Tokai Works				
キーワード (Key word)	長半減期核種 long-lived radionuclide	分析 analysis	測定 measurement	誘導結合プラズマ質量分析装置 ICP-MS	マイクロ波誘導質量分析装置 MIP-MS
研究期間	平成 8 年度 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>1.ICP-MSを用いた定量法の高度化として、環境試料中のウラン分析法について検討し、各種環境試料分析へ適用できることを確認した。</p> <p>2.MIP-MSを用いたI-129定量法の開発として、分離精製工程について検討した。その結果、MIP-MSへ導入できるレベルまで妨害元素を除去できるようになり、一部の実環境試料の定量が可能となった。</p>					
<p>【進捗状況（平成9年度）】</p> <p>1.ICP-MSを用いた定量法の高度化として、環境試料中のウラン分析法を確立した。</p> <p>2.MIP-MSを用いたI-129定量法の開発として、機器の諸条件の最適化及び分離精製工程の開発を進めた。その結果、一部の実環境試料の定量が可能となった。</p>					
<p>【使用主要施設】 安全管理棟管理区域 放射線測定室 安全管理棟 超微量元素分析室</p>					
【連絡先】	〒 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 核燃料サイクル開発機構	☎ 029-282-9377	【所属】	安全管理部環境監視課 【氏名】 片桐 裕実	

調査票

平成9年度

環境 1. [6] - (7) - 2

【研究目的】

従来の分析法では定量が困難または不可能である環境中における長半減期核種について、分析技術の開発及び高度化を図り、環境中における分布の調査及び移行挙動の解明等に活用する。

【研究内容（概要）】

誘導結合プラズマ及びマイクロ波導入プラズマ質量分析法の環境試料分析への適用の可能性を検討する。また、ネプツニウム-237等の定量法の迅速化及び高感度化を進めるとともに、環境試料中のプルトニウム-239、240の同位体比測定法について検討する。さらに、放射化学分析法を用いた環境モニタリング手法に係る分析測定技術の高度化及び超高感度測定法等による放射性核種の分離・精製並びに環境試料分析への適用の可能性を検討する。

【研究成果】

1.ICP-MSを用いたウラン分析法の開発

環境試料中に含まれるカリウム、ナトリウム等のマトリクス元素により信号強度がドリフトする可能性があるため、Biを添加し内標準法により定量することにした。開発した分析法を図-1に示す。

本分析法を開発したことにより、従来の放射化学分析法に比べ、分離精製時間は3分の1に、また、測定時間は数千分の1に短縮することができた。

2.MIP-MSを用いたI-129の定量法の開発

2.1機器の諸条件の最適化

検出感度は分解能や検出器電圧等、機器の諸パラメータによって変化する。模擬試料溶液（I-127:200ppm, I-129:1.4mBq/ml）を用い、パラメータを調整した結果、測定条件は表-1に示すとおりに決定した。

この条件下におけるI-129の検出下限値を試算したところ0.05mBq/mlとなった。

しかし、I-127の濃度を約50~200ppmに変化させた模擬試料を測定した結果、質量数129の領域に一定の割合で影響があることがわかった。よって、実試料を定量する場合は、まず、測定溶液中のI-127濃度を定量し、その濃度と同量のI-127を含む標準溶液系で検量線を作成する必要があると判断した。図-2にI-127濃度と検出下限値との関係を示す。

2.2分離精製法の開発

様々な前処理法及び分離・精製法について検討した結果、電気炉で揮発させた後に活性炭で捕集し、最終的に水酸化テトラメチルアンモニウム（TMAH）に溶解されれば、マトリクスを効率良く除去でき、かつ、I-129を回収できることがわかった。

図-3に開発した分析スキームを示す。なお、分析回収率は約60~80%であった。

2.3実試料の測定

実土壤試料について、MIP-MS法及び中性子放射化分析法により定量を行った。

まず、測定溶液中のI-127の濃度を測定した結果、中性子放射化分析法で92ppmであったのに対し、MIP-MS法では93ppmとほぼ同等な値であった。よって、I-127濃度を93ppmに調製したI-129標準溶液系により検量線（図-4）を作成し、実試料を定量した。

その結果、MIP-MS法による定量結果は 2.4×10^{-4} Bq/g,dryであり、中性子放射化分析法による定量結果である 2.3×10^{-4} Bq/g,dryと良く一致した。

MIP-MS法は、照射原子炉が必要でなく、被ばくの可能性も全く無い。また、分析工程が簡便であり、短時間で定量することができる。

上記特徴から、本分析法は、定常モニタリングへの適用ばかりでなく、事故時モニタリングへも適用できるものと考えられる。

今後は、MIP-MSの分解能とI-127濃度との関連等について検討を進める予定である。

【公開資料】

- 1.小林他、第38回環境放射能調査研究成果論文抄録集
- 2.植頭他、第5回液体シンチレーション測定法による低レベル測定の国際コンファレンス要旨集

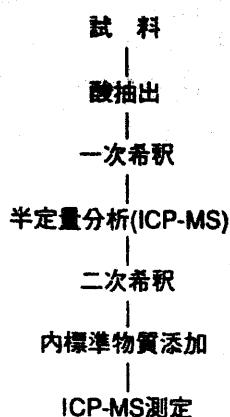


図-1 ウラン分析スキーム

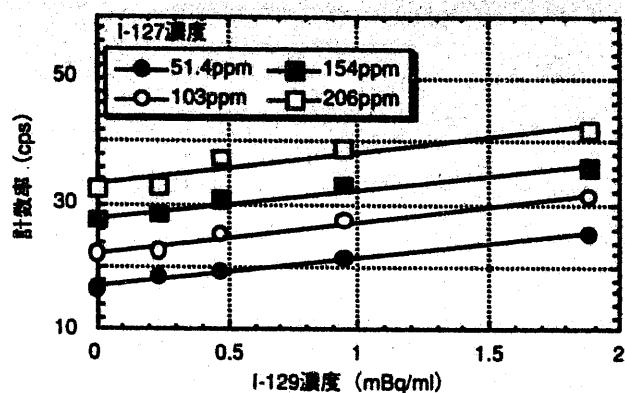


図-2 I-129検量線へのI-127の影響

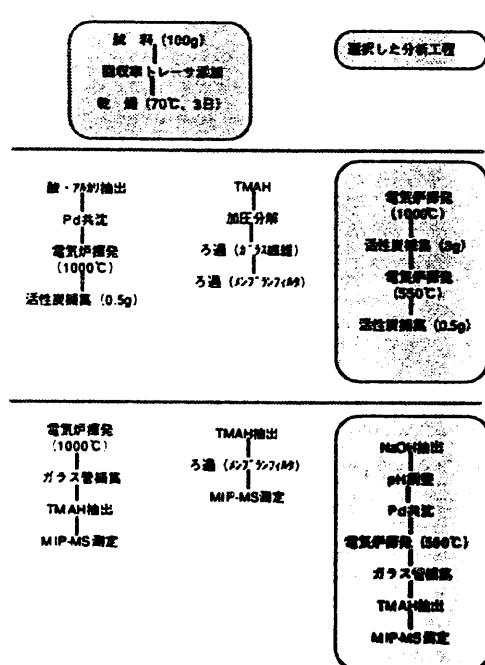


図-3 I-129分析スキーム

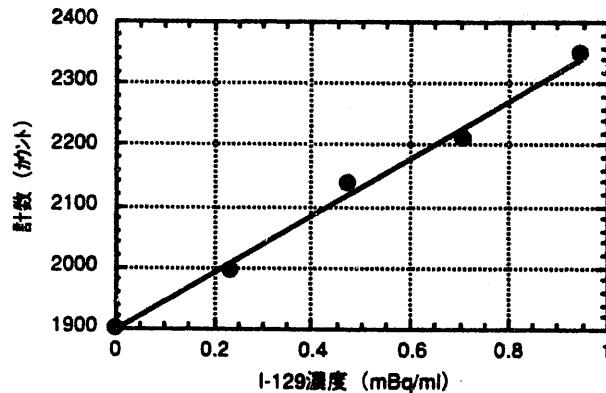
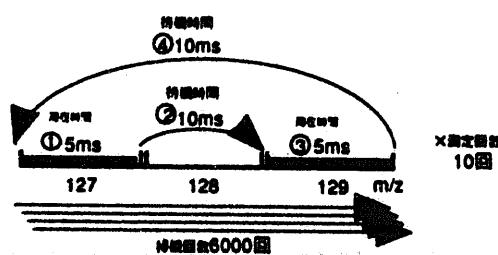


図-4 I-129検量線 (I-127: 93ppm)

表-1 MIP-MS測定条件

マイクロ波電力	プラズマを生成するための電力	1.3 kW
検知器電圧	エレクトロスリットHPの印加電圧	-3.5 kV
偏振電圧	イオンを検出器に導入するための電極に印加する電圧	-290 V

測定元素	I-127, I-129	2 元素
滞在時間	1質量数に滞在して測定する時間	5 ms
待機時間	次の質量数に移るに要する時間	10 ms
待機回数	設定した滞在時間で測定する回数	6000 回
測定時間	1質量数当たりの総測定時間 (滞在時間+待機時間) × 待機回数	180 s
測定回数	一連の測定の繰り返し回数	10 回



安全研究 年次計画登録 研究課題	内部被ばく線量測定評価法の高度化に関する研究				分類番号 1. [6] - (9)
研究課題名 (Title)	内部被ばく線量測定評価法の高度化に関する研究 Study on advanced techniques of internal dosimetry				
実施機関 (Organization)	核燃料サイクル開発機構 Japan Nuclear Cycle Development Institute				
研究者名 及び所属 (Name, Affiliation)	百瀬 琢磨 (Takumaro MOMOSE), 篠原邦彦 (Kunihiro SHINOHARA), 田崎 隆 (Takashi TASAKI) 東海事業所 安全管理部/Environment and Safety Division, Tokai Works				
キーワード (Key word)	プルトニウム Pu	肺モニタ lung monitor	呼吸気道モデル Respiratory model	EGS-4	EGS-4
研究期間	平成 8 年 ~ 平成12年度		関連する国際 共同研究課題 及び実施機関	該当せず	
関連する 解析コード	該当せず		関連する特別会計 実証試験	該当せず	
<p>【成果の達成レベル】</p> <p>放射性核種を吸入摂取した場合の線量評価の高度化、迅速化を図るため、体外計測法及び線量計測法の改良に関する研究を行った。体外計測法については、ゲルマニウム半導体検出器を用いた高分解能肺モニタの開発とプルトニウム同位体比に基づく測定法の改良を行った結果、同位体比を用いることで、検出下限の低減が図れる見通しを得た。</p> <p>シミュレーション計算を利用した内部被ばく評価では、肺モニタ検出器をシミュレートするのに適した計算コードへの改良を行った。これにより、計算スピードが数倍に向上する成果が得られた。また、肺モニタの測定環境をコンピュータ上に模擬することが可能になり、個々人の体格データを用いれば、個々人に対応した内部被ばく評価が可能になる見通しを得た。</p>					
<p>【進捗状況（平成9年度）】</p> <p>アスファルト固化処理施設の火災・爆発事故に伴う内部被ばく評価に係る対応により、当該年度においては当初計画してた進捗はなかったが、事故対応においてこれまでの研究成果を反映し、低レベルの体内放射能測定を精度良く行うことができた。</p>					
<p>【使用主要施設】 核燃料サイクル開発機構 東海事業所 放射線保健室 ゲルマニウム型肺モニタ検出器 ワークステーション</p>					
【連絡先】	〒 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松4-33 核燃料サイクル開発機構		☎ 029-282-1111	【所属】 安全管理部 線量計測課	【氏名】 林 直美

調査票

平成9年度

環境 1. [6] - (9) - 2

【研究目的】

放射性核種を吸入摂取した場合の線量評価の高度化、迅速化を図るため、体外計測法及び線量評価法の改良に関する研究を行う。

【研究内容（概要）】

ゲルマニウム検出器等を用いた高分解能肺モニタの開発とプルトニウム同位体比に基づく測定への適用を行う。また、実験及び計算により計数効率の体格依存性を明らかにするとともに、超音波診断装置等による胸部厚測定に基づく計数効率補正法の開発を行う。

さらに、ICRP新呼吸気道モデル等体内の放射性物質の挙動に関する新しい知見に基づく内部被ばく線量評価法の改良とこれらの実務適用に関する研究を行う。

【研究成果】

アスファルト固化処理施設の火災・爆発事故に伴う内部被ばく線量評価に係る対応として、施設及びその付近にいた作業員について全身カウンタによる測定を実施した結果、37名から微量のCs-137及びCs-134が検出された。

最大の摂取のあった作業員の吸入による摂取量はCs-137が2300Bq、Cs-134が310Bqであった。また、この作業員の肺モニタによる測定結果は、Am-241、Pu-239はいずれも検出下限値（Am-241が約10Bq、Pu-239が約1kBq）未満であった。そこで、この他に吸入した放射性物質の核種組成を決定するため、 γ 線スペクトロメーター及び α 線スペクトロメーター等による鼻スミヤの核種別放射能を測定した結果、Cs-137及びCs-134の他にSr-90、Pu-238,239,240,241、Am-241が検出され、核種別のCs-137に対する放射能割合と全身カウンタ測定から得られたCs-137の摂取量に基づき核種別摂取量を算定した。検出下限未満の摂取が想定される核種については、最大側の評価として検出下限値に相当する量が検出されたとした場合及び最小側の評価として検出されなかつたとする場合の評価を行った。この結果、預託実効線量当量の最大は、約0.4mSv～約1.6mSvの範囲となった。

今回実施した鼻スミヤの核種組成に基づき核種別摂取量を算定する方法は、ICRP Publication54（96節）に準じており、バイオアッセイに比べ作業員への負担が少ない点からも有効であった。また、体外計測法による低レベルの体内放射能測定を補完し、内部被ばく線量評価精度の向上を図ることができた。

【公開資料】

(1)須藤 俊幸、清水 武彦、野田 喜美雄、百瀬 琢磨、古田 定昭、伊藤 公雄、石黒 秀治、山内 孝道
放射性物質の放出量並びに作業者及び公衆の被ばく線量の評価
—アスファルト固化処理施設火災爆発事故の原因 究明・再発防止に関する報告（6/7）—
PNC TN8410 98-048

(2)百瀬 琢磨、辻村 慎雄、江尻 明、田崎 隆、篠原 邦彦、石黒 秀治
アスファルト固化処理施設における火災爆発事故対応 - (2) 作業員の線量評価-
PNC TN8415 98-009