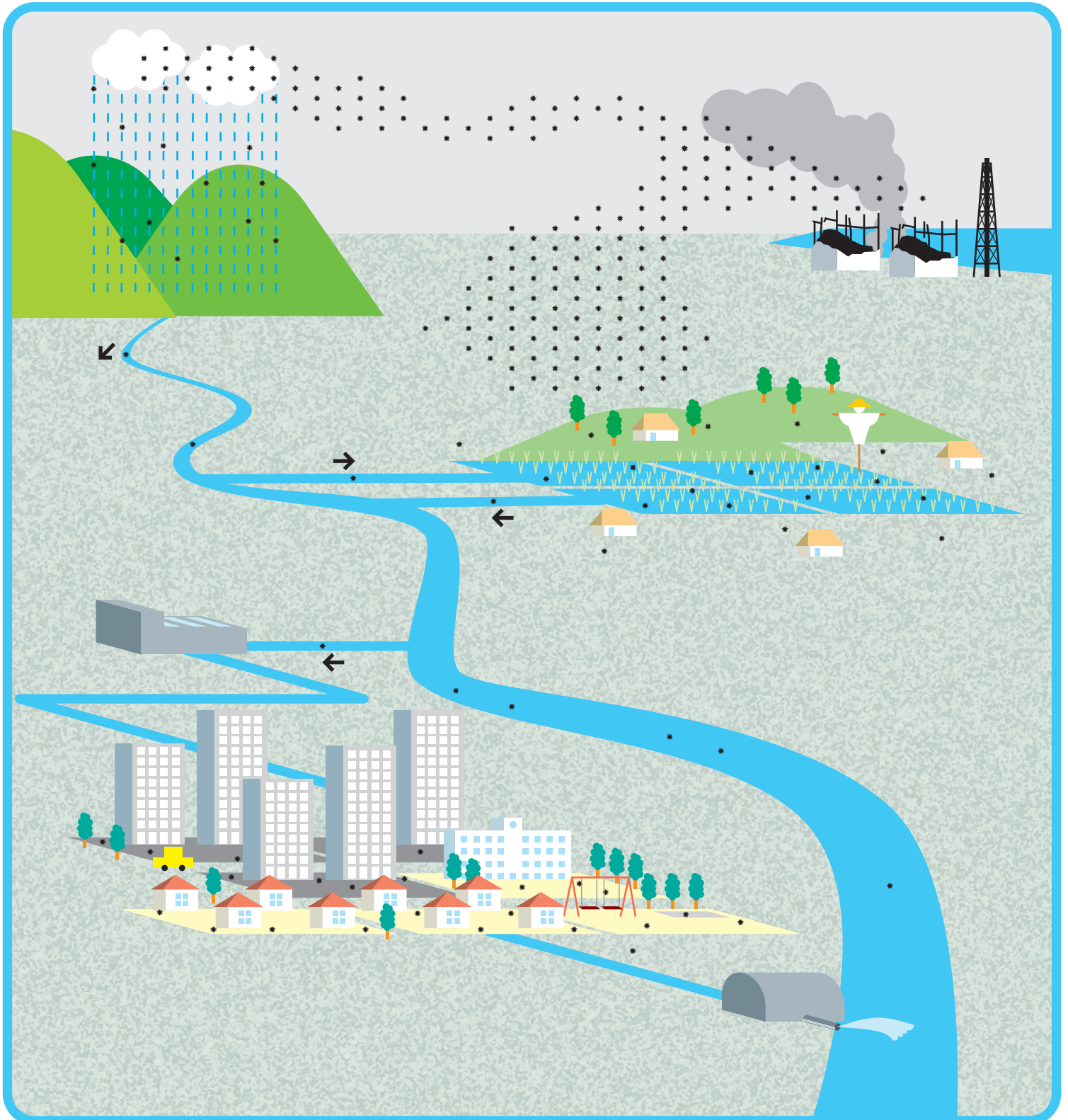


流域に沈着した放射性物質の移動と消長に関する 文献調査及び知見整理

Literature review on transport and fate of
deposited radioactive materials in a watershed





目的

平成23年3月、福島第一原子力発電所から大量の放射性物質が環境中に放出されました。その後、流域に沈着した放射性物質は、土壌へ蓄積したり、降雨での洗い流しにより下流へ移動したりしますが、それらの環境中での挙動に関する知見は十分整理されていません。

本研究では、森林、農地、市街地、河川における放射性物質の移動と消長に関する国内外の文献等情報収集を行います。収集した情報から、放射性物質の環境中での挙動に及ぼす影響因子や重要なプロセスを抽出し、短期および長期の両視点で、時間経過に伴う挙動の変化等の知見を整理します。



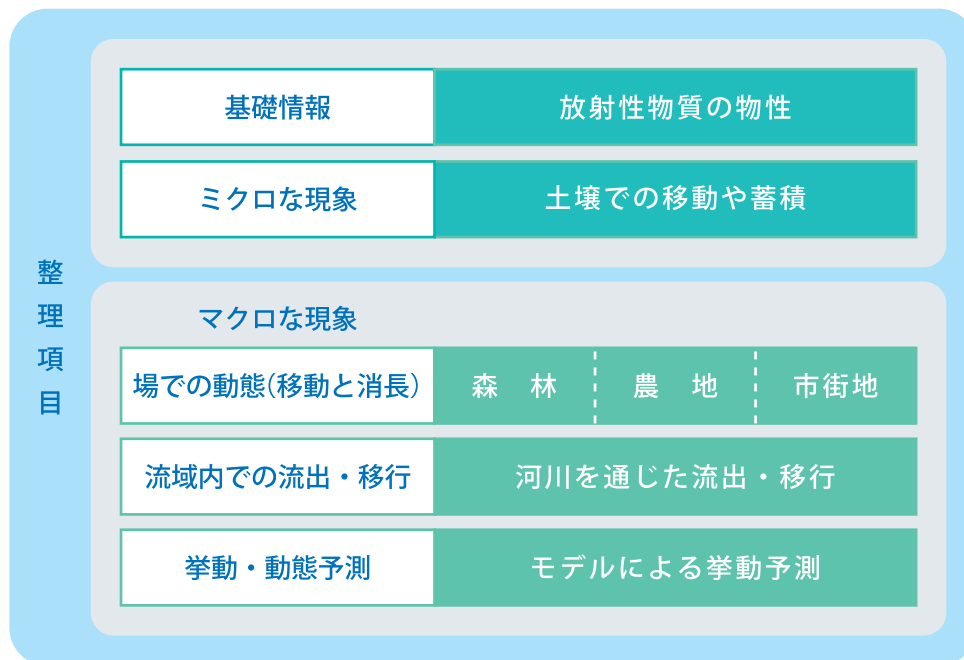
方法

日本水環境学会ノンポイント汚染研究委員会では、汚濁物質の環境動態に関する研究を行ってきました。今までの知識と経験を活かし、放射性物質の環境中での挙動に関係する国内外での文献を検索ツールを用いて収集しました。

検索において、対象放射性物質として“セシウム”を選定し、森林、農地、市街地のそれぞれの場所での挙動、河川や土壌での移動や消長、さらに将来予測のためのモデル化などの観点からキーワードを決め、重要な文献をリスト化しました。

収集した文献は、研究委員会のメンバーが読み、重要な情報を整理して示すとともに、モニタリングへの活用、流出挙動・流出経路の解明、除染の際の留意点について提言できるように整理しました。

- 放射性物質(セシウム)を選定
- 環境中の挙動に着目した文献収集



関連文献のリスト化、抄録の作成とデータベース化



文献調査と知見整理を通じた提言と今後の課題

福島第一原子力発電所から多量に放出された放射性物質は広域に拡散して、森林だけでなく、農地や市街地などに沈着しました。

流域に沈着した放射性物質の多くは懸濁態として存在しており、降雨にともなう雨水の流出現象によって流域内を上流から下流へと移動します。最終的には河川を通じて沿岸域に到達し、沿岸の底泥に蓄積され、また微粒子であれば沖合へと輸送されていると考えられます。

今回実施した文献調査と知見整理を通じて、次のような提言と今後の課題を示すことができました。



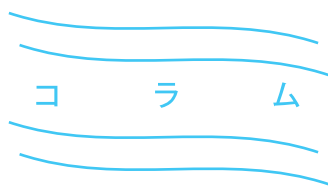
提言 1

環境中での挙動を明らかにするための「モニタリング」の実施

流域に沈着した放射性物質は降雨流出に伴い、河川を通じて湖沼や沿岸域などの水系へ流下・移動します。流域における放射性物質の将来の分布を予測するためには、流域単位での物質収支を考慮することが重要です。

また、下記の点に留意した長期的かつ戦略的なモニタリングを実施する必要があります。

- 森林、農地、市街地では、放射性物質の蓄積過程や保持状態、さらに流出の挙動は異なります。
- 春先の雪解けや豪雨時の流量増加時には、懸濁態としての流出・移動量が急激に増加します。
- 河川水中では低濃度であっても流量が多い場合は、下流へ移動する物質量を無視できません。
- 半減期の長い放射性物質は、植物や水生生物へ移行、蓄積します。



森林での挙動

森林での放射性物質の挙動において、落ち葉や土壌の層での保持や水の浸透にともなう流出、雨天時の土壌流出、落葉を含めた樹冠から樹体内あるいは林床への移動も重要な経路になります。

農地での挙動

農地での放射性物質の挙動において、水田における代かき時の落水、雨天時の土壌流亡、土壌から農作物への移行、刈取りによる系外への搬出も重要な経路になります。

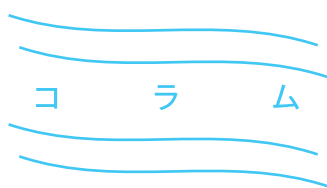
市街地での挙動

市街地での放射性物質の挙動において、水道取水による移動や側溝も含めた下水道などの雨水排除システムにおける移動、さらには処理施設内における濁質除去や汚泥への濃縮も重要な経路になります。

時空間スケールの視点からの 「流出挙動・流出経路」の理解

半減期、土壌粒子への吸着性などの性質は、物質によって異なります。そのため、短期および長期の視点で、下記の点に留意した放射性物質の環境中での流出挙動や流出経路を理解する必要があります。

- pHや有機物濃度などの環境要因によって、放射性物質は環境中において溶存態、懸濁態と存在する形態が異なります。
- 陸域から河川への流出や流下する過程において、放射性物質の形態が変化します。
- 固相と液相の間での移行、土壌内での不動化などのマイクロな現象と、陸域からの雨天時の河川への流出、河川中での流下過程における浮遊粒子と河床堆積物との間の交換や移動などのマクロな現象があります。



除染のための留意点

放射性物質の残留性は、建物（屋根や外壁）、道路（アスファルト、コンクリート、敷石、砂利）、草地、樹木など地表面特性に依存します。また、雨水マスや側溝の窪みなど土砂が堆積しやすい場所では、放射性物質が高濃度に存在するホットスポットになる可能性があります。

今後の 課題 1

戦略的な知見の蓄積と モンスーン地域での動態評価

環境省や文部科学省などにより、放射性物質の環境モニタリングや環境動態に関する研究が実施されています。モニタリングデータは公開されていますが、研究・調査結果は、現段階では限られたものしか学術論文や報告書となっていません。モンスーン地域で大量に放射性物質が環境中に放出された初めてのケースであることから、今後もこれらの最新成果を体系立てて戦略的に蓄積し、環境動態を評価、解析することが必要です。

今後の 課題 2

経験的なモデルから移流拡散等の メカニズムを考慮したモデル化

流域レベルでの環境動態を予測する場合に、放射性物質の環境中での挙動を詳細に表現できるモデルが求められますが、詳細なモデルには、必然的に未知パラメータが多くなります。このため、再現性を確認できるようなモニタリングデータを今後も蓄積することが必要です。

放射性物質の分配係数（水から土壌などへの吸着のしやすさを表す指標）は、モデルにおける重要なパラメータですが、環境条件によりオーダーレベルで変化することが報告されています。今後、動態予測や対策効果をより定量的に評価するためには、分配係数を含め様々なパラメータを適切に設定し、移流拡散等のメカニズムを考慮したモデルを構築する必要があります。



検索結果とデータベース化

国内外の学術論文を中心に、重要性の高い125件を抽出して、それらの文献抄録を作成しました。また、抽出した文献の情報をリスト化し、抄録自体のデータベース化も行いました。整理した知見がより多くの方に活用していただけるよう、文献情報だけでなく抄録についてもホームページ上で掲載が可能となったものから随時公開する予定です。

文献情報リスト(一部)

分野	著者	論文名	雑誌名	巻	号	ページ	出版年
市街地	AA. Seleznev IV. Yarmoshenko AA. Ekidin	Accumulation of Cs-137 in puddle sediments within urban ecosystem	Journal of Environmental Radioactivity	101	8	643 - 646	2010
	提言につながる情報	ロシア中ウラル地方における Cs-137 降水量をデータ収集により経年変化を推定。雨水のたまりやすい(降雨の度に水たまりができる)場所の土壌中には放射性物質が蓄積されやすいことを水たまり底泥中の溶存濃度をモデル式で示し、大気降水量との寄与率を推定した。すなわち、大気降水物として降下した Cs-137 は雨水に溶け出し水たまりへと流入し底泥中に集積されていく。					
農地	T. Shinonaga W. Schimmack M.H. Gerzabe	Vertical migration of ⁶⁰ Co, ¹³⁷ Cs and ²²⁶ Ra in agricultural soils as observed in lysimeters under crop rotation	Journal of Environmental Radioactivity	79	2	93 - 106	2005
	提言につながる情報	オーストリアでの輪作下のライシメーターにおける農地土壌中の ⁶⁰ Co、 ¹³⁷ Cs、 ²²⁶ Raの垂直分布の調査。未かく乱土壌と同様に、かく乱土壌においても ¹³⁷ Csの移動速度は非常に小さいことが示されている。					
森林	H. Kato Y. Onda T. Gomi	Interception of the Fukushima reactor accident-derived ¹³⁷ Cs, ¹³⁴ Cs, ¹³¹ I by coniferous forest canopies	Geophysical Research Letters	39		L20403	2012
	提言につながる情報	栃木県(福島第一原発から南西へ150km離れた場所)のヒノキ林(40年生、2,500本/ha)とスギ林(41年生、1,300本/ha)に設定された斜面プロット(傾斜>30度)での研究例である。原発事故から約6カ月経過した時点にあっても針葉樹キャノピーによって多くの放射性セシウム(>60%)が保持されていることが示されている。一般に、森林流域からの汚濁負荷対策を検討する場合、流域でのインプットとアウトプットを把握するだけでは、汚濁負荷を左右する場(例えば、植生、土壌、地質)を特定できないため、問題解決のために効果的な対策が打てない。本研究の結果はこの点を再認識させるとともに、今後の森林政策や除染にとって流域内部での放射性セシウムの挙動を調べることの重要性が理解できる。放射性セシウムの今後の挙動、例えば樹体内への移動と蓄積、あるいは落葉・落枝としての林床への移動を評価することの重要性も本研究から理解できる。					
土壌	S. Almgren M. Isaksson	Vertical migration studies of ¹³⁷ Cs from nuclear weapons fallout and the Chernobyl accident	Journal of Environmental Radioactivity	91	1 - 2	90 - 102	2006
	提言につながる情報	スウェーデン西部の33地点を対象として、核実験によるフォールアウトおよびチェルノブイル事故に起因する ¹³⁷ Csの表層土壌中での深度分布から、 ¹³⁷ Csの浸透速度、分散係数を測定した。その結果、浸透速度は0~0.35cm/y、0.06~2.63cm/yとなった。測定点の多さから、パラメータの変動範囲が明らかになった。					
河川環境	U. Sansone M. Belli O.V. Voitsekovitch V.V. Kanivets	Cs-137 and Sr-90 in water and suspended particulate matter of the Dnieper River reservoirs system (Ukraine)	Science of The Total Environment	186	3	257 - 271	1996
	提言につながる情報	チェルノブイル事故地域の河川(プリピャチ川)から、約500km下流の黒海までの経路。定期的・長期的モニタリングの成果が現れた報告であり、モニタリングの重要性が認識できる。内部被ばく、外部被ばくを含めた被ばく経路解析の下で、対策の優先度を考える必要がある。					
河川流出	T.Matsunaga H.Amano N.Yanase	Discharge of dissolved and particulate ¹³⁷ Cs in the Kuji River, Japan	Applied Geochemistry	6	2	159 - 167	1991
	提言につながる情報	久慈川において1987 - 1988年に観測を行い、放射性セシウムの流出挙動を検討し、モデルによる放射性セシウムの移行動態解析に必要なデータが報告された。 ・粒子態放射性セシウムの存在割合 高水量期 > 低水量期 ・粒子態放射性セシウムの含有量は灰化減量と正の相関性有リ---有機物との親和性を示唆 ・分配係数 1.0 ± 0.6 x10 ⁵ ml/g ・1987、1988年の放射性セシウム流出量 蓄積量の0.04% (壊変補正済み)					
モデル	L. Monte J. E. Brittain L. Håkanson Jim. T. Smith M. van der Perk	Review and assessment of models for predicting the migration of radionuclides from catchments	Journal of Environmental Radioactivity	75	1	83 - 103	2004
	提言につながる情報	集水域における放射性核種の挙動を予測するモデルを広範囲にレビューした論文である。集水域から流入する放射性物質のフラックスは、指数関数の組み合わせで記述される。すなわち、流出の早さに応じて分類し、それを足し合わせることで、経時的なフラックス(あるいは濃度)を理解することができる。一方、現象を詳細に記述する物理的なモデルについては、未知パラメータが多くなり必ずしも正確な予測ができるわけではない等の理由から本論文では批判的である。					



公開するホームページ

本研究成果の詳細は、(公社)日本水環境学会ホームページからご覧頂けます。

<http://www.jswe.or.jp/>

(公社)日本水環境学会 ノンポイント汚染研究委員会

流域に沈着した放射性物質の移動と消長に関する 文献調査及び知見整理

Literature review on transport and fate of deposited radioactive materials in a watershed

トップページ

メンバー

研究概要

研究成果

関連リンク

平成24年度環境研究総合推進費【ZRFb-12T1】

「流域に沈着した放射性物質の移動と消長に関する文献調査及び知見整理」の研究成果を発信します。

文献データベース

森林



農地



市街地



河川・湖沼



土壌



流域・モデル



得られた知見

公益社団法人 日本水環境学会

〒135-0006 東京都江東区常盤2-9-7 グリーンプラザ深川常盤201

Tel. (03) 3632-5351 Fax. (03) 3632-5352

本研究は平成24年度環境省環境研究総合推進費(ZRFb-12T1)

「流域に沈着した放射性物質の移動と消長に関する文献調査及び知見整理」/ 研究代表者: 古米弘明
によって行われたものです。