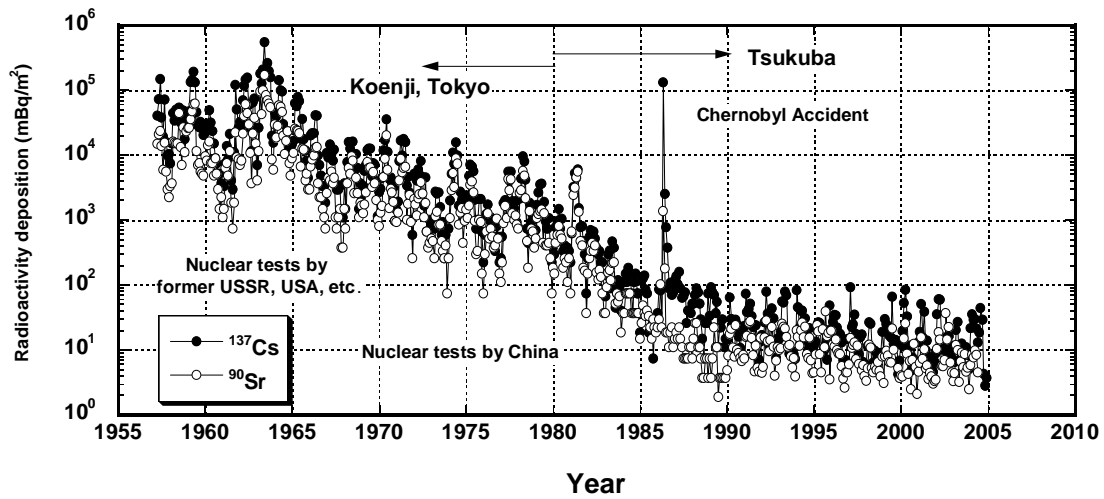


Artificial Radionuclides in the Environment 2005

環境における人工放射能の研究 2005



Geochemical Research Department, Meteorological Research Institute,
JAPAN

December 2005

気象研究所 地球化学研究部

「環境における人工放射能の研究 2005」について

気象研究所地球化学研究部では、1954年以來、50年以上に亘り、環境放射能の研究を実施して参りました。その研究成果を、関係省庁の担当者の方々及び大学や試験研究機関の研究者の方々に広く知って頂くために、本論文集を発刊しています。本論文集では、最近の論文（英語論文）をテーマ毎に分類して、簡単な日本語の解説を加えて、一冊にまとめています。

過去50年間に実施されてきた研究成果を、全体として理解していただくために、過去から現在までの成果をテーマ毎に記述しました。従って、テーマ名は文部科学省放射能調査研究費の実際の課題名とは一致しておりません。テーマ毎に新しい論文を紹介するように努めましたが、現在実施していないテーマについても、全体の理解の上で必要と考えるところは加えました。また放射能調査研究費の実際の課題名は、巻末に一覧表で示しました。

本論文集が環境放射能研究や環境放射能影響評価の基礎資料として、皆様に活用していただければ幸いです。

最後に、本研究を推進するに当り、御協力頂いた多くの気象官署の職員の皆様及び気象研究所の職員の皆様に深く感謝致します。なお、この研究は文部科学省放射能調査研究費で実施されています。

平成17年12月

気象研究所地球化学研究部長 廣瀬勝己

序

気象研究所地球化学研究部では、1954 年以来、環境放射能の観測・測定法の開発、放射能汚染の実態の把握、大気や海洋における物質輸送解明のトレーサーとしての利用を目的として環境放射能の研究を実施してきた。1957 年以降、原子力及び放射能に関する行政は科学技術庁が所管することとなり、各省庁がそれぞれの所掌で実施してきた環境放射能調査研究関連業務は放射能調査研究費によって統一的に実施することとなった。気象研究所地球化学研究部では、環境中の人工放射性核種の分布とその挙動を 50 年以上にわたって観測・研究してきた。このような長期にわたる観測・研究の結果、環境放射能について世界的に他に類を見ない貴重な時系列データを内外に提供すると共に、様々な気象学・海洋学的発見をもたらしてきている。この間の研究成果は 200 編以上の論文として内外の雑誌で公表されている。

1954 年 3 月 1 日に米国によりビキニ環礁で行われた水爆実験により、危険水域外で操業していた第五福竜丸乗組員が放射性物質を含む降灰（いわゆる死の灰）による被曝を受けた事件を契機にして、日本における環境放射能研究が本格的に始まった。当時の地球化学研究室は環境の放射能を分析・研究できる日本で有数の研究室であり、三宅康雄の指導のもと、海洋及び大気中の放射能汚染の調査・研究に精力的に取り組んだ。その結果、当時予想されていなかった海洋の放射能汚染、さらに大気を経由して日本への影響など放射能汚染の拡大の実態を明らかにすることができた。1958 年から、放射能調査研究費による特定研究課題の一つである「放射化学分析（落下塵・降水・海水中の放射性物質の研究）」を開始し、札幌、仙台、東京、大阪、福岡の五つの管区气象台、秋田、稚内、釧路、石垣島の 4 地方气象台、輪島、米子の 2 測候所の全国 11 気象官署及び観測船で採取した海水中の人工放射性核種（ ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^3H 及びプルトニウム同位体）の分析を実施してきた。

大気中の人工放射性核種の降下量は 1961 年から 1962 年に行われた大規模大気圏核実験の翌 1963 年に最大値を観測した。その後、「部分的核実験禁止条約」の締結により米ソの大気圏核実験が中止された結果、降下量はおよそ 1 年の半減滞留時間で減少した。この放射性核種の降下量の時間変化は成層圏に打ち上げられた物質の成層圏での滞留時間を反映している。その後、中国及びフランスにより大気圏核実験は続けられ、人工放射性核種の降下量は増減を繰り返した。1980 年最後の中国大気圏核実験の後、放射性フォールアウトは成層圏の滞留時間で減少し、1985 年には 1957 年の観測開始以降最も低いレベルになった。しかし、1986 年旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所事故により、大気中の人工放射性核種濃度（特に揮発性の高い ^{131}I 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs など）は日本でも 1963 年に近いレベルに達するほど著しく増加した。大部分の放射性核種は対流圏の滞留時間（25 日）で減少したが一部 ^{137}Cs は成層圏にも輸送されていることが分かった。1988 年以降は低いレベルで推移しているが、明瞭な減少の傾向は見られない。この原因は一度地上に降下した放射性核種の再浮遊に由来すると考えている。さらに、再浮遊がどこで起るかについて研究を進め、有力な候補として東アジアで発生する黄砂の可能性が高いことを明らかにした。黄砂の発生は大陸域の環境変化と関連しており、降下物中の人工放射性核種は大陸域の環境変化の指標となりうることが分かってきた。

気象研究所では大気フォールアウトの研究と共に、海洋における放射性核種の挙動についても研究を実施している。日本周辺海域に限らず、太平洋の広域に亘って海水試料の採取を実施し、放射能汚染の実態を明らかにしてきた。1960 年代後半から 1970 年代の調査で、海洋表面水中の放射能が、北半球中緯度で高い緯度分布をしていることを明らかにし、フォールアウトの緯度分布に支配されていることが分かった。最近では、海洋表面水中の放射性核種は海洋の物質循環に支配されていることが明らかになった。さらに、海水中的人工放射性核種の分析法の高度化を実現し少試料量で分析可能にした。その結果、 ^{137}Cs の精密鉛直断面を描くことができ、核実験由来の ^{137}Cs の主な部分は北太平洋の亜熱帯中層に存在していることを明らかに

した。1993年旧ソ連/ロシアによる放射性廃棄物の日本海等への海洋投棄の実態が明らかにされ、それに伴う日本海の放射能調査の実施に参加した。放射能廃棄物による影響は検出されなかったが、調査の結果を踏まえ、日本海固有水の生成過程及び生成場所（ウラジオストック沖）についての知見を得ることができた。

日本における最近の環境放射能汚染として、1997年の動力炉核燃料開発事業団「アスファルト固化処理施設」の火災爆発事故や1999年のJCOウラン燃料工場における臨界事故があるが、いずれも環境中に放出された放射能汚染は極めて低いレベルで放射能による影響は殆どなかった。このように、環境の放射能汚染は過去の問題ではない。従って、今後とも、環境放射能調査・研究は重要であると考えられる。

現在、気象研究所では放射能調査研究費による特定研究課題として「大気圏の粒子状放射性核種の長期動態に関する研究」、「海洋環境における人工放射性核種の長期挙動に関する研究」及び「大気中の放射性気体の実態把握に関する研究」の3課題で環境放射能研究に取り組んでいる。また、近年諸外国や国内の研究機関との共同研究も進展しており、これらの共同研究の中で懸案であった大気中 ^{85}Kr の分析法も確立することができ、日本における10年近い大気中 ^{85}Kr 濃度の変動を明らかにすることができた。

2005年12月

気象研究所 地球化学研究部

Contents

1. Radioactive fallout in Japan since 1957.....	1
2. Aerosols.....	33
3. Radioactive gases observed at Tsukuba, Japan.....	35
4. Tritium in the environment.....	47
5. Artificial radionuclides in the Pacific Ocean.....	49
6. Artificial radionuclides in major rivers in Japan.....	169
7. Plutonium in fallout and seawater.....	171
Publication list 1954-2005.....	189
Publication list (in Japanese) 1954-2005.....	203
History of the studies at Meteorological Res. Inst.....	207
Publications appeared in “Artificial radionuclides in the Environment 2003”.....	209
Publications appeared in “Artificial radionuclides in the Environment 1954-2001”.	210
Publications appeared in “Artificial radionuclides in the Environment 1954-1999”.	211

目次

1. 人工放射性降下物.....	1
2. 大気浮遊塵.....	33
3. 茨城県つくば市における大気中の放射性希ガスの観測.....	35
4. 環境中のトリチウムの挙動に関する研究.....	47
5. 海水中の人工放射能－太平洋について.....	49
6. 日本の主要河川水中の人工放射性核種.....	169
7. 大気降下物及び海水中のプルトニウム.....	171
論文リスト(英文誌) 1954-2005.....	189
論文リスト(和文誌) 1954-2005.....	203
表：研究の歴史 1954-2005.....	207
環境における人工放射能の研究 2003 に掲載した論文のリスト.....	209
環境における人工放射能の研究 1954-2001 に掲載した論文のリスト.....	210
環境における人工放射能の研究 1954-1999 に掲載した論文のリスト.....	211

1. 人工放射性降下物

気象研究所では、大気圏における人工放射性核種の濃度変動の実態とその変動要因を明らかにすべく、1954年4月に放射性降下物(いわゆるフォールアウト)の全βの観測を開始した。核種分析は1957年に始まり、以降現在に至るまで40数年間途切れることなく継続されている。特に気象研究所での観測値は、現在でも検出限界以下とすることなく必ず数値化されている。対象は重要核種である ^{90}Sr 、 ^{137}Cs およびPu同位体である。人工放射能は主として大気圏内核実験により全球に放出されたため、部分核実験停止条約の発効前に行われた米ソの大規模実験の影響を受けて1963年の6月に最大の降下量となり(^{90}Sr 約170Bq/m²、 ^{137}Cs 約550Bq/m²)その後徐々に低下した。しかし、1960年代中期から中国核実験による影響で降下量は度々増大し、1980年を最後に核実験が中止されたので漸く低下した。1986年4月の旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所の事故により、放射能の降下量は再び増大した。

しかしこの影響は長く続かず、1990年代になると、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、Pu同位体の降下量は大きく低下し、試料採取に4m²の大型水盤を用いている気象研究所以外では検出限界以下となって、降下量を容易に数値化できなくなった。このため、気象研究所での観測記録は我が国のみならず、世界で唯一最長の記録となった。1990年代での ^{90}Sr 、 ^{137}Cs の月間降下量はともに数~数10mBq/m²で推移して、「放射性降下物」とは呼べない状況に至った。チェルノブイリ事故由来の放射能の一部は下部成層圏にも輸送されたが、1994年以降の年間降下量は成層圏滞留時間から予想される量を大きく上回っている。その原因として、再浮遊(一旦地表に沈着したものが、表土粒子と共に再び大気中に浮遊する現象)が主たる過程となっていると考えられる。従来、再浮遊は近傍の畑地などからの表土粒子が主体となっていると信じられてきた。しかしながら、降下物の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比は、気象研究所近傍で採取した表土中の同比と一致せず、再浮遊には複数の起源があることがわかった。他の起源として想定できる現象としては、表土粒子が大規模に輸送される黄砂など風送塵がある。そこでこの仮説を検証するための取り組みを開始した。

最近の研究成果は以下のとおりである。

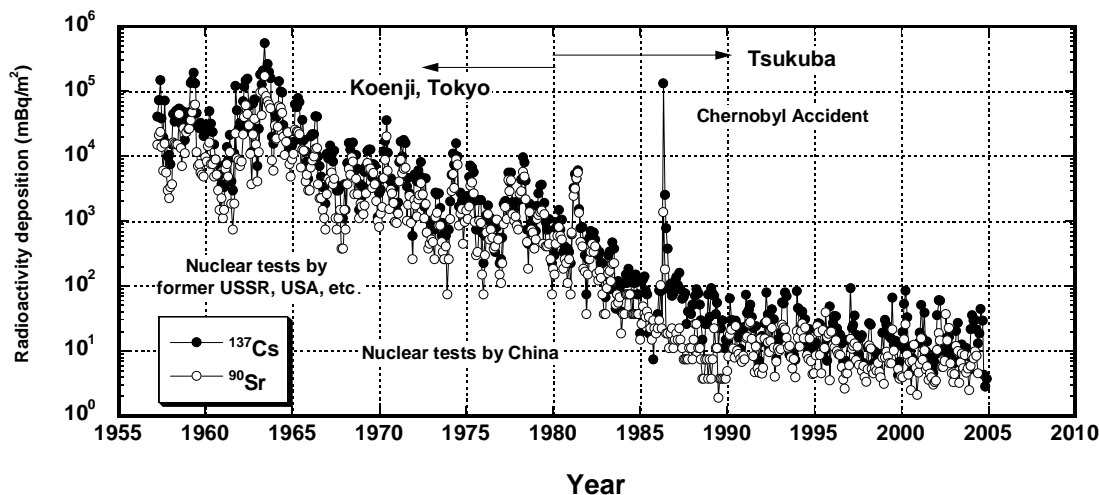
(1)引き続き、つくばにおいて月間降水・降下塵試料中の ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、超ウラン元素等を精密に定量している。その他全国11地点においても、監視を継続している。2000年代初期に黄砂現象に伴うと考えられる春季の ^{137}Cs 降下量のわずかな増加の兆候(健康影響は無い)を認めたと、それ以外に特段の異常はない。

(2)1990年代の降下量(比放射能)の見かけの減少の時定数を求めた。 ^{90}Sr については約10年、 ^{137}Cs については約22年となった。これらの見かけの減少は、表層土中でのこれらの核種の減少と同一オーダーの時定数であり、再浮遊によって ^{90}Sr 、 ^{137}Cs がもたらされていることを確認する結果である。

(3)再浮遊には長距離輸送成分(黄砂など風送塵による)と近傍成分があることを見いだしているが、単純な2成分系を想定すると、 ^{90}Sr については約9割、 ^{137}Cs については約7割が長距離輸送成分由来と評価できた。しかしさらに詳しく1990年代の時系列データにつき、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比の季節変動を調べたところ、この単純な評価を修正する必要性が明らかになってきた。これまで大陸砂漠由来と考えてきた長距離輸送成分にも、さらに別の成分があるらしいことがわかった。すなわち、ある程度の降水量があって耕作可能な領域で発生するものがあるらしいことを見出した。

(4)他の研究費において、全球化学輸送モデルによってダストの大規模輸送について検討した結果、中国の砂漠域以外からの日本への輸送が示唆されたため、IAEAモナコ研から入手したヨーロッパに沈着したサハラダスト試料中の ^{90}Sr と ^{137}Cs を分析し、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比を調べた。その結果、つくばの降下物で見出される $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比の範囲とサハラダスト試料での比は一致せず、サハラからの輸送の有無は現時点では明確にできなかった。

この40数年間に亙る時系列データは、ハワイマウナロアにおける二酸化炭素の時系列データ同様、地球環境に人工的に汚染物質を付加した場合、汚染物質がどのような環境動態をとるのかを如実に反映しており、降水量として実に5桁に及ぶ水準変動が記録されている。これらの記録は、大規模風送塵に関する研究にも、近年の気候変動研究にも関連し、科学的新知見を与え得るものである。たとえば、人工放射能をトレーサーとして風送塵の研究に応用できる可能性が見えつつある。このように、環境研究においては時系列データを活用し、これに加えて異常事象などに関する研究を進めることが重要である。



〔掲載論文〕

Igarashi, Y., M. Aoyama, K. Hirose, T. Miyao, K. Nemoto, M. Tomita, T. Fujikawa, Resuspension: Decadal Monitoring Time Series of the Anthropogenic Radioactivity Deposition in Japan, *Journal of Radiation Research*, 44, 319-328, 2003

Igarashi, Y., M. Aoyama, K. Hirose, P.P. Povinec, S. Yabuki, What anthropogenic radionuclides (^{90}Sr and ^{137}Cs) in atmospheric deposition, surface soils and Aeolian dusts suggest for dust transport over JAPAN, *Water, Air, and Soil Pollution: Focus*, 5, 51-69, 2005

2. 大気浮遊塵

大気からのエアロゾルの除去過程の現象について大気浮遊塵中の人工放射能の観測結果から直接得られた知見としては、チェルノブイリ由来のものについての研究があげられる。アンダーセンサーを用いて平均粒径分布（空気動学的放射能中央径：AMAD）を求めた。その結果、チェルノブイリ由来の放射性核種を含むエアロゾルの平均粒径は $^{131}\text{I} < ^{137}\text{Cs}, ^{103}\text{Ru} < ^{90}\text{Sr} < ^{239,240}\text{Pu}$ という順序で大きくなることが分かった。この内、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 及び ^{103}Ru の平均粒径はサブミクロンであった。また、 ^{131}I 、 ^{137}Cs 及び ^{103}Ru の3核種の場合、 $0.43\mu\text{m}$ 以下に全体の放射能の50%が存在し、粒径の増加とともに急速に放射能が減少する分布を示した。また、 $1.1\mu\text{m}$ 以下の画分には ^{131}I の場合83%、 ^{137}Cs の場合90%及び ^{103}Ru の場合94%の放射能が含まれていることがわかった。事故発生から5月末までの観測によると、粒径分布は時間とともに変化し、平均粒径は ^{137}Cs の場合 $0.4\mu\text{m}$ から $0.7\sim 0.8\mu\text{m}$ と増加し、 ^{103}Ru においても同様な傾向がみられた。

日本の大気・降水中で観測されたチェルノブイリ由来の放射性核種の核種組成を放出源の報告値と比較すると、放出過程の組成の変化を考慮に入れても大きく異なっている核種があることが分かってきた。 $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ や $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比は観測期間中殆ど一定であった。ただし、放出源の放射能比を比較すると、つくばの大気中の $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ 比はやや高いことが分かった。つくばのエアロゾル中の $^{103}\text{Ru}/^{137}\text{Cs}$ 比は5月の上旬は当初の放出時の放射能比と同じであったが、下旬に増加の傾向を示した。この変化は、放出過程による変動（後半でより多くの ^{103}Ru が放出されている）を反映しているものと考えられる。一方、 ^{90}Sr やプルトニウムについては、少なからぬ量（ ^{90}Sr の放出量の場合 ^{137}Cs の22%、プルトニウムの場合、 ^{137}Cs の0.17%）の放出があったにもかかわらず、日本の大気・降水で観測された放射能はかなり低い値であった。 ^{90}Sr は ^{137}Cs に比べて約1/100しか日本には輸送されてこなかったことを意味する。言い換えれば、輸送中に放射性核種間で分別が起こったことを示唆している。つくばの大気・降水中のチェルノブイリ由来の放射能の結果によると、全体の降下量に対するドライデポジションの寄与は $9(^{103}\text{Ru})\sim 12(^{137}\text{Cs})\%$ であり、大気中の放射能の大部分が降水によって除去されていることが分かった。

ドライデポジション（乾性沈着）によるチェルノブイリ由来の放射性核種の大気からの除去の様子を知るための指標として、各核種に付いてドライデポジションベロシティ（乾性沈着速度）を計算したところ、 $^{131}\text{I} < ^{137}\text{Cs}, ^{103}\text{Ru} < ^{90}\text{Sr} < ^{239,240}\text{Pu}$ という順序で大きくなることが分かった。即ち、放射能を帯びたエアロゾルの長距離輸送の間で、ドライデポジションを主に支配している過程である重力沈降等により、チェルノブイリ由来の放射性核種の中ではプルトニウムが最も除去され易かったことを意味している。計算されたドライデポジションベロシティは 0.023cm s^{-1} から 2.0cm s^{-1} の範囲にあり、時間変動と核種依存性が明瞭であった。

降下する機構は核種の化学的性状に依存せず物理的な粒径のみに依存するという仮定のみで計算したにもかかわらず、 $1\mu\text{m}$ 以上の粒子では重力沈降の速度と同じオーダーと勾配を持つという結果が得られた。 $1\mu\text{m}$ 以下の粒径に対するドライデポジションベロシティは、重力沈降によるものからは大きく異なっており、粒径 $1\mu\text{m}$ 付近でドライデポジションベロシティは極小となったのち、粒径が小さくなるにしたがって、ドライデポジションベロシティが大きくなる傾向を示す。これには、Brown運動の効果の寄与が示唆される。

降水による大気中のエアロゾルの除去には様々な要素が関係しており極めて複雑である。気象要素としては、降水の性質や降水強度が重要な因子となる。降水による大気中のエアロゾルの除去を表わす指標として washout ratio が使われてきた。つくばの個別降水で観測されたチェルノブイリ由来の放射能について washout ratio を計算したところ、 $^{137}\text{Cs}, ^{103}\text{Ru} < ^{90}\text{Sr}$ の順序で大きくなることが分かった。即ち、これらの核種の中では平均粒径の大きい ^{90}Sr が最も降水により除去され易いことを意味している。 ^{131}I 、 ^{137}Cs 及び ^{103}Ru の平均粒径はサブミクロンであり、

ドライデポジションや降水によるエアロゾルの除去のされ易さの順序は平均粒径の順序と良く対応していることが分かる。この結果は従来研究されてきた降水やドライデポジションによるエアロゾルの除去がエアロゾルの粒径と密接に関連しているという機構と良く一致している。即ち、ガス状で放出された放射性核種は、凝縮や付着等の過程によってサブミクロンのエアロゾルとなり、粒径が大きなエアロゾルに比較して大きな除去作用を受けなかったために、数 10 日の時間スケールで北半球の中緯度から北側に輸送され、北半球の広域を汚染した。一方、不揮発性の放射性核種は放出時に生成した $1\mu\text{m}$ 以上のエアロゾルに含まれていたために、輸送過程で優先的に大気中から除去されたと考えられる。

3 . 茨城県つくば市における大気中の放射性希ガスの観測

気象研究所では、人工放射性核種の地球化学的トレーサーとしての利用を目的に、 ^{85}Kr の大気中濃度の観測を継続してきた。大気試料は気象研究所屋上において1995年5月から採取を始めた。採取期間は1週間で約 10m^3 を採取し、当初は全球に観測網を展開しているドイツ大気放射能研究所(BfS-IAR)に試料を送付し、BfS-IARにおいて分析が行われてきた。2000年からはBfS-IAR方式に基づく ^{85}Kr 測定装置を気象研究所においても整備し、つくばにおいて採取された試料をBfS-IARと気象研究所双方で測定できる体制を確立した。実試料による比較試験により、ほぼ6%以内で双方の分析値が一致することを確認している。さらに2003年6月からは空間的分布把握のため、青森県原子力センター(青森市)における連続観測試料の分析を気象研究所で実施している。

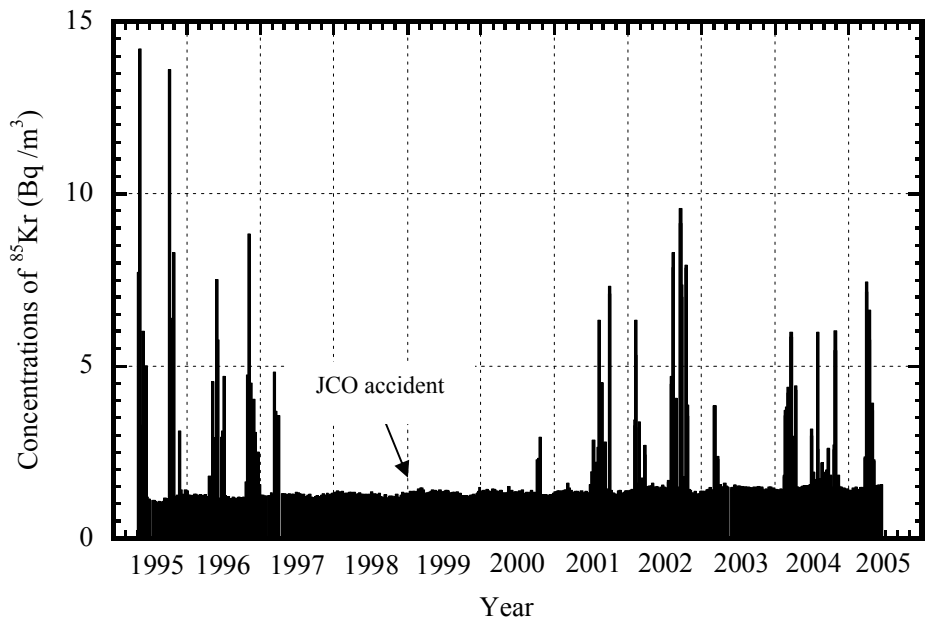
1995年からのつくばで観測した大気中 ^{85}Kr 濃度を図1に示す。1997年3月~2000年6月を除いて、一時的に通常よりも1桁近くも高い大気中 ^{85}Kr 濃度が観測された。これらは気象研究所の北東約60kmに位置する東海村核燃料再処理施設稼働日と一致しており、再処理施設からの放出された ^{85}Kr の影響によるものと判断される。一方、東海村再処理施設が休止していた1997年3月~2000年6月にあってもイギリスやフランスにおける再処理施設は稼働していたにもかかわらずつくば市においてはその影響が顕著に現れることはなく、観測された ^{85}Kr 濃度は他の北半球中緯度(北緯 $30\sim 40^\circ\text{N}$)地点での観測値(およそ $1.3\text{Bq}/\text{m}^3$)と同程度であった。また、1999年9月末のJCO臨界事故の際には緊急モニタリングを行ったが、つくばでは、有意な濃度上昇は認められなかった。

東海村施設からの影響のない期間のデータを、つくばにおける大気中 ^{85}Kr のバックグラウンド濃度とすると、バックグラウンド濃度は夏に低く、冬に高いという季節変動を示した。これは、つくば市上空をおおう気団中の ^{85}Kr 濃度の差異を反映したものであろう。すなわち冬季の大陸性気団では ^{85}Kr 濃度は高く、また夏季の海洋性気団では ^{85}Kr 濃度が低いことを示している。バックグラウンド濃度は季節変動を伴いながら年々増加する傾向にあることがわかった。急激な濃度増加の見られた1995-1996年間を除けば、1996-2004年間では $0.03\text{Bq}/\text{m}^3/\text{年}$ の速度でほぼ直線的に増加を続けており、核燃料再処理からの放出により、全球的な ^{85}Kr 濃度の上昇が依然として続いていることが示された。つくばにおける大気中 ^{85}Kr のバックグラウンド濃度は2004年の時点で約 $1.4\text{Bq}/\text{m}^3$ にまで達した。

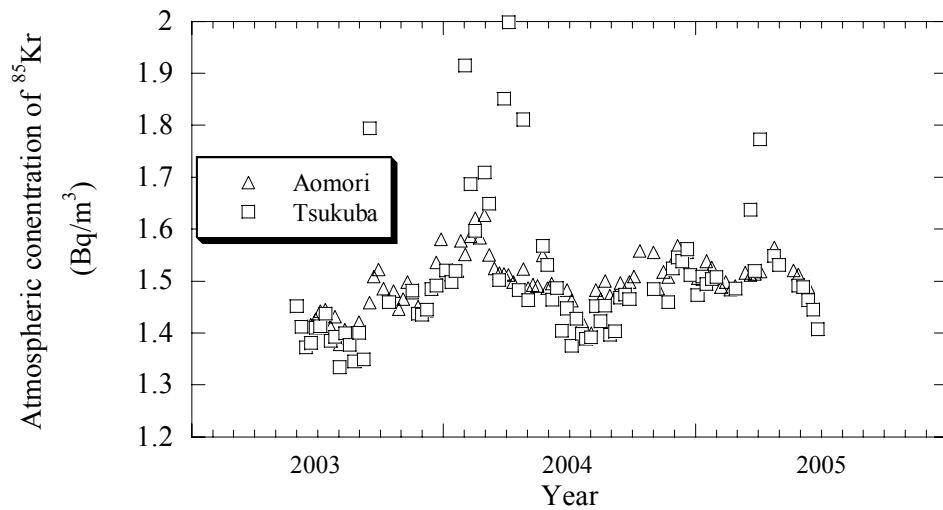
図2で示したように、2003年6月から観測を開始した青森市においては、つくば市で見られるような一時的な大気中 ^{85}Kr の高濃度現象は観測されておらず、東海村における再処理の直接的な影響はみられない。青森市における大気中 ^{85}Kr 濃度は、つくば市におけるものと同様に夏に低く、冬に高いという季節変動をもっている。しかし、青森市の値はつくば市のものに比べて年間を通して高い。これは、 ^{85}Kr の発生源が北半球高緯度域に偏在していることを反映したものと考えられる。

〔掲載論文〕

Hirota, M., K. Nemoto, A. Wada, Y. Igarashi, M. Aoyama, H. Matsueda, K. Hirose, H. Sartorius, C. Schlosser, S. Schmid, W. Weiss, K. Fujii, Spatial and Temporal Variations of Atmospheric ^{85}Kr Observed During 1995-2001 in Japan: Estimation of Atmospheric ^{85}Kr inventory in the Northern Hemisphere, Journal of Radiation Research, 45, 405-413, 2004



☒ 1 ^{85}Kr concentration observed at MRI, Tsukuba during 1995 to 2005



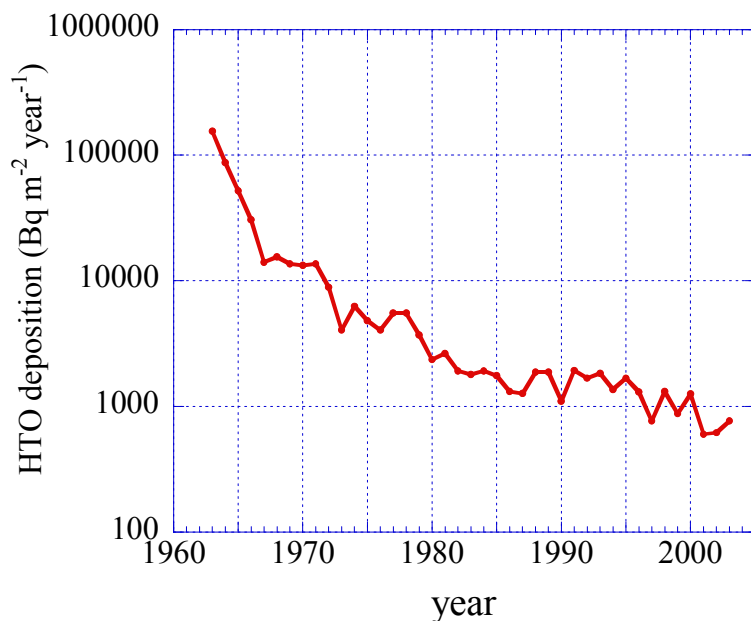
☒ 2 Background ^{85}Kr concentration observed at Tsukuba and Aomori during 2003 to 2005

4 . 環境中のトリチウムの挙動に関する研究

トリチウム(T)は、半減期がおよそ 10 年の水素の放射性同位体であり、環境中の主な化学形は水 (HTO)であるが、水素ガス(HT)としても存在している。トリチウムの発生源は、天然の核反応の他、核実験や原子力施設などである。地球化学研究部においては、トリチウムの環境中における動態を明らかにする目的で、東京 (1980 年 3 月以前) 及びつくば (1980 年 4 月以降) における降水・水蒸気、全国の河川水、北太平洋西部海域における海水中の HTO 濃度測定をこれまで行っている。

下図は 1963 年から 2003 年までの降水中のトリチウム年間降下量の経年変化を示している。また、表には 1991 年から 2003 年までの降水中のトリチウム濃度および降下量を示す。1961 ~ 62 年に行われた大気圏核実験のためトリチウムの多くは成層圏に放出された。結果として 1963 年の降下量は約 150000 Bq m^{-2} で最大となり、見かけの滞留時間 1.9 年で 1967 年まで減少した。これは他の放射性核種の成層圏滞留時間、例えば ^{90}Sr の 1.4 年と比較すると若干長い時間であり、地球表層の水循環を反映した結果である。1968 年以降は降水中のトリチウム年間降下量は、中国の一連の核実験のために増減を繰り返しながら緩やかに減少した。こうした成層圏に由来するトリチウムの降下量は、前年に核実験が行われない限り年の前半に多く、後半では前半の 1/3 になっている。1980 年を最後に大気圏への大規模なトリチウムの放出はなくなり、そのレベルは天然の核反応に由来するものに近くなり現在に至っている。その降下量は 1990 年代では $800 \sim 1900 \text{ Bq m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ である。また、最近では原子力施設からの放出量の減少と太陽活動による影響 (黒点数の極大期にあたり、天然の核反応に由来するものが減少) を反映しているとみられる降下量の減少が観測されている。2000 年代に入ってから、その降下量は約 $600\text{-}700 \text{ Bq m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ 程度まで減少し、観測開始以来最も少なくなっている。

トリチウムは ^{137}Cs や ^{90}Sr とは異なり、核分裂による生成よりも核融合による生成の方が何桁も多い。このため 1986 年 4 月 26 日に発生した旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所の事故に由来する影響は認められなかった。



東京 (1980 年 3 月まで) 及びつくば (1980 年 4 月 ~ 2003 年) における降水中のトリチウム年間降下量の経年変化

H-3 MRI 降水試料

濃度(Bq/L)		斜字: 検出下限値を示す											
月	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	1.0	1.2	1.0	1.6	1.4	0.8	0.5	0.9	0.8	1.6	0.4	0.5	0.5
2	0.7	1.5	1.2	1.2	1.5	1.0	1.2	0.7	1.4	0.8	0.5	0.6	0.7
3	0.9	1.3	1.3	1.5	1.2	1.0	0.9	0.5	0.7	0.7	0.4	0.5	0.5
4	0.8	1.1	1.4	1.2	0.9	2.1	0.5	1.5	0.9	1.4	0.8	0.9	0.5
5	1.1	1.8	1.4	1.4	1.3	1.4	1.0	0.8	0.9	0.9	0.8	1.1	0.7
6	0.9	1.3	1.7	1.6	1.2	0.8	0.9	0.8	0.6	0.9	0.4	0.7	0.5
7	1.4	1.8	1.3	0.9	1.7	0.9	0.5	1.0	0.5	0.9	0.4	0.5	0.6
8	1.1	1.3	1.3	0.8	1.5	0.8	0.5	0.5	0.5	1.2	0.4	0.4	0.5
9	1.0	1.1	1.5	1.3	2.0	1.5	0.8	0.7	1.2	0.6	0.4	0.5	0.5
10	1.1	1.3	1.0	0.8	1.8	0.9	0.5	0.9	0.8	1.0	0.4	0.5	0.5
11	1.0	1.2	1.2	1.6	1.7	0.9	0.5	1.2	0.5	0.6	0.4	0.5	0.5
12	1.3	1.3	1.6	1.0	0.0	0.9	1.0	0.8	0.6	0.9	0.4	0.5	0.6

降下量(Bq/m ²)		斜字: 検出下限値を示す											
月	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	49	47	90	73	38	14	14	71	8	92	44	48	39
2	40	29	78	89	24	31	36	42	62	10	9	18	32
3	109	213	77	177	176	95	87	43	84	50	51	26	60
4	74	205	51	47	98	139	41	317	183	148	23	37	58
5	72	196	144	139	238	147	147	110	92	195	139	136	92
6	103	190	289	113	219	35	148	128	94	171	56	82	33
7	178	115	286	52	268	178	50	147	106	194	8	61	80
8	223	71	313	61	101	28	19	106	70	98	34	28	131
9	441	87	137	467	341	473	116	203	62	109	72	77	59
10	506	302	129	45	111	55	11	119	71	141	116	61	73
11	100	143	142	80	66	82	54	4	42	51	40	13	87
12	46	88	98	23	0	32	44	32	7	3	11	34	24
合計	1941	1686	1834	1366	1680	1309	767	1322	880	1261	601	620	768

降水量(mm)													
月	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	50	39	91	46	28	17	28	79	10	58	102	107	73
2	61	20	64	72	16	32	31	63	43	13	17	28	47
3	119	170	59	116	142	95	101	81	113	67	120	58	110
4	92	181	36	39	111	66	79	206	195	110	31	41	107
5	65	111	103	102	189	103	155	148	101	218	165	121	132
6	111	144	166	72	180	42	161	156	149	191	133	111	63
7	127	66	224	55	156	192	96	144	196	225	18	136	142
8	205	54	242	78	70	36	36	200	130	80	80	64	250
9	432	77	92	348	172	307	148	276	50	199	167	167	113
10	449	240	125	54	61	63	22	128	90	139	272	135	141
11	97	115	119	49	39	94	102	3	78	80	92	29	168
12	36	69	62	22	0	37	47	43	13	4	26	76	43
合計	1844	1286	1383	1053	1164	1083	1003	1523	1165	1382	1221	1070	1386

5. 海水中の人工放射能 - 太平洋について

1954年3月1日にビキニ環礁で行われた水爆実験により、第五福竜丸乗組員が放射性物質を含む降灰(いわゆる死の灰)による被曝を受けた事件を契機にして、日本における環境放射能研究が本格的に始まった。気象研究所地球化学研究部(当時は地球化学研究室)は、当時から環境の放射能を分析・研究できる日本有数の研究室であり、海洋及び大気中の放射能汚染の調査・研究に精力的に取り組んだ。その結果、当時予想されていなかった海洋の放射能汚染、海洋を經由しての日本近海や太平洋中緯度域への輸送過程、さらには大気を經由しての日本への影響など放射能汚染の拡大の実態を明らかにすることができた。一方、海洋中の人工放射性核種は1945年以前には全く存在しなかったものであり、海洋の物理的循環、生物地球化学的素過程を解明するための最もすぐれたトレーサーとなっている。海水中の人工放射性核種の分布や経時変動を解明していくことは、海洋学を発展させるとともに、海洋における放射性核種の挙動に関するモデルを確立させていくことに寄与する。そして、それらのモデルを使った海洋における人工放射性核種の将来予測が可能になることでもある。

最近の数年間の研究成果について簡単に述べる。

セシウム¹³⁷、プルトニウム等の長寿命人工放射性核種について、太平洋における濃度分布と蓄積量を評価できる観測と分析をほぼ完了し、太平洋における時空間変動を明らかにしつつある。得られたデータの解析によると、高緯度域での蓄積量の大きな減少がみられ、北太平洋中緯度でのモード水形成にかかわる亜表層での南向き物質輸送がセシウム¹³⁷の西部北太平洋での分布に大きな役割をはたしていることを明らかにした。表面での滞留時間の観点で見ると、北太平洋高緯度での14年程度の見かけの滞留時間に対して、北太平洋高緯度から赤道に向けて見かけの滞留時間が長くなり、赤道では20-30年となる解析結果と一致している。また、亜表層での南向き輸送により、1960年代初頭には北緯30-50度の表面混合層内に極大を持っていたセシウム¹³⁷の分布は、2002年には北緯20度付近の200-500mの極大をもつ分布に変化していることがわかった。(図1)さらに、赤道域への輸送は、深度100-150m付近を中心におこなわれていることも明らかにした。

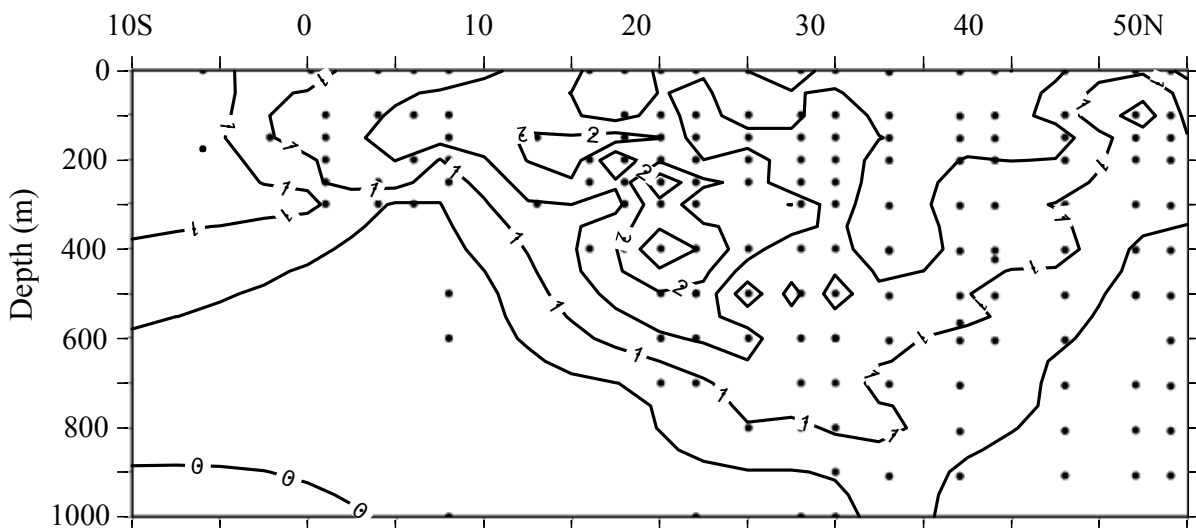


図1 東経165度線に沿う¹³⁷Cs断面図 (単位 Bq m⁻²)

図中の点はデータを示す。

極低バックグラウンドでの測定による深層での正確な濃度の決定も順調に進んでおり、深層での正確な濃度を決定しつつある。また、過去資料をデータベース化し、検索や並べ替えを可

能にしたことにより、人工放射性核種の時空間変動の解析が順調におこなえるようになった。

天然放射性核種（トリウム及びウラン系列，放射性炭素）を用いて、物理的・生物地球化学的素過程を記述する分野の研究についても、粒子状プルトニウムの鉛直分布を化学モデルで説明できるようになり、生物地球化学的に定量化が図られつつある。海水の粒子状物質中の天然放射性核種であるトリウムを分析しその変動を支配している要因を調べたところ、プルトニウムと同様、トリウムも粒子状物質中の有機配位子濃度に支配されていることを明らかにした。これらの核種濃度は海洋生態系の変動と連動して経年変動を示す可能性があることもわかった。

〔掲載論文〕

Aoyama, M., K. Hirose, Temporal variation of ^{137}Cs water column inventory in the North Pacific since the 1960s, *Journal of Environmental Radioactivity*, 69(1-2), 107-117, 2003

Hirose, K., M. Aoyama, Analysis of ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations in surface waters of the Pacific Ocean, *Deep-Sea Research Part II*, 50, 2675-2700, 2003

Povinec, P.P., H.D. Livingston, S. Shima, M. Aoyama, J. Gastaud, I. Goroncy, K. Hirose, L.H.N. Kwong, S.H. Lee, H. Moriya, S. Mulsow, B. Oregioni, H. Pettersson, O. Togawa, IAEA'97 expedition to the NW Pacific Ocean-results of oceanographic and radionuclide investigations of the water column, *Deep-Sea Research Part II*, 50, 2607-2637, 2003

Aoyama, M., K. Hirose, Artificial Radionuclides database in the Pacific Ocean:Ham database, *TheScientificWorldJOURNAL*, 4, 200-215, 2004

Hirose, K., M. Aoyama, Y. Igarashi, K. Komura Extremely low background measurements of ^{137}Cs in seawater samples using an underground facility (Ogoya) , *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 263, 349-353, 2005

Povinec, P.P., A. Aarkrog, K.O. Buesseler, R. Delfanti, K. Hirose, G.H. Hong, T. Ito, H.D. Livingston, H. Nies, V.E. Noshkin, S. Shima, O. Togawa, ^{90}Sr , ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ concentration surface water time series in the Pacific and Indian Oceans - WOMARS results, *Journal of Environmental Radioactivity*, 81, 63-87, 2005

6. 日本の主要河川水中の人工放射性核種

地球化学研究部では1960年代から河川水中の天然放射性核種(ウラン、トリウム、ラジウム)の濃度の測定を行ってきた。その成果は1964年に報告されている。

人工放射性核種としては、1973年に日本の主要河川水中のプルトニウム濃度の測定結果を報告している。この報告は日本の河川水中のプルトニウム濃度としては先駆的なデータである。この研究の中で、降水や降下塵により地表に落下したプルトニウムは、土壌粒子(あるいは、そこに含まれる有機物)に吸着して、容易には流水により溶脱しないことを明らかにすることができた。その結果を支持するデータを1981年にも報告している。

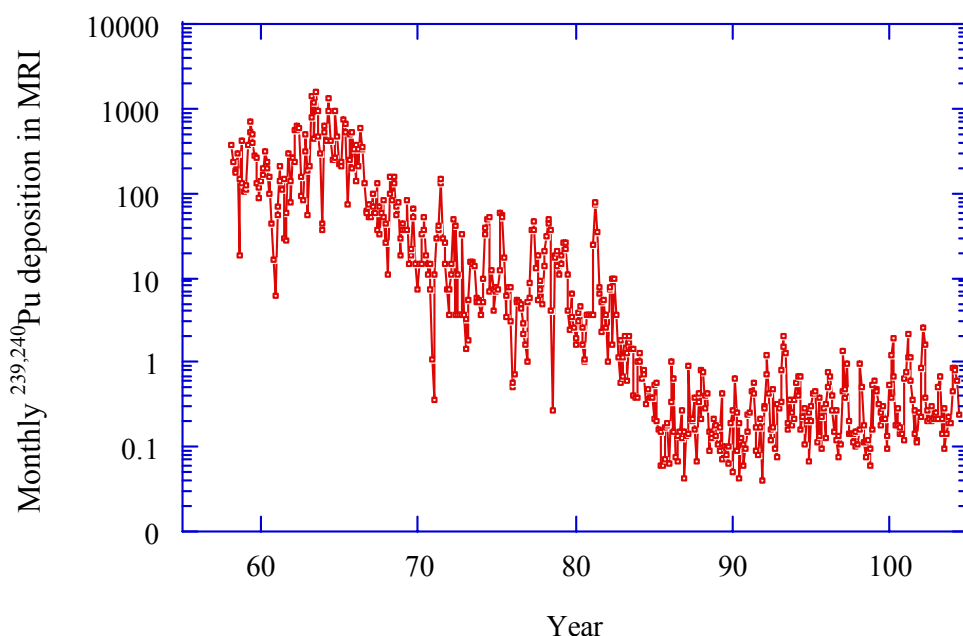
チェルノブイリ原子力発電所事故に伴う放射性フォールアウトの結果、河川水中の ^{137}Cs 濃度の増加とともに ^{134}Cs が検出され、フォールアウトの影響が河川水にも現れたことがわかった。

7. 大気降下物及び海水中のプルトニウム

プルトニウムは放射能毒性などが高く半減期も長いため、環境での監視が必要な人工放射性核種である。気象研究所の大気降下物及び海水中のプルトニウムの研究は、 ^{137}Cs や ^{90}Sr と比べてやや遅れて開始された。ただし、天然の α 線放出核種(U、Th 同位体)の研究は 1960 年代の初めに開始されているので、 α 線測定のための技術的研究は 1960 年代に始まっている。大気降下物及び海水中のプルトニウムに関する気象研究所の研究成果は、1968 年に初めて公表されている。

大気降下物のプルトニウムの研究については、1964 年に ^{238}Pu を含む燃料電池を搭載した米国の人工衛星が打上に失敗し、南半球上層大気圏で燃焼し、 ^{238}Pu を大気中に放出した事故を契機として始まった。気象研究所でも 1967 年には、衛星事故に由来する ^{238}Pu を降下物試料中に検出し、その結果を報告している。 $^{239,240}\text{Pu}$ 降下量については、1958 年 3 月より今回まで測定結果があるが、世界的にも最も長い記録である。なお、一部プルトニウム降下量については 2~4 ヶ月間まとめた試料について測定されているが、1987 年以後は 1 ヶ月単位で測定が行われている。 $^{239,240}\text{Pu}$ 降下量の長期にわたる観測結果から、その経時変動は基本的には核分裂核種(^{137}Cs 、 ^{90}Sr など)の挙動と類似しているが、1960 年代の中国の核実験では主に ^{235}U が用いられた点、プルトニウムが比較的大きな粒子(Hot particles)に含まれている点で、核分裂核種とは異なった大気中の挙動をすることを明らかにすることができた。

1986 年のチェルノブイリ原子力発電所事故に関連して、異常な $^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$ 、 $^{241}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$ 放射能比が大気降水中で測定され、事故に伴い放出されたプルトニウムの一部が日本まで輸送されたことがわかった。しかし、その程度は ^{137}Cs や ^{90}Sr に比べて極めて小さいことも明らかにすることができた。また、1990 年代以後のプルトニウムの濃度レベルについては再浮遊に由来すると推定している。降下物中のプルトニウムについては、1945 年から 1997 年までの総合的まとめを本の一部として 2001 年に出版した。さらに最近の成果として、プルトニウムの再浮遊が主に中国の乾燥地域起源の黄砂と関連している他、気候変動を伴うアジア大陸の砂漠化の進展は日本におけるプルトニウム降下量の増加の原因となっていることがわかってきた。



気象研究所では、1960 年代に北太平洋及び縁辺海の海水中のプルトニウム濃度について報告しているが、これは世界的にみても先駆的研究である。その後、表面水に限っては、太平洋

全域及びインド洋、南太洋での分布を明らかにできた。その結果によると、1970年代には北太平洋中緯度域で比較的高い表面海水中のプルトニウム濃度が出現することがわかった。プルトニウムは、海水中で ^{137}Cs とは異なった挙動を示す。その挙動の典型的な違いは、鉛直分布にみられる。すなわち、水柱の ^{137}Cs は、表層で濃度が高く深さとともに減少し(ただし、北太平洋亜熱帯域では、100mから500m付近に極大を示す)、1000m以深では極めて低い濃度であることが知られている。一方、プルトニウムは表層で低く、深さ500mから1000mに極大をもつ分布を示す。この分布は、プルトニウムが表層で生物由来の粒子と結合し、粒子の沈降とともに深層へ輸送され、輸送される途中で粒子が分解されて、プルトニウムが放出されることによって形成されるものと説明されている。事実、北太平洋中緯度での表面水中のプルトニウム濃度の経時変化から推定される表層水中のプルトニウムの滞留時間(約5-8年)は、 ^{137}Cs (約11-20年)より短いことが分かった。

海洋におけるプルトニウムの挙動を明らかにするためには、海水中のプルトニウムの化学形についての知識が必要である。この目的のため、プルトニウムと海水中の粒子状物質の間の化学的相互作用を研究したところ、海洋生物起源の粒子中の有機配位子とプルトニウムが錯体を形成していることが明らかになった。この知見を基に、プルトニウムの除去過程については有機粒子とプルトニウムとの錯形成過程を含むモデル化も試みた。

〔掲載論文〕

Hirose, K., M. Aoyama, P. P. Povinec, Concentration of particulate plutonium in surface and deep-water samples collected during the IAEA'97 expedition, *Deep-Sea Research*, 50, 2639-2647, 2003

Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, C.K. Kim, C.S. Kim, B.W. Chang, Recent trends of plutonium fallout observed in Japan: Plutonium as a proxy for desertification, *Journal of Environmental Monitoring*, 5, 302-307, 2003

Publication list 1954-2005

論文リスト（英文誌） 1954-2005

Publications

2005

1. Hirose, K., M. Aoyama, Y. Igarashi, K. Komura, Extremely low background measurements of ^{137}Cs in seawater samples using an underground facility (Ogoya), *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 263, 349-353, 2005.
2. Povinec, P.P., A. Aarkrog, K.O. Buesseler, R. Delfanti, K. Hirose, G.H. Hong, T. Ito, H.D. Livingston, H. Nies, V.E. Noshkin, S. Shima, O. Togawa, ^{90}Sr , ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ concentration surface water time series in the Pacific and Indian Oceans - WOMARS results
Journal of Environmental Radioactivity, 81, 63-87, 2005.
3. Igarashi, Y., M. Aoyama, K. Hirose, P.P. Povinec, S. Yabuki, What anthropogenic radionuclides (^{90}Sr and ^{137}Cs) in atmospheric deposition, surface soils and Aeolian dusts suggest for dust transport over JAPAN, *Water, Air, and Soil Pollution: Focus*, 5, 51-69, 2005.

2004

1. Hirose, K., C.K. Kim, C.S. Kim, B.W. Chang, Y. Igarashi, M. Aoyama, Wet and dry depositions of plutonium in Daejeon, Korea, *The Science of the Total Environment*, 332, 243-252, 2004.
2. Povinec, P.P., K. Hirose, T. Honda, T. Ito, E. MarianScott, O. Togawa, Spatial distribution of ^3H , ^{90}Sr , ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ in surface waters of the Pacific and Indian Oceans - GLOMARD database, *Journal of Environmental Radioactivity*, 76, 113-137, 2004.
3. Aoyama, M., K. Hirose, Artificial Radionuclides database in the Pacific Ocean: Ham database, *TheScientificWorldJOURNAL*, 4, 200-215, 2004.
4. Hirota, M., K. Nemoto, A. Wada, Y. Igarashi, M. Aoyama, H. Matsueda, K. Hirose, H. Sartorius, C. Schlosser, S. Schmid, W. Weiss, K. Fujii, Spatial and Temporal Variations of Atmospheric ^{85}Kr Observed During 1995-2001 in Japan: Estimation of Atmospheric ^{85}Kr inventory in the Northern Hemisphere, *Journal of Radiation Research*, 45, 405-413, 2004.
5. Hirose, K., Chemical Speciation of Thorium in Marine Biogenic Particulate matter, *TheScientificWorldJOURNAL* 4, 67-76, 2004.

2003

1. Hirose, K., M. Aoyama, Analysis of ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations in surface waters of the Pacific Ocean, *Deep-Sea Research II*, 50, 2675-2700, 2003.
2. Hirose, K., M. Aoyama, P.P. Povinec, Concentration of particulate plutonium in surface and deep-water, samples collected during the IAEA'97 expedition, *Deep-Sea Research II*, 50, 2639-2647, 2003.
3. Povinec, P.P., H.D. Livingston, S. Shima, M. Aoyama, J. Gastaud, I. Goroncy, K. Hirose, L. Huynh-Ngoc, Y. Ikeuchi, T. Ito, J.L. Rosa, L.L.W. Kwong, S.H. Lee, H. Moriya, S. Mulsow, B. Oregioni, H. Pettersson, O. Togawa, IAEA'97 expedition to the NW Pacific Ocean-Results of oceanographic and radionuclide investigations of the water column, *Deep-Sea Research II*, 50, 2607-2637, 2003.

4. Ito, T., P.P. Povinec, O. Togawa, K. Hirose, Temporal and Spatial variation of anthropogenic radionuclides in seawater of the Japan Sea, *Deep-Sea Research II*, 50, 2701-2711, 2003.
5. Tsumune, D., M. Aoyama, K. Hirose, Behavior of ^{137}Cs and concentrations in the North Pacific in an ocean general circulation model, *Journal of Geophysical Research*, 108, C8, 3262, 2003.
6. Hirose, K., M. Aoyama, Present Background Levels of Surface ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ Concentrations in the Pacific, *Journal of Environmental Radioactivity*, 69(1-2), 53-60, 2003.
7. Tsumune, D., M. Aoyama, K. Hirose, Numerical simulation of ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations by an ocean general circulation model, *Journal of Environmental Radioactivity*, 69(1-2), 61-84, 2003.
8. Hirose, K., M. Aoyama, Present Background Levels of Surface ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations in the Pacific, *Journal of Environmental Radioactivity*, 69(1-2), 53-60, 2003.
9. Tsumune, D., M. Aoyama, K. Hirose, Numerical simulation of ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations by an ocean general circulation model, *Journal of Environmental Radioactivity*, 69(1-2), 61-84, 2003.
10. Aoyama, M., K. Hirose, Temporal variation of ^{137}Cs water column inventory in the North Pacific since the 1960s, *Journal of Environmental Radioactivity*, 69(1-2), 107-117, 2003.
11. Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, C.K. Kim, C.S. Kim, B. W. Chang, Recent trends of plutonium fallout observed in Japan: plutonium as a proxy for desertification, *J. Environ. Monit.*, 5, 302-307, 2003.
12. Kim, C.K., C.S. Kim, B.U. Chang, S.W. Choi, C.S. Chung, G.H. Hong, K. Hirose, H.B.L. Pettersson, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ atom ratios in the bottom sediments of the NW Pacific Ocean, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 258(2), 265-268, 2003.
13. Igarashi, Y., M. Aoyama, K. Hirose, T. Miyao, K. Nemoto, M. Tomita, T. Fujikawa, Resuspension: Decadal Monitoring Time Series of the Anthropogenic Radioactivity Deposition in Japan, *Journal of Radiation Research*, 44, 319-328, 2003.
14. Kim, C.K., C.S. Kim, B.U. Chang, S.W. Choi, C.S. Chung, G.H. Hong, K. Hirose, Y. Igarashi, Plutonium isotopes in seas around the Korean Peninsula, *The Science of the Total Environment*, 318, 197-209, 2003.
15. Kim, C.K., C.S. Kim, B.U. Chang, S.W. Choi, C.S. Chung, G.H. Hong, K. Hirose, H.B.L. Pettersson, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ atom ratios in the bottom sediments of the NW Pacific Ocean, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 258(2), 265-268, 2003.
16. Lee, H.N., T. Tanaka, M. Chiba, Y. Igarashi, Long range transport of Asian dust from dust storms and its impact on Japan, *Water, Air, and Soil Pollution*, 3, 231-243, 2003
17. Hirose, K., Implication of $\text{POC}/^{234}\text{Th}$ ratios in oceanic particulate matter: an approach to particle aggregation, *Papers of Meteorology and Geophysics*, 53, 4, 109-118, 2003.

2002

1. Hirose, K., T. Miyao, M. Aoyama, Y. Igarashi, Plutonium isotopes in the Sea of Japan, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 252, 293-299, 2002.
2. Hirose, K., M. Aoyama, Chemical speciation of plutonium in seawater, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 372, 418-420, 2002.

3. Hong, G.H., Y.I. Kim, S.H. Lee, L.W. Cooper, S.M. Choe, A.V. Tkalin, T. Lee, S.H. Kim, C.S. Chung, K. Hirose, $^{239+240}\text{Pu}$ and ^{137}Cs concentrations for zooplankton and nekton in the Northwest Pacific and Antarctic Oceans (1993-1996), *Marine Pollution Bulletin*, 44, 660-665, 2002.

2001

1. Igarashi, Y., M. Aoyama, K. Nemoto, K. Hirose, T. Miyao, K. Fushimi, M. Suzuki, S. Yasui, Y. Asai, I. Aoki, K. Fujii, S. Yamamoto, H. Sartorius, W. Weiss, ^{85}Kr measurement system for continuous monitoring at Meteorological Research Institute, Japan, *Journal of Environmental Monitoring*, 3, 688-696, 2001.
2. Igarashi, Y., M. Aoyama, K. Hirose, T. Miyao, S. Yabuki, Is it Possible to use ^{90}Sr and ^{137}Cs as tracers for the aeolian transport?, *Water, Air, And Soil Pollution*, 130, 349-354, 2001
3. Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, T. Miyao, Long-term trends of plutonium fallout observed in Japan, In "Plutonium in the Environment", 251-266, 2001.
4. Aoyama, M., K. Hirose, T. Miyao, Y. Igarashi, P.P. Povinec, ^{137}Cs activity in surface water in the western North Pacific, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 248, 3, 789-793, 2001.
5. Aoyama, M., K. Hirose, T. Miyao, Y. Igarashi, P.P. Povinec, Temporal variation of ^{137}Cs inventory in the western North Pacific, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 248, 3, 785-787, 2001
6. Hirose, K., M. Aoyama, T. Miyao, Y. Igarashi, Plutonium in seawaters on the western North Pacific, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 248, 3, 771-776, 2001.
7. Tsumune, D., M. Aoyama, K. Hirose, K. Maruyama, N. Nakashiki, Calculation of Artificial Radionuclides in the Ocean by an Ocean General Circulation Model, *J. Radioanal Nucl. Chem.*, 248, 3, 777-783, 2001.

2000

1. Shiraishi, K., S. Kimura, H. Yonehara, J. Takada, M. Ishikawa, Y. Igarashi, M. Aoyama, K. Komura, T. Nakazima, Survey of external dose around the JCO facility using sugar samples and ESR method., *Adv. ESR Appl.*, 16, 9-14, 2000.
2. Komura, K., M. Yamamoto, T. Muroyama, Y. Murata, T. Nakanishi, M. Hoshi, J. Takada, M. Ishikawa, K. Kitagawa, S. Suga, A. Endo, N. Tozaki, T. Mitsugashira, M. Hara, T. Hashimoto, M. Takano, Y. Yanagawa, T. Tsuboi, M. Ichimasa, Y. Ichimasa, H. Imura, E. Sasajima, R. Seki, Y. Saito, M. Kondo, S. Kojima, Y. Muramatsu, S. Yoshida, S. Shibata, H. Yonehara, Y. Watanabe, S. Kimura, K. Shiraishi, T. Bannai, S.K. Sahoo, Y. Igarashi, M. Aoyama, K. Hirose, M. Uehiro, T. Doi, T. Matsuzawa, The JCO criticality accident at Tokai-mura, Japan : an overview of the sampling campaign and preliminary results, *J. Environ. Radioactivity*, 50, 3-14, 2000.
3. Igarashi, Y., T. Miyao, M. Aoyama, K. Hirose, H. Sartorius, W. Weiss, Radioactive noble gases in the surface air monitored at MRI, Tsukuba, before and after the JCO accident, *J. Environ. Radioactivity*, 50, 107-118, 2000.
4. Miyao, T., K. Hirose, M. Aoyama, Y. Igarashi, Trace of the recent deep water formation in the Japan Sea deduced from historical ^{137}Cs data, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 22, 3731-3734, 2000
5. Aoyama, M., K. Hirose, T. Miyao, Y. Igarashi, Low level ^{137}Cs measurements in deep seawater samples, *Appl. Radiat. Isot.*, 53, 159-162, 2000.

6. Igarashi, Y., H. Sarutorius, T. Miyao, W. Weiss, K. Fushimi, M. Aoyama, K. Hirose, H. Y. Inoue, ^{85}Kr and ^{133}Xe monitoring at MRI, Tsukuba and its importance, *J. Environ. Radioactivity*, 48, 191-202, 2000.

1999

1. Hirose, K., H. Amano, M.S. Baxter, E. Chaykovskaya, V.B. Chumichev, G.H. Hong, Isogai. K., C.K. Kim, S.H. Kim, Miyao. T, Morimoto. T, A. Nikitin, Oda. K, H.B.L. Pettersson, P.P. Povinec, Seto. Y, A. Tkalin, Togawa. O and N.K. Veletova, Anthropogenic radionuclides in seawater in the East Sea/Japan Sea: Results of the first-stage Japanese-Korean-Russian expedition, *J. Environ. Radioactivity*, 43, 1-13, 1999.
2. Igarashi, Y., M. Aoyama, T. Miyao, K. Hirose, K. Komura and M. Yamamoto, Air concentration of radiocaesium in Tsukuba, Japan following the release from the Tokai waste treatment plant: comparisons of observations with predictions, *Applied Radiation and Isotopes*, 50,1063-1073,1999.
3. Igarashi, Y., M. Aoyama, T. Miyao, K. Hirose and M. Tomita, Anomalous ^{90}Sr deposition during the fall, 1995 at MRI, Tsukuba, Japan, *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 239(3), 539-542, 1999.
4. Ikeuchi, Y., H. Amano, M Aoyama, V.I. Berezhnov, E. Chaykovskaya, V.B. Chumichev, C.S. Chung, J. Gastaud, K. Hirose, G.H. Hong, C.K. Kim, S.H. Kim, T. Miyao, T. Morimoto, A. Nikitin, K. Oda, H.B.L. Pettersson, P.P. Povinec, A. Tkalin, O. Togawa, N.K. Veletova, Anthropogenic radionuclides in seawater of the Far Eastern Seas, *Sci. Total Environ.*, 237/238, 203-212, 1999.
5. Pettersson, H.B.L., H. Amano, V.I. Berezhnov, E. Chaykovskaya, V.B. Chumichev, C.S. Chung, J. Gastaud, K. Hirose, G.H. Hong, C. K. Kim, S.H. Lee, T. Morimoto, A. Nikitin, K. Oda, P.P. Povinec, E. Suzuki, A. Tkalin, O. Togawa, N.K. Veletova, Y. Volkov, K. Yoshida, Anthropogenic radionuclides in sediments in the NW Pacific Ocean and its marginal seas: results of the 1994-1995 Japanese-Korean-Russian expeditions, *Sci. Total Environ.*, 237/238, 213-224, 1999.

1998

1. Igarashi, Y., K. Hirose and M. Otsuji-Hatori, Beryllium-7 Deposition and Its Relation to Sulfate Deposition, *J. Atmos. Chem.*, 29, 217-231, 1998.
2. Miyao, T., K. Hirose, M. Aoyama and Y. Igarashi, Temporal variation of ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ in the sea of Japan, *J. Environ. Radioactivity*, 40, 239-250, 1998.

1997

1. Hirose, K., Complexation-scavenging of plutonium in the ocean, *Radioprotection - Colloq.*, 32, C2-225 - C2-230, 1997.

1996

1. Igarashi, Y., M. Otsuji-Hattori and K. Hirose, Recent deposition of ^{90}Sr and ^{137}Cs observed in Tsukuba, *J. Environ. Radioactivity*, 31, 157-169, 1996.
2. Otsuji-Hattori. M., Y. Igarashi and K. Hirose, Preparation of a Reference Fall out Material for Activity Measurements, *J. Environ Radioactivity*, 31, 2, 143-155, 1996.

1995

1. Aoyama, M., and K. Hirose, The temporal and spatial variation of ^{137}Cs concentration in the western North Pacific and its marginal seas during the period from 1979 to 1988, *J. Environ. Radioactivity*, 29, 57-74, 1995.
2. Hirose, K., Geochemical studies on the Chernobyl radioactivity in environmental samples, *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 197, 315-335, 1995.

1994

1. Hirose, K., S. Takatani and M. Aoyama, Deposition of ^{90}Sr and plutonium isotopes derived from the Chernobyl accident in Japan, *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 182, 349-358, 1994.

1993

1. Hirose, K., and Y. Sugimura, Chemical speciation of particulate ^{238}U , $^{239,240}\text{Pu}$ and Th isotopes in seawater, *Sci. Total Environ.*, 130/131, 517-524, 1993.
2. Hirose, K., S. Takatani and M. Aoyama, Wet deposition of radionuclides derived from the Chernobyl accident, *J. Atmos. Chem.*, 17, 61-71, 1993.
3. Shiraishi, K., Y. Igarashi, M. Yamamoto and T. Nakajima, Concentrations of thorium and uranium in freshwater samples collected in the former USSR, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 185, 157-165, 1993.

1992

1. Aoyama, M., K. Hirose and S. Takatani., Particle size dependent dry deposition velocity of the Chernobyl radioactivity, In *Precipitation Scavenging and Atmosphere - Surface Exchange*. volume 3, The 22e Summers Volume: Application and Appraisals. Coordinated by S.E. Schwartz and W.G.N. Slinn. Hemisphere Publishing Corporation, Washington, 1581-1593, 1992.
2. Hirose, K., Y. Sugimura and M. Aoyama, Plutonium and ^{137}Cs in the western North Pacific: estimation of residence time of plutonium in surface water, *Appl. Radiat. Isot.*, 43, 349-359, 1992.

1991

1. Aoyama, M., K. Hirose and Y. Sugimura, The temporal variation of stratospheric fallout derived from the Chernobyl accident, *J. Environ. Radioactivity*, 13, 103-115, 1991.
2. Hirose, K., and Y. Sugimura, Chemical speciation of particulate uranium in seawater, *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 149, 83-96, 1991.

1990

1. Hirose, K., and Y. Sugimura, Plutonium isotopes in the surface air in Japan: effect of Chernobyl accident, *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 138, 127-138, 1990.
2. Hirose, K., M. Aoyama and Y. Sugimura, Plutonium and cesium isotopes in river waters in Japan, *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 141, 191-202, 1990.

3. Hirose, K., M. Aoyama and Y. Sugimura, Short and long term effects of Chernobyl radioactivity on deposition and air concentrations in Japan, IAEA-SM 306/129, 141-149, 1990.

1988

1. Aoyama, M., Evidence of stratospheric fallout of caesium isotopes from Chernobyl accident, *Geophys. Res. Lett.*, 15, 327-330, 1988.
2. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Sugimura, T. Kanazawa and K. Hirose, Contents of ^{137}Cs , plutonium and americium isotopes in the southern ocean waters, *Pap. Met. Geophys.*, 39, 95-113, 1988.

1987

1. Aoyama, M., K. Hirose and Y. Sugimura, Deposition of gamma-emitting nuclides in Japan after the reactor-IV accident at Chernobyl, *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 116, 291-306, 1987.
2. Hirose, K., M. Aoyama, Y. Katsuragi and Y. Sugimura, Annual deposition of Sr-90, Cs-137 and Pu-239, 240 from the 1961-1980 nuclear explosions: a simple model, *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 259-277, 1987.

1986

1. Aoyama, M., K. Hirose, Y. Suzuki and Y. Sugimura, High level radioactive nuclides in Japan in May, *Nature*, 321, 819-820, 1986.
2. Hirose, K., Y. Sugimura and Y. Katsuragi, ^{90}Sr and $^{239+240}\text{Pu}$ in the surface air in Japan: their concentrations and size distributions, *Pap. Met. Geophys.*, 37, 255-269, 1986.
3. Katsuragi, Y., and M. Aoyama, Seasonal variation of Sr-90 fallout in Japan through the end of 1983, *Pap. Met. Geophys.*, 37, 15-36, 1986.
4. Suzuki, Y., H. Inoue, Y. Katsuragi and Y. Sugimura, The distribution of ^{85}Kr in the air over the North and South Pacific Ocean Mem., *Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue*, 40, 462-466, 1986.

1985

1. Hirose, K., and Y. Sugimura, A new method of plutonium speciation in seawater, *J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles*, 92, 363-369, 1985.

1984

1. Hirose, K., and Y. Sugimura, Plutonium in the surface air in Japan, *Health Phys.*, 46, 1281-1285, 1984.
2. Inoue, H., Y. Katsuragi, K. Shigehara, Tritiated water vapor in the surface air at Tokyo, *Pap. Met. Geophys.*, 35, 11-20, 1984.

1983

1. Katsuragi, Y., A study of ^{90}Sr fallout in Japan, Pap. Met. Geophys., 33, 277-291, 1983.
2. Katsuragi, Y., K. Kawamura and H. Inoue, Tritium fallout in Tokyo, Pap. Met. Geophys., 34, 21-30, 1983.

1982

1. Inoue, H., and Y. Katsuragi, A study of tritium fallout in Japan, Pap. Met. Geophys., 32, 21-28, 1982.
2. Katsuragi, Y., K. Hirose and Y. Sugimura, A study of plutonium fallout in Japan, Pap. Met. Geophys., 33, 85-93, 1982.

1981

1. Hirose, K., and Y. Sugimura, Concentration of Uranium and the activity ratio of $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ in surface air-effect of atmospheric burn-up of cosmos-954, Pap. Met. Geophys., 32, 317-322, 1981.
2. Hirose, K., and Y. Sugimura, Plutonium content of river water in Japan, Pap. Met. Geophys., 32, 301-305, 1981.
3. Sugimura, Y., and M. Mayeda, An improved method of analysis of uranium in sea water using chelating resin, Pap. Met. Geophys., 32, 167-171, 1981.

1980

1. Sugimura, Y., The uranium content and the activity ratio $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ in sea water in the Pacific ocean, Isotope Marine Chemistry, 211-246, 1980.

1979

1. Sugiura, Y., K. Saruhashi and Y. Miyake, Evaluation on the disposal of radioactive wastes into the North Pacific. - the effect of steady flow and up - welling, Proc. The 3rd NEA Seminar on Marine Radioecology, 1979.

1978

1. Miyake, Y., Nuclear weapons and radioactive pollution of the earth's environment, In, Proc. Internal Symp. On the damage and after-effects of the atomic bombing of Hiroshima and Nagasaki July 21-Aug., 9, 1977, Tokyo, 164-188, 1978.

1976

1. Miyake, Y., and K. Saruhashi, A critical study on the IAEA definition of high level radioactive waste unsuitable for dumping at sea, Pap. Met. Geophys. 27, 75-80, 1976.
2. Miyake, Y., and K. Saruhashi, Disposal of radioactive waste into deep seas, J. Radiat. Res., 17, 42-43, 1976.

3. Miyake, Y. and Y. Sugimura, The plutonium content in the Pacific Ocean waters, Proc. of Symp. on Transuranium Nuclides in the Environment, San Francisco, 17-21 Nov. 1975, USERDA and IAEA, IAEA-SM-199/22, 91-105, 1976.
4. Sugimura, Y., Symposium II "plutonium in environment": II-1. Distribution and behavior of plutonium in the global environments, J. Radiat. Res., 17, 4-5, 1976.
5. Sugiura, Y., K. Saruhashi and Y. Miyake, Evaluation on the disposal of radioactive wastes into the North Pacific, Pap. Met. Geophys., 27, 81-87, 1976.

1975

1. Miyake, Y., T. Shimada, K. Kawamura, Y. Sugimura, K. Shigehara and K. Saruhashi, Distribution of tritium in the Pacific ocean, Rec. Oceanogr. Works Japan, 13, 17, 1975.
2. Miyake, Y., Y. Katsuragi and Y. Sugimura, Plutonium fallout in Tokyo, Pap. Met. Geophys., 26, 1-8, 1975.
3. Miyake, Y., Y. Sugimura and Y. Hirao, Uranium, thorium and potassium contents in granitic and basaltic rocks in Japan, In, The Natural Radiation Environment II, II, Proc. 2nd Intl. Symp. On Natural Radiation Environment, Aug. 7-11, 1972, Houston, Texas, USA, ed. J. A. S. Adams, W. M. Lowder, T. F. Gesell, 535-558, 1975.
4. Saruhashi, K., I-1 The global radioactive contamination due to nuclear weapon testings, J. Radiat. Res., 16, 47, 1975.
5. Saruhashi, K., Y. Katsuragi, T. Kanazawa, Y. Sugimura and Y. Miyake, ^{90}Sr and ^{137}Cs in the Pacific waters, Rec. Oceanogr. Works Japan, 13, 1-15, 1975.

1973

1. Miyake, Y., and K. Saruhashi, The radio-carbon model of the ocean, Pap. Met. Geophys., 24, 263-271, 1973.
2. Miyake, Y., K. Saruhashi and Y. Sugimura, The isotopic ratio $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ in sea water and its bearings on the isotopic ratio in river waters, Oceanogr. Works Japan, 12, 23-25, 1973.
3. Miyake, Y., Y. Sugimura and K. Saruhashi, Content of plutonium in river water in Japan, Pap. Met. Geophys., 24, 75-78, 1973.
4. Miyake, Y., Y. Sugimura and T. Yasujima, Thorium isotope content in river water in Japan, Pap. Met. Geophys., 24, 67-73, 1973.

1972

1. Miyake, Y., Y. Sugimura and T. Uchida, A new method of spectrophotometric determination of uranium in sea water and uranium content with $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ratio in the Pacific water, Rec. Oceanogr. Works Japan, 11, 53-63, 1972.

1970

1. Miyake, Y., Y. Katsuragi and Y. Sugimura, A study on plutonium fallout, J. Geophys. Res., 75, 2329-2330, 1970.
2. Miyake, Y., Y. Sugimura and M. Mayeda, The uranium content and the activity ratio $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ in marine organisms and sea water in the western North Pacific, J. Oceanogr. Soc. Japan, 26, 123-129, 1970.

1969

1. Miyake, Y., Radioactive contamination of the ocean, Bull. Jpn. Soc. Fisheries Oceanogr., Nov., 1969, 1969.

1968

1. Miyake, Y. and Y. Sugimura, Plutonium content in the western North Pacific waters, Pap. Met. Geophys., 19, 481-485, 1968.
2. Miyake, Y., Y. Katsuragi and Y. Sugimura, Deposition of plutonium in Tokyo through the end of 1966, Pap. Met. Geophys., 19, 267-276, 1968.

1967

1. Miyake, Y., and T. Kanazawa, Atmospheric ozone and radioactive fallout, Pap. Met. Geophys., 18, 311-326, 1967.
2. Miyake, Y., Radioactive contamination of the ocean, J. Radiat. Res., 8, 1, 1967.
3. Miyake, Y., Sea, radioactivity in, International Dictionary of Geophysics, 1-7, 1967.

1966

1. Miyake, Y., and K. Saruhashi, On the radio-carbon age of the ocean waters, Pap. Met. Geophys., 17, 218-223, 1966.
2. Miyake, Y., and Y. Sugimura, Ratio $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ and the uranium concentration in seawater in the western North Pacific, J. Geophys. Res., 71, 3083-3087, 1966.

1965

1. Kuroda, P. K., Y. Miyake and J. Nemoto, Strontium isotopes Global circulation after the Chinese nuclear explosion of 14 May 1965, Science, 150, 1289-1290, 1965.
2. Miyake, Y., K. Saruhashi, K. Katsuragi and T. Kanazawa, Radioactivity of dust and rain – the ratio of Cs-137 and Sr-90 in the radioactive fallout, Proc. Internl. Conf. On Cloud Physics, Tokyo, IAMAP, 395-399, 1965.
3. Park, K., M. J. George, Y. Miyake, K. Saruhashi, Y. Katsuragi and T. Kanazawa, Strontium-90 and caesium-137 in Columbia river plume, July 1964, Nature, 208, 1084-1085, 1965.

1964

1. Miyake, Y. and Y. Sugimura, Uranium and radium in the western North Pacific waters, Studies on Oceanography, Prof. K. Hidaka Sixtieth Birthday Commemorative Volume, Univ. of Tokyo Press, Tokyo, 274-278, 1964.
2. Miyake, Y. and Y. Ohtsuka, Beryllium-7 in rain water, Pap. Met. Geophys., 15, 89-92, 1964.
3. Miyake, Y., A sequential procedure for the radiochemical analysis of marine material, Annex to safety series 11."Method of surveying and monitoring marine radioactivity, IAEA, Vienna, 26, 1964.

4. Miyake, Y., Atomic weapons and the pollution of the sea, *The East*, 3, 64-68, 1964.
5. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi, T. Kanazawa and Y. Sugimura, Uranium, radium, thorium, Ionium, strontium 90 and cesium 137 in coastal waters of Japan, In, *Recent Researches in the Fields of Hydrosphere, Atmosphere and Nuclear Geochemistry*, published by Editorial Committee of Sugawara Festival Volume, Maruzen Co. Ltd., 127-141, 1964.
6. Miyake, Y., Y. Sugimura and H. Tsubota, Content of uranium, radium, and thorium in river waters in Japan, In, *The Natural Radiation Environment*, ed. By J. A. S. Adams and W. M. Lowder, Univ. of Chicago Press, Chicago (Rice Univ. Semicentennial Series), 219-225, 1964.
7. Sugimura, Y., T. Torii and S. Murata, Uranium distribution in drake passage waters, *Nature*, 204, 464-465, 1964.

1963

1. Folsom, T. R. and K. Saruhashi, A comparison of analytical techniques used for determination of fallout cesium in sea water for oceanographic purpose, *J. Radiat. Res.*, 4, 39-53, 1963.
2. Miyake, Y. and H. Tsubota, Estimation of the direct contribution of meteoric water to river waters by means of fall-out radio-cesium and radiostrontium, "Radioisotopes in Hydrology" Proc. IAEA Symp., Tokyo. IAEA, Vienna, 425-431, 1963.
3. Miyake, Y., Artificial radioactivity in the Pacific ocean, IUGG Monograph, 20 (Radioactive traces in oceanography), 1963.
4. Miyake, Y., K. Saruhashi, K. Katsuragi and T. Kanazawa, Deposition of Cs-137 and Sr-90 in Tokyo through the end of July 1963, *Pap. Met. Geophys.*, 13, 180-181, 1963.
5. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi, T. Kanazawa and S. Tsunogai, Deposition of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in Tokyo through the end of July 1963, *Pap. Met. Geophys.*, 14, 58-65, 1963.
6. Miyake, Y., Y. Sugiura and H. Tsubota, II. Contents of uranium, radium, and thorium in river waters in Japan, *The Natural Radiation Environment*, RICE Univ. semicentennial Pub., 1963.

1962

1. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi and T. Kanazawa, Seasonal variation of radioactive fallout, *J. Geophys. Res.*, 67, 189-193, 1962.
2. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi and T. Kanazawa, Penetration of ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in deep layers of the Pacific and vertical diffusion rate of deep water, *J. Radiat. Res.*, 3, 141-147, 1962.
3. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi and T. Kanazawa, The peak in radioactive fallout in the temperate zone of the northern hemisphere, *J. Radiat. Res.*, 3, 148-152, 1962.
4. Sugimura, Y., and T. Sugimura, Uranium in recent Japanese sediments, *Nature*, 194, 568-569, 1962.

1961

1. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi and T. Kanazawa, Cesium 137 and strontium 90 in sea water, *J. Radiat. Res.*, 2 25-28, 1961.

2. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi and T. Kanazawa, Cesium 137 and strontium 90 in sea water, *Pap. Met. Geophys.*, 12, 85-88, 1961.

1960

1. Miyake, Y., and K. Saruhashi, Vertical and horizontal mixing rates of radioactive material in the ocean, *Disposal of Radioactive wastes IAEA Vienna*, 167-173, 1960.
2. Miyake, Y., and Y. Katsuragi, Strontium 90 in western North Pacific surface waters, *Pap. Met. Geophys.*, 11, 188-190, 1960.
3. Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi and T. Kanazawa, Radioactive fallout in Japan and its bearings on meteorological conditions, *Pap. Met. Geophys.*, 11, 151-158, 1960.

1959

1. Miyake, Y., K. Saruhashi and Y. Katsuragi, The Sr-90 fallout and the air motion, *Pap. Met. Geophys.*, 9, 172-176, 1959.
2. Miyake, Y., Special committee on oceanic research, Working Group on Radioactivity in the Ocean, 1959.

1958

1. Miyake, Y., and K. Saruhashi, Distribution of man-made radio-activity in the North Pacific through summer 1955, *J. Mar. Res.*, 17, 383-389, 1958.
2. Miyake, Y., and Y. Sugiura, The method of measurement of radioactivity in sea water, *Pap. Met. Geophys.*, 9, 48-50, 1958.
3. Miyake, Y., Hazards to human health of radioactive dust, *Radio Japan*, 2, 3-5, 1958.
4. Miyake, Y., The distribution of artificial radioactivity in the equatorial region in the Pacific in the summer of 1956, *The Proc. 9th Pacific Science Congress*, 16, 227, 1958.

1957

1. Miyake, Y., and K. Saruhashi, The world-wide strontium 90 deposition during the period from 1951 to the fall of 1955, *Pap. Met. Geophys.*, 8, 241-243, 1957.
2. Miyake, Y., The biological effects of nuclear tests - warning by Japanese scientists, *Radio Japan*, 1, 3-5, 1957.
3. Miyake, Y., XI. Methods for the measurement of radioactivity in sea water, *Annals of International Geophysical Year*, 5, 1957.
4. Miyake, Y., XII. Radioactivity as a tracer of air motions in the atmosphere, *Symp. On radioactivity, IGY, Utrecht*, 360, 1957.
5. Miyake, Y., Y. Sugiura, K. Saruhashi and T. Kanazawa, The estimation of the amount of Sr-90 deposition and the external infinite gamma dose in Japan due to man-made radioactivity, *Pap. Met. Geophys.*, 8, 222-231, 1957.

1956

1. Miyake, Y., On the distribution of radioactivity in the North Pacific ocean in 1954-1955, *Internl. Conf. For Peaceful Uses of Atomic Energy in Geneva, August 1955*, 13, pp.381-384, 1956.

2. Miyake, Y., Radioactivity in rain water and air, Proc. Internl. Conf. For Peaceful Uses of Atomic Energy in Geneva, August 1955, 13, 345-349, 1956.
3. Sugiura, Y., and T. Kanazawa, On the radioactive fall out collected in Tokyo on 26th November, 1955, Pap. Met. Geophys., 7, 128-135, 1956.

1955

1. Miyake, Y., and Y. Sugiura, Radiochemical analysis of radio-nuclides in sea water collected near BIKINI atoll, Pap. Met. Geophys., 6, 90-92, 1955.
2. Miyake, Y., Effects of atomic explosions on the atmosphere and sea, The research in the effects and influences of the nuclear bomb test explosions, 1-6, 1955.
3. Miyake, Y., K. Kigoshi and K. Saruhashi, Radiochemical analysis of fission products contained in the soil collected at Tokyo, May, 1954, Pap. Met. Geophys., 6, 93-94, 1955.
4. Miyake, Y., K. Kigoshi and K. Saruhashi, Radiochemical analysis of fission products contained in the soil collected at Tokyo, May, 1954, Pap. Met. Geophys., 6, 1, 93-94, 1955.
5. Miyake, Y., The artificial radioactivity in rain water observed in Japan, 1954-1955, Research in the Effects and Influences of the Nuclear Bomb Test Explosions Science, 151-159, 1955.
6. Miyake, Y., The artificial radioactivity in rain water observed in Japan, from autumn 1954 to spring 1955, Pap. Met. Geophys., 6, 26-32, 1955.
7. Miyake, Y., Y. Sugiura and K. Kameda, On the artificial radioactivity in the sea near Japan, Pap. Met. Geophys., 6, 90-92, 1955.
8. Miyake, Y., Y. Sugiura and K. Kameda, On the distribution of radioactivity in the sea around Bikini atoll in June, 1954, Pap. Met. Geophys., 5, 253-262, 1955.
9. Miyake, Y., Y. Sugiura and K. Kameda, Research in the effects and influence of the nuclear bomb test explosions, Soc. For Promotion of Science, 415-417, 1955.

1954

1. Miyake, Y., K. Kigoshi Y. Sugiura and K. Saruhashi, A study on the productivity in coastal waters by means of the radio-carbon, Pap. Met. Geophys., 5, 89-94, 1954.
2. Miyake, Y., The artificial radioactivity in rain water observed in Japan from May to August, 1954, Pap. Met. Geophys., 5, 173-177, 1954.

Publication list 1954-2005

論文リスト（和文誌） 1954-2005

論文リスト (和文学協会誌) 1954 - 2005

2004

1. 廣瀬勝己, 化学トレーサーを利用した海洋変動の研究, 測候時報第 71 巻特別号, 71, S81-S86, 2004.
2. 五十嵐康人, 廣瀬勝己, 放射性降下物標準試料の調製を通じた ^{90}Sr , ^{137}Cs , プルトニウムなどの人工放射性核種分析の相互比較と参照値の決定, 放射化分析, No. 17, 39-42, 2004.

2002

1. 五十嵐康人, ^{90}Sr と ^{137}Cs を用いたダスト輸送過程と再飛散, エアロゾル研究, 12, 17(4), 252, 2002.

1986

1. 鈴木款, 井上久幸, 杉村行勇, 大気中の放射性クリプトンの分布, 地球化学, 20, 106-108, 1986.

1978

1. 葛城幸雄, 人工放射性物質, 日本気象学会機関誌“天気”, 25, 第 11 号, 20-23, 1978.
2. 猿橋勝子, 海洋中の放射性物質を指標とした物質の移動・拡散, 水汚染の機構と解析—環境科学持論—, 日本地球化学編, 東京, 産業図書, 271-287, 1978.
3. 三宅泰雄, 猿橋勝子, 杉村行勇, 葛城幸雄, 金沢照子, 核兵器と地球環境の放射能汚染, 被爆の実相と被爆者の実情—1977 年 NGO 被爆問題シンポジウム報告書, ISDA—JNPC 編集, 朝日イブニングニュース社発行, 182-212, 1978.

1976

1. 葛城幸雄, 日本における放射性降下物, 天気, 23, No. 7, 333-345, 1976.
2. 杉村行雄, 環境のなかのプルトニウム, 自然, 3月号, 1976.

1975

1. 三宅泰雄, 島田利夫, 川村清, 重原好次, 地上大気のトリチウム含量と気象との関係, 日本地球化学会“環境問題特別号”, 131-135, 1975.

1974

1. 三宅泰雄, 葛城幸雄, 最近の ^{90}Sr 降下物の起源, 天気, 21, 639-644, 1974.

1971

1. 葛城幸雄, 人工放射能による大気汚染, 気象研究ノート, 107, 258-282, 1971.

1970

1. 三宅泰雄, 葛城幸雄, 最近の日本における放射性塵の降下, 天気, 17, 593-598, 1970.

1965

1. 葛城幸雄, 日本における Cs-137 および Sr-90 降下について(I), 天気, 12, 323-328, 1965.
2. 葛城幸雄, 日本における Cs-137 および Sr-90 降下について(II)"成層圏における人工放射性物質の滞留時間の推定", 天気, 12, 377-384, 1965.

1964

1. 三宅泰雄, 葛城幸雄, 金沢照子, 放射性降下物の現状と将来, 科学, 34, 142-148, 1964.

1963

1. 三宅泰雄, フォールアウトの気象学の側面, 日本気象学会機関紙“天気”, 9, No. 1, 1962.

1962

1. 三宅泰雄, フォールアウトの気象学的側面, 天気, 9, 1-6, 1962.
2. 三宅泰雄, 猿橋勝子, 放射能による水の汚染, 水利科学, 23, 1-14, 1962.

1958

1. 三宅泰雄, 猿橋勝子, 放射化学と海洋, 科学, 28, 510-513, 1958.

1956

1. 三宅泰雄, 杉浦吉雄, 葛城幸雄, 1955年4月旭川地方に降った放射性の落下塵, 気象集誌, 第2号, 34, 226-230, 1956.

1955

1. 三宅泰雄, 放射能雨の性格, 測候時報, 22, 196-202, 1955.
2. 三宅泰雄, 日本に降った人工放射性雨・雪[II]9月~12月, 天文と気象, 21, 1-8, 1955.
3. 三宅泰雄, 杉浦吉雄, 亀田和久, 日本近海の海水放射能について, 昭和29年度海洋資源開発調査報告(黒潮班), 81-82, 1955.
4. 三宅泰雄, 放射能雨の性格, 測候時報, 22, No. 7, 196-202, 1955.

1954

1. 三宅泰雄, 日本に降った人工放射性雨(1954年5-7月), 天文と気象, 20, 1-8, 1954.
2. 三宅泰雄, 杉浦吉雄, 亀田和久, ビキニ海域における人工放射能の分布とその海洋学的考察"ビキニ灰とそれによる傷害 第三", 科学, 24, 601-605, 1954.
3. 三宅泰雄, 有住直介, 磯野謙治, 田島英三, ビキニの灰とそれによる傷害(つづき)日本に降った放射能雨, 科学, 24, No. 8, 405-409, 1954.

年代・雑誌名不明

1. 三宅泰雄, 放射能とその作用, 遺伝, (1975?)
2. 三宅泰雄, 第II編 環境の放射能汚染と化学分析, (1970?)
3. 三宅泰雄, 猿橋勝子, 杉村行勇, 海洋における放射性核種, 海洋化学講座, 第6巻, 海洋無機化学, 第4章, 109-170, (1969?)
4. 三宅泰雄, 田島英三, 日米放射能会議, 8-18, (1954?)

研究の歴史

放射能調査研究費以前および、放射能調査研究費での研究

西暦	年度	予算項目	予算項目	課題名	課題名	課題名	課題名	課題名	課題名	課題名
1954	昭和29年									
1955	S30	北太平洋観測(日・米・加)								
1956	S31	北太平洋赤道海域観測(日・米・仏)								
1957	S32	国際地球観測年事業費								
1958	S33	国際地球観測年事業費	放射能調査研究費	放射化学分析(落下塵・降水・海水中の放射性物質の研究)		深海水の循環に関する研究(以下深海水)				
1959	S34		放射能調査研究費	放射化学分析		深海水				
1960	S35	国際原子力機関委託研究	放射能調査研究費	放射化学分析		深海水				
1961	S36	国際原子力機関委託研究	放射能調査研究費	放射化学分析		深海水				
1962	S37	国際インド洋観測(日・米・ソ・英・仏)	放射能調査研究費	放射化学分析		深海水				
1963	S38	国際インド洋観測(日・米・ソ・英・仏)	放射能調査研究費	放射化学分析		深海水				
1964	S39	オレゴン州立大学との共同研究	放射能調査研究費	放射化学分析		深海水				
1965	S40		放射能調査研究費	放射化学分析	海洋中の放射性廃棄物のモニタリングの測定法に関する研究(以下海洋廃棄物モニタリング)	深海水		海水中における放射廃棄物の化学的挙動の研究(以下廃棄物化学的挙動)		
1966	S41		放射能調査研究費	放射化学分析	海洋廃棄物モニタリング	深海水		廃棄物化学的挙動		
1967	S42		放射能調査研究費	放射化学分析	海洋廃棄物モニタリング	深海水		廃棄物化学的挙動		
1968	S43		放射能調査研究費	放射化学分析	海洋廃棄物モニタリング	深海水		廃棄物化学的挙動		
1969	S44		放射能調査研究費	放射化学分析		深海水		廃棄物化学的挙動		
1970	S45		放射能調査研究費	放射化学分析		深海水		廃棄物化学的挙動		
1971	S46		放射能調査研究費	放射化学分析		深海水		廃棄物化学的挙動		
1972	S47		放射能調査研究費	放射化学分析				放射性固体廃棄物の海洋処分に伴う鉛直拡散に関する研究(以下廃棄物鉛直拡散)		
1973	S48		放射能調査研究費	放射化学分析				廃棄物鉛直拡散		
1974	S49		放射能調査研究費	放射化学分析				廃棄物鉛直拡散	大気中におけるKr-85およびH-3挙動と蓄積に関する調査研究(以下Kr-85 / H-3)	
1975	S50		放射能調査研究費	放射化学分析				廃棄物鉛直拡散	Kr-85 / H-3	
1976	S51		放射能調査研究費	放射化学分析				廃棄物鉛直拡散	Kr-85 / H-3	

1977	S52		放射能調査研究費	放射化学分析				数種の放射性核種の同時測定による深海拡散の研究(以下深海拡散)	原子力施設に由来する放射性気体の広域分布に関する調査研究(以下放射性気体)	
1978	S53		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	環境における超ウラン元素の分布と挙動に関する研究(以下超ウラン元素)
1979	S54		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1980	S55		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1981	S56		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1982	S57		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1983	S58		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1984	S59		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1985	S60		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1986	S61		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1987	S62		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1988	S63		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1989	H1		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1990	H2		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1991	H3		放射能調査研究費	放射化学分析				深海拡散	放射性気体	超ウラン元素
1992	H4		放射能調査研究費	放射化学分析	海洋における放射性核種の挙動に関する調査研究(以下海洋放射性核種)				放射性気体	超ウラン元素
1993	H5		放射能調査研究費	放射化学分析	海洋放射性核種				放射性気体	超ウラン元素
1994	H6		放射能調査研究費	放射化学分析	海洋放射性核種				放射性気体	超ウラン元素
1995	H7		放射能調査研究費	放射化学分析	海洋放射性核種				放射性気体	超ウラン元素
1996	H8		放射能調査研究費	大気圏の放射性核種の動態に関する研究(以下大気圏放射性核種)	海洋環境における放射性核種の挙動に関する研究(以下海洋環境放射性核種)					
1997	H9		放射能調査研究費	大気圏放射性核種	海洋環境放射性核種					
1998	H10		放射能調査研究費	大気圏放射性核種	海洋環境放射性核種					
1999	H11		放射能調査研究費	大気圏放射性核種	海洋環境放射性核種					
2000	H12		放射能調査研究費	大気圏放射性核種	海洋環境放射性核種					
2001	H13		放射能調査研究費	大気圏の放射性核種の長期的動態に関する研究(以下大気圏放射性核種)	海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究(以下海洋環境放射性核種)				大気中の放射性気体の実態把握に関する研究(以下放射性気体)	
2002	H14		放射能調査研究費	大気圏放射性核種	海洋環境放射性核種				放射性気体	
2003	H15		放射能調査研究費	大気圏放射性核種	海洋環境放射性核種				放射性気体	
2004	H16		放射能調査研究費	大気圏放射性核種	海洋環境放射性核種				放射性気体	
2005	H17		放射能調査研究費	大気圏放射性核種	海洋環境放射性核種				放射性気体	

2003 年版 掲載論文リスト

1 . 人工放射性降下物 (死の灰のゆくえ)

Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, T. Miyao, Long-term trends of plutonium fallout observed in Japan, In "Plutonium in the Environment", 251-266, 2001.

Igarashi, Y., M. Aoyama, K. Hirose, T. Miyao, S. Yabuki, Is it Possible to use ^{90}Sr and ^{137}Cs as tracers for the aeolian transport?, Water, Air, And Soil Pollution, 130, 349-354, 2001.

2 . 大気浮遊塵

Hirose, K., S. Takatani and M. Aoyama, Wet deposition of radionuclides derived from the Chernobyl accident, J. Atmos. Chem., 17, 61-71, 1993.

3 . 茨城県つくば市における大気中の放射性希ガスの観測

Igarashi, Y., M. Aoyama, K. Nemoto, K. Hirose, T. Miyao, K. Fushimi, M. Suzuki, S. Yasui, Y. Asai, I. Aoki, K. Fujii, S. Yamamoto, H. Sartorius, W. Weiss, ^{85}Kr measurement system for continuous monitoring at Meteorological Research Institute, Japan, Journal of Environmental Monitoring, 3, 688-696, 2001

4 . 環境中のトリチウムの挙動に関する研究

5 . 日本海における ^{137}Cs (セシウム-137) 及び $^{239,240}\text{Pu}$ (プルトニウム-239、240) の時間的変動

Hirose, K., T. Miyao, M. Aoyama, Y. Igarashi, Plutonium isotopes in the Sea Japan, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 252(2), 293-299, 2002.

Miyao, T, K. Hirose, M. Aoyama, Y. Igarashi, Trace of the recent deep water formation in the Japan Sea deduced from historical ^{137}Cs data, Geophys. Res. Lett., 27, 22, 3731-3734, 2000.

6 . 海水中の人工放射能 - 太平洋について

Hirose, K., M. Aoyama, Present background levels of surface ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations in the Pacific, Journal of Environmental Radioactivity, 69, 53-60, 2003.

Tsumune, D., M. Aoyama, K. Hirose, Numerical simulation of ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations by an ocean general circulation model, Journal of Environmental Radioactivity, 69, 61-84, 2003.

Aoyama, M. K. Hirose, Temporal variation of ^{137}Cs water column inventory in the North Pacific since the 1960s, Journal of Environmental Radioactivity, 69, 107-117, 2003.

7 . 日本の主要河川水中の人工放射性核種

8 . 大気降下物及び海水中のプルトニウム

Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, C.K. Kim, C.S. Kim, B.W. Chang, Recent trends of plutonium fallout observed in Japan: plutonium as a proxy for desertification, Journal of Environmental Monitoring and restoration, 5, 302-307, 2003.

Hirose, K., M. Aoyama, Chemical speciation of plutonium in seawater, Analytical and Bioanalytical chemistry, 372, 418-420, 2002.

9 . 1986 年チェルノブイリ原子力発電所事故及び 1997 年動燃東海事故由来の放射性核種の輸送

Igarashi, Y., M. Aoyama, T. Miyao, K. Hirose, K. Komura and M. Yamamoto, Air concentration of radiocaesium in Tsukuba, Japan following the release from the Tokai waste treatment plant: comparisons of observations with predictions, Applied Radiation and Isotopes, 50, 1063-1073, 1999.

2001 年版 掲載論文リスト

1 . 人工放射性降下物 (死の灰のゆくえ)

Igarashi, Y., M. Aoyama, K. Hirose, T. Miyao, S. Yabuki, Is it Possible to use ^{90}Sr and ^{137}Cs as tracers for the aeolian transport?, *Water, Air, And Soil Pollution*, 130, 349-354, 2001.

Hirose, K., M. Aoyama, Y. Katsuragi and Y. Sugimura, Annual deposition of Sr-90, Cs-137 and Pu-239, 240 from the 1961-1980 nuclear explosions: a simple model, *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 259-277, 1987.

Katsuragi, Y., and M. Aoyama, Seasonal variation of Sr-90 fallout in Japan through the end of 1983, *Pap. Met. Geophys.*, 37, 15-36, 1986.

Katsuragi, Y., A study of ^{90}Sr Fallout in Japan, *Pap. Met. Geophys.*, 33(4), 277-291, 1983.

2 . 大気浮遊塵

Hirose, K., S. Takatani and M. Aoyama, Wet deposition of radionuclides derived from the Chernobyl accident, *J. Atmos. Chem.*, 17, 61-71, 1993.

3 . 茨城県つくば市における大気中の放射性希ガスの観測

Igarashi, Y, M. Aoyama, K. Nemoto, K. Hirose, T. Miyao, K. Fushimi, M. Suzuki, S. Yasui, Y. Asai, I. Aoki, K. Fujii, S. Yamamoto, H. Sartorius, W. Weiss, ^{85}Kr measurement system for continuous monitoring at Meteorological Research Institute, Japan, *Journal of Environmental Monitoring*, 3, 688-696, 2001

4 . 環境中のトリチウムの挙動に関する研究

Katsuragi, Y., K. Kawamura and H. Inoue, Tritium fallout in Tokyo, *Pap. Met. Geophys.*, 34, 21-30, 1983.

5 . 日本海における ^{137}Cs (セシウム-137) 及び $^{239,240}\text{Pu}$ (プルトニウム-239、240) の時間的変動

Miyao, T, K. Hirose, M. Aoyama, Y. Igarashi, Trace of the recent deep water formation in the Japan Sea deduced from historical ^{137}Cs data, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 22, 3731-3734, 2000.

6 . 海水中の人工放射能 - 太平洋について

Aoyama, M, K. Hirose, T. Miyao, Y. Igarashi, P.P. Povinec, ^{137}Cs activity in surface water in the western North Pacific, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 248, 3, 789-793, 2001.

Aoyama, M, K. Hirose, T. Miyao, Y. Igarashi, P.P. Povinec, Temporal variation of ^{137}Cs inventory in the western North Pacific, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 248, 3, 785-787, 2001.

Tsumune, D, M. Aoyama, K. Hirose, K. Maruyama, N. Nakashiki, Calculation of Artificial Radionuclides in the Ocean by an Ocean General Circulation Model, *J. Radioanal Nucl. Chem.*, 248, 3, 777-783, 2001.

7 . 日本の主要河川水中の人工放射性核種

Hirose, K., M. Aoyama and Y. Sugimura, Plutonium and cesium isotopes in river waters in Japan, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, Articles, 141, 191-202, 1990.

8 . 大気降下物及び海水中のプルトニウム

Hirose, K, M. Aoyama, T. Miyao, Y. Igarashi, Plutonium in seawaters on the western North Pacific, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 248, 3, 771-776, 2001.

Hirose, K., M. Aoyama, Y. Katsuragi and Y. Sugimura, Annual deposition of Sr-90, Cs-137 and Pu-239, 240 from the 1961-1980 nuclear explosions: a simple model, *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 259-277, 1987. (人工放射性降下物の項に収録)

9 . 1986 年チェルノブイリ原子力発電所事故及び 1997 年動燃東海事故由来の放射性核種の輸送

Aoyama, M., K. Hirose, Y. Suzuki and Y. Sugimura, High level radioactive nuclides in Japan in May, *Nature*, 321, 819-820, 1986.

Igarashi, Y., M. Aoyama, T. Miyao, K. Hirose, K. Komura and M. Yamamoto, Air concentration of radiocaesium in Tsukuba, Japan following the release from the Tokai waste treatment plant: comparisons of observations with predictions, *Applied Radiation and Isotopes*, 50, 1063-1073, 1999.

1999年版 掲載論文リスト

1 . 人工放射性降下物 (死の灰のゆくえ)

Igarashi, Y., M. Otsuji-Hattori and K. Hirose, Recent deposition of ^{90}Sr and ^{137}Cs observed in Tsukuba, J. Environ. Radioactivity, 31, 157-169, 1996.

Hirose, K., M. Aoyama, Y. Katsuragi and Y. Sugimura, Annual deposition of Sr-90, Cs-137 and Pu-239, 240 from the 1961-1980 nuclear explosions: a simple model, J. Meteor. Soc. Japan, 65, 259-277, 1987.

Katsuragi, Y., and M. Aoyama, Seasonal variation of Sr-90 fallout in Japan through the end of 1983, Pap. Met. Geophys., 37, 15-36, 1986.

Katsuragi, Y., A study of ^{90}Sr fallout in Japan, Pap. Met. Geophys., 33, 277-291, 1983.

2 . 大気浮遊塵

Hirose, K., S. Takatani and M. Aoyama, Wet deposition of radionuclides derived from the Chernobyl accident, J. Atmos. Chem., 17, 61-71, 1993.

3 . 茨城県つくば市における大気中の放射性希ガスの観測

4 . 環境中のトリチウムの挙動に関する研究

Katsuragi, Y., K. Kawamura and H. Inoue, Tritium fallout in Tokyo, Pap. Met. Geo phys., 34, 21-30, 1983.

5 . 日本海における ^{137}Cs (セシウム-137) 及び $^{239,240}\text{Pu}$ (プルトニウム-239、240) の時間的変動

Miyao, T., Hirose, K., Aoyama, M. and Igarashi Y. Temporal Variation of ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ in the Sea of Japan. J. Environ. Radioactivity, Vol. 40, No. 3, 239-250, 1998.

6 . 海中の人工放射能 - 太平洋について

Aoyama, M., and K. Hirose, The temporal and spatial variation of ^{137}Cs concentration in the western North Pacific and its marginal seas during the period from 1979 to 1988, J. Environ. Radioactivity, 29, 57-74, 1995.

7 . 日本の主要河川水中の人工放射性核種

Hirose, K., M. Aoyama and Y. Sugimura, Plutonium and cesium isotopes in river waters in Japan, J. Radioanal. Nucl. Chem., Articles, 141, 191-202, 1990.

8 . 大気降下物及び海水中のプルトニウム

Hirose, K., Y. Sugimura and M. Aoyama, Plutonium and ^{137}Cs in the western North Pacific: estimation of residence time of plutonium in surface water, Appl. Radiat. Isot., 43, 349-359, 1992.

Hirose, K., M. Aoyama, Y. Katsuragi and Y. Sugimura, Annual deposition of Sr-90, Cs-137 and Pu-239, 240 from the 1961-1980 nuclear explosions: a simple model, J. Meteor. Soc. Japan, 65, 259-277, 1987. (人工放射性降下物の項に収録)

9 . 1986年チェルノブイリ原子力発電所事故及び1997年動燃東海事故由来の放射性核種の輸送

Aoyama, M., K. Hirose, Y. Suzuki and Y. Sugimura, High level radioactive nuclides in Japan in May, Nature, 321, 819-820, 1986.

Igarashi, Y., M. Aoyama, T. Miyao, K. Hirose, K. Komura and M. Yamamoto, Air concentration of radiocaesium in Tsukuba, Japan following the release from the Tokai waste treatment plant: comparisons of observations with predictions, Applied Radiation and Isotopes, 50, 1063-1073, 1999.

複製・転載許可

- Igarashi, Y., M. Aoyama, K. Hirose, T. Miyao, M. Tomita, K. Nemoto, T. Fujikawa, Resuspension: Decadal Monitoring Time Series of the Anthropogenic Radioactivity Deposition in Japan, *Journal of Radiation Research*, 44, 319-328, 2003. 日本放射線影響学会: 転載許可 2005 年 10 月 24 日.
- Igarashi, Y., M. Aoyama, K. Hirose, P.P. Povinec, S. Yabuki, What anthropogenic radionuclides (^{90}Sr and ^{137}Cs) in atmospheric deposition, surface soils and Aeolian dusts suggest for dust transport over JAPAN, *Water, Air, and Soil Pollution: Focus*, 5, 51-69, 2005. Reproduced by permission of Springer Science+Business Media B.V., Formerly Kluwer Academic Publishers B.V., October 28, 2005.
- Hirota, M., K. Nemoto, A. Wada, Y. Igarashi, M. Aoyama, H. Matsueda, K. Hirose, H. Sartorius, C. Schlosser, S. Schmid, W. Weiss, K. Fujii, Spatial and Temporal Variations of Atmospheric ^{85}Kr Observed During 1995-2001 in Japan: Estimation of Atmospheric ^{85}Kr inventory in the Northern Hemisphere, *Journal of Radiation Research*, 45, 405-413, 2004. 日本放射線影響学会: 転載許可 2005 年 10 月 24 日.
- Hirose, K., M. Aoyama, Y. Igarashi, K. Komura Extremely low background measurements of ^{137}Cs in seawater samples using an underground facility (Ogoya) , *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 263, 349-353, 2005. Reproduced by permission of Springer Science+Business Media B.V., Formerly Kluwer Academic Publishers B.V., October 28, 2005.
- Hirose, K., M. Aoyama, Analysis of ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations in surface waters of the Pacific Ocean, *Deep-Sea Research Part II*, 50, 2675-2700, 2003. Copyright © 2005 Elsevier B.V., with permission from Elsevier Science, October 21, 2005.
- Povinec, P.P., H.D. Livingston, S. Shima, M. Aoyama, J. Gastaud, I. Goroncy, K. Hirose, L.H.N. Kwong, S.H. Lee, H. Moriya, S. Mulsow, B. Oregioni, H. Pettersson, O. Togawa, IAEA'97 expedition to the NW Pacific Ocean-results of oceanographic and radionuclide investigations of the water column, *Deep-Sea Research Part II*, 50, 2607-2637, 2003. Copyright © 2005 Elsevier B.V., with permission from Elsevier Science, October 21, 2005.
- Aoyama, M., K. Hirose, Temporal variation of ^{137}Cs water column inventory in the North Pacific since the 1960s, *Journal of Environmental Radioactivity*, 69(1-2), 107-117, 2003. Copyright © 2005 Elsevier B.V., with permission from Elsevier Science, October 21, 2005.
- Povinec, P.P., A. Aarkrog, K.O. Buesseler, R. Delfanti, K. Hirose, G.H. Hong, T. Ito, H.D. Livingston, H. Nies, V.E. Noshkin, S. Shima, O. Togawa, ^{90}Sr , ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ concentration surface water time series in the Pacific and Indian Oceans - WOMARS results, *Journal of Environmental Radioactivity*, 81, 63-87, 2005. Copyright © 2005 Elsevier B.V., with permission from Elsevier Science, October 21, 2005.
- Hirose, K., M. Aoyama, P. P. Povinec, Concentration of particulate plutonium in surface and deep-water samples collected during the IAEA'97 expedition, *Deep-Sea Research*, 50, 2639-2647, 2003. Copyright © 2005 Elsevier B.V., with permission from Elsevier Science, October 21, 2005.
- Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, C.K. Kim, C.S. Kim, B.W. Chang, Recent trends of plutonium fallout observed in Japan: Plutonium as a proxy for desertification, *Journal of Environmental Monitoring*, 5, 302-307, 2003. Reproduced by permission of The Royal Society of Chemistry, October 31, 2005.

* * * * *

- Aoyama, M., K. Hirose, Artificial Radionuclides database in the Pacific Ocean:Ham database, *TheScientificWorldJOURNAL*, 4, 200-215, 2004. The authors hold the copyright for the publication.

2005 年（平成 17 年）12 月

編集兼発行者 : 気象研究所地球化学研究部
Editor & Publisher : Geochemical Research Department,
Meteorological Research Institute

住所 : 茨城県つくば市長峰 1 - 1
Address : Nagamine 1-1, Tsukuba, Ibaraki, JAPAN

TEL : 029-853-8719

URL : <http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ge/ge.html>

印刷所 : (株) 松枝印刷