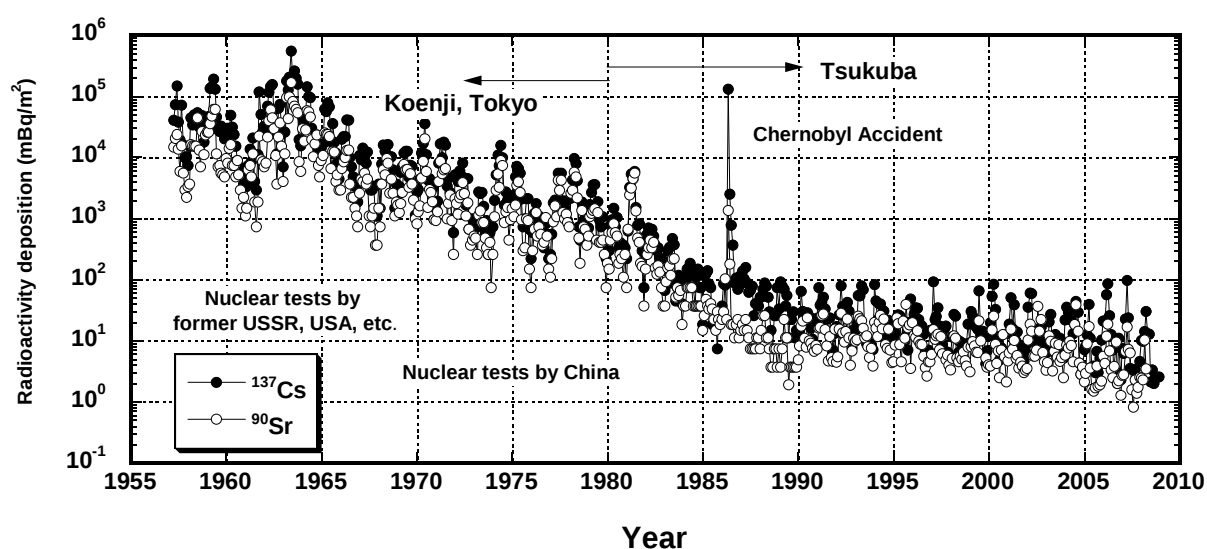


Artificial Radionuclides in the Environment 2009

環境における人工放射能の研究 2009



Geochemical Research Department, Meteorological Research Institute,
JAPAN

December 2009

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 2009」について

気象研究所では、1954 年以来、50 年以上に亘り、大気・海洋を主な分野として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（主に英語論文）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 年以上にわたり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と最近のトピックスをテーマ毎に記述しました。なお、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。

本論文集を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たり、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 21 年 12 月

気象研究所地球化学研究部長 佐藤信夫

序

気象研究所では、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旧科学技術庁（現在は文部科学省）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、三宅泰雄の指導のもと、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) 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年 1963 年最大値を観測した。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大陸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。

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も調査研究を実施している。気象研究所では日本周辺海域ばかりでなく、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に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を反映し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分かってきた。さらに、海水中の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、海洋の ^{137}Cs 濃度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。フォールアウトによる人工放射性核種の海洋への主な降下以来 40 年以上経過し、その広がりには北太平洋から、インド洋など他の海盆に及んでいる。これに関連して 2003-4 年に実施された BEAGLE2003 の航海で採取された海水について人工放射性核種の分析を行って、その広がりについて知見が得られつつある。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。放射性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、日本海における固有水の生成過程及び生成場所（ウラジオストク沖）についての知見を得ることができた。

1990 年以降の環境放射能汚染として、1997 年の旧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 年のウラン燃料工場に臨界事故があるが、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。しかし、環境の放射能汚染は過去の問題ではない。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。

2006 年より、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「放射性降下物の長期変動と再浮遊に関する研究」（環境・応用気象研究部）及び「海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究」（海洋研究部及び地球化学研究部）の 2 課題で環境放射能研究に取り組んでいる。本報告書では、過去 50 年以上にわたり実施されてきた研究成果を、研究課題名ではなく、過去から現在までの成果と最近のトピックスをテーマ毎に記述している。

2009 年 12 月

気象研究所 地球化学研究部
環境・応用気象研究部
海洋研究部

Contents

1. Radioactive fallout in Japan since 1957	1
2. Radioactive gases observed at Tsukuba, Japan	17
3. Artificial radionuclides in the Pacific Ocean	21
4. ¹³⁷ Cs in the surface water in the World Ocean	57
5. Plutonium in fallout and seawater	97
Publication list 1954-2009	121
Publication list (in Japanese) 1954-2009	137
History of the studies at Meteorological Research Institute	143
Publications appeared in “Artificial radionuclides in the Environment 2007”	145
Publications appeared in “Artificial radionuclides in the Environment 2005”	146
Publications appeared in “Artificial radionuclides in the Environment 2003”	148
Publications appeared in “Artificial radionuclides in the Environment 2001”	150
Publications appeared in “Artificial radionuclides in the Environment 1999”	152

目次

1. 人工放射性降下物（死の灰のゆくえ）	1
2. 茨城県つくば市における大気中の放射性希ガスの観測.....	17
3. 海水中の人工放射能－太平洋.....	21
4. 全海洋表層での ¹³⁷ Cs	57
5. 大気降下物及び海水中のプルトニウム.....	97
論文リスト（英文誌）1954-2009	121
論文リスト（和文誌）1954-2009	137
表：研究の歴史.....	143
環境における人工放射能の研究 2007 に掲載した論文のリスト.....	145
環境における人工放射能の研究 2005 に掲載した論文のリスト.....	146
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.....	148
環境における人工放射能の研究 2001 に掲載した論文のリスト.....	150
環境における人工放射能の研究 1999 に掲載した論文のリスト.....	152

1. 人工放射性降下物（死の灰のゆくえ）

気象研究所では、大気圏での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、米国、旧ソ連等が盛んに大気圏内で核実験を実施していた 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 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 50 年を超えて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を行っている。この観測時系列データは、ハワイマウナロアにおける CO_2 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、実に 5 桁の降下量の水準変動が記録されている。対象は重要核種である ^{90}Sr 、 ^{137}Cs および Pu 同位体である。

人工放射能は主に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 6 月に最大の降下量となり（ ^{90}Sr 約 170Bq/m^2 、 ^{137}Cs 約 550Bq/m^2 ）、その後、成層圏でのエアロゾル滞留時間、すなわちおよそ 1 年の半減時間をもって指数関数的に低下した。しかし、1960 年代中期から中国核実験の影響で降下量は度々増大し、1980 年を最後に大気圏内核実験は中止されたので漸くに低下した。さらに、1986 年 4 月の旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所の大規模な事故により放射能の降下量が再び増大した。大気圏内核実験のように成層圏に大量に放射能は輸送されなかったため、この影響は長く続かず、1990 年代になると、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 Pu の降下量は大きく低下し、試料採取に 4m^2 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 の月間降下量は数～数 10mBq/m^2 で推移して、「放射性降下物」とは呼べない状況に至った。

人工放射能の地球環境への投入は全地球規模のトレーサー実験に例えることが出来、それは依然として継続されていると言える。気象研では、投入されてからの期間における変化を降下物という形態で眺め続けてきた。

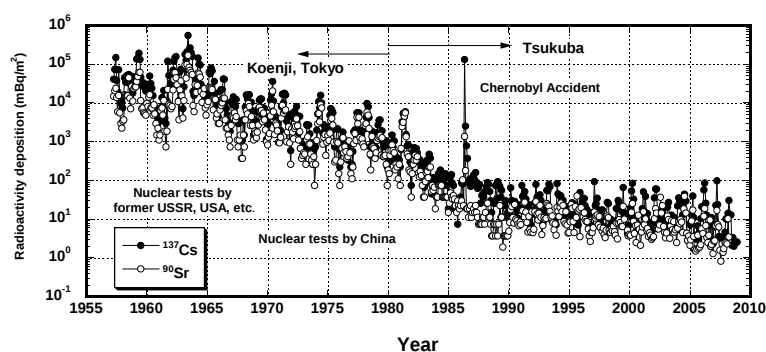
ところで、チェルノブイリ事故由来の放射能の一部（数%）は下部成層圏にも輸送されたが、1994 年以降の年間降下量は、成層圏滞留時間から予想される量を大きく上回った。再浮遊（一旦地表に沈着したものが、表土粒子と共に再び大気中に浮遊する現象）が主たる過程となったためである。再浮遊は、永らく、近傍の畑地などからの表土粒子が主体と信じられてきた。ところが、気象研究所での降下物の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比は、つくばで採取した表土、さらに我が国表土全般の同比と一致せず、再浮遊には近傍以外の起源があることがわかった。すなわち、表土粒子が大規模、かつ長距離を輸送される黄砂など、風送塵が放射能を運んでいることがわかってきた。2000 年代初期に黄砂が激しくなると全国各地で ^{137}Cs が降下物試料に検出され話題となり、また化学輸送モデルによる研究も進展したため、風送塵仮説に関連する研究が増えた。新規現象の発見には、長期の時系列データが大きく貢献する。

他方、1990 年代後半には我が国核施設における軽微な事故や、2000 年代半ば以降には北朝鮮による地下核実験が実施されるなど、さまざまな出来事があったが、大気中へ放出された人工放射能の量は我が国の放射能降下量に影響するほど膨大なものではなく、気象研究所の時系列にもその痕跡はうかがえなかった。

本誌に採録した最近の英文論文の成果を要約すると、以下のようになる。

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 、Pu等を精密に定量した。いずれの核種も春季に降下量のピークを示した。2006 および 2007 年に、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）を認めたが、それ以外に事故や核実験等に起因する特段の異常は認められなかった。
2. 成層圏からの寄与が無視できる 1993 年から 2000 年代について、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比に着目してプロットしたところ、秋季の同比には変化が見られないが、春季については増加している可能性が示唆された。また、 ^{137}Cs の比放射能も 2006, 2007 年の春季に増大していた。
3. この変化についてさらに理解を深めるため、2007 年春季に発生した 4 つの降水現象に関し精密な調査を行い、黄砂の寄与について調べた。4 月 2～4 日の降水において最大の人工放射能の湿性沈着が見られたが、月間沈着量（同年 4 月）の数％にあたるダスト（残渣）量（ 4.5 g m^{-2} ）及び人工放射性核種量（ ^{90}Sr : 16, ^{137}Cs : 97, Pu: 3 mBq m^{-2} ）がもたらされた。いずれの降水事象においても、比放射能及び $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比の両方が、つくば市の表土の変動範囲に収まる例はなく、ローカルな表土ダストの特徴は認められなかった。
4. 比放射能の増加だけでなく、降下ダスト中の $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比の上昇を考慮すると、アジア大陸におけるダスト放出域が、従来の乾燥地帯から、2000 年代に砂漠化に悩まされている半乾燥－ステップ地帯へ移動しているものと仮定できる。この領域では、表土における核種濃度が我が国表土より高い傾向にあると推測される。この領域からの黄砂は、「新型黄砂」と呼ぶことができるであろう。
5. 発生域のはるか風下の領域において観測を行うことによっても、黄砂発生域の地理的、地球化学的な変動が検知された。アジア大陸での大規模核事故に対しても、科学的示唆となる。時系列データを活用し、バックグラウンドの変動について科学的に原因究明を行うこと、さらに異常事象などに関する研究を進めるのが重要である。

放射性核種の再分布の原因である大気プロセスの理解は、様々な環境研究分野での予測モデルの改良につながる。今後は、グローバルかつ継続的な長期モニタリングの推進とそのデータ一貫性の確保、先端の化学輸送モデルを活用したデータ統合が課題となろう。



〔掲載論文〕

Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, Analysis of the 50-year records of the atmospheric deposition of long-lived radionuclides in Japan. *Applied Radiation and Isotopes*, 66, 1675-1678, 2008.

Igarashi, Y., Y. Inomata, M. Aoyama, K. Hirose, H. Takahashi, Y. Shinoda, N. Sugimoto, A. Shimizu, M. Chiba, Possible change in Asian dust source suggested by atmospheric anthropogenic radionuclides during the 2000s. *Atmospheric Environment*, 43, 2971-2980, 2009.

2. 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 1995 年からドイツ連邦放射線防護庁(BfS)と連携して、地表大気中の⁸⁵Kr 放射能を継続的に測定してきた。2001 年に気象研究所はわが国で初めて、主にBfSメソッド(活性炭冷却捕集およびガスクロ分離による気体計数システム)に基づいた連続監視のための大気中⁸⁵Krの測定システムを開発した。その後、このシステムは 2006 年 3 月までつくばやその他国内の数ヶ所において、地表大気中⁸⁵Kr放射能の監視に使用された。

気象研での分析のために同時に収集された試料は、分析と品質保証のためにBfSの研究所に送られた。2006 年には気象研究所と(財)日本分析センターが協力して、既存の気象研システムに基づく新しい実用的な⁸⁵Kr測定システムの開発に取りかかった。その目的とするところは、わが国の⁸⁵Kr監視システムの構築と、⁸⁵Kr測定に関する技術文書の発行であった。気象研及び日本分析センターに構築された新しい⁸⁵Kr測定システムに関する詳細な説明、及び運用に必要な技術的手順を示した技術報告を 2008 年に出版した。(気象研究所技術報告第 54 号)

本章では、気象研究所技術報告第 54 号で報告した内容の概要を示す。気象研究所は 1995 年から大気中の⁸⁵Kr放射能濃度を継続的に測定してきた。1995 年から 2006 年までつくばで実施した⁸⁵Krの測定結果を表 1 と図 1 に示す。1996 年 1 月のバックグラウンド・レベルの⁸⁵Kr放射能濃度は 1.21 Bq m⁻³であったが、2006 年 1 月には 1.51 Bq m⁻³に増加した。つくばにおけるバックグラウンド・レベルの⁸⁵Kr放射能濃度の 1 年毎の増加率は 1995 年から 2006 年の間に 0.03 Bq m⁻³ yr⁻¹であった。2001 年 12 月の⁸⁵Krの地球規模の大気インベントリーもまた、つくばで測定した⁸⁵Kr放射能濃度を使って 5 EBq m⁻³と見積もられた。

また、図 2 に示すように、つくばでの連続測定記録から、北半球の中緯度地方における地表空気中のバックグラウンド・レベルの⁸⁵Kr放射能濃度、及び東海村の核燃料再処理工場運転の影響による濃度増加が明瞭に読み取れる。

表 1 Monthly averaged atmospheric ⁸⁵Kr activity concentrations in Tsukuba

	Unit: Bq m ⁻³											
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Jan		1.26	1.26	1.3	1.37	1.35	1.36	1.46	1.45	1.89	1.50	1.50
Feb		1.24	3.34	1.31	1.36	1.37	1.34	1.47	1.43	1.94	2.43	3.94
Mar		1.23	1.29	1.29	1.37	1.36	1.92	1.55	1.44	1.78	4.80	1.52
Apr		2.44	1.27	1.27	1.37	1.38	3.13	3.88	1.45	1.99	2.82	
May	6.88	4.35	1.31	1.29	1.36	1.32	2.48	4.86	1.49	2.55	2.76	
Jun	2.11	2.29	1.26	1.25	1.32	1.33	2.85	3.50	1.44	1.45	1.45	
Jul	1.08	1.16	1.23	1.21	1.25	2.02	1.29	1.30	1.41	1.40	1.44	
Aug	1.06	1.16	1.19	1.21	1.24	1.25	1.33	1.32	1.36	1.43	1.40	
Sep	5.3	1.99	1.23	1.22	1.3	1.3	1.39	1.37	2.40	1.45	1.40	
Oct	4.29	5.03	1.27	1.32	1.39	1.37	3.18	2.09	3.55	4.92	2.80	
Nov	1.76	2.2	1.33	1.35	1.37	1.46	1.85	1.69	2.54	2.08	2.41	
Dec	1.33	1.23	1.36	1.4	1.41	1.39	1.51	1.50	1.47	1.54	1.53	

Note: Monthly averaged atmospheric ⁸⁵Kr concentrations during the period from 1995 to 2001 are cited from Hirota et al., 2004.

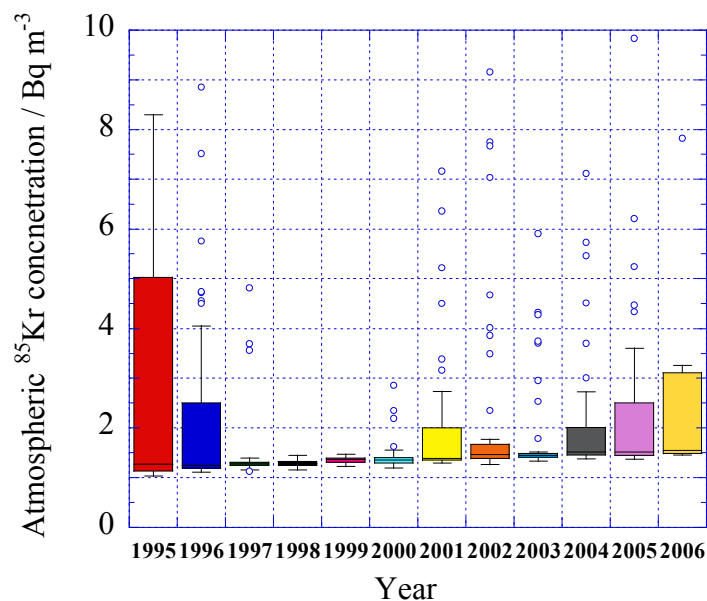


Fig. 1 Atmospheric ^{85}Kr activity concentrations in Tsukuba observed from 1995 to 2006. Each box encloses 50% of the data with the median value of the variable displayed as a line. The top and bottom of the box mark the limits of $\pm 25\%$ of the variable population. The lines extending from the top and bottom of each box mark the minimum and maximum values within the data set that fall within an acceptable range. Any value outside of this range, called an outlier, is displayed as an individual plot.

The acceptable range is defined as follows; Upper quartile (UQ): The data value located halfway between the median and the largest data value.

Lower quartile (LQ): The data value located halfway between the median and the smallest data value.

Outliers-Points whose data value is either: greater than $\text{UQ} + 1.5 \times (\text{UQ} - \text{LQ})$ or less than $\text{LQ} - 1.5 \times (\text{UQ} - \text{LQ})$

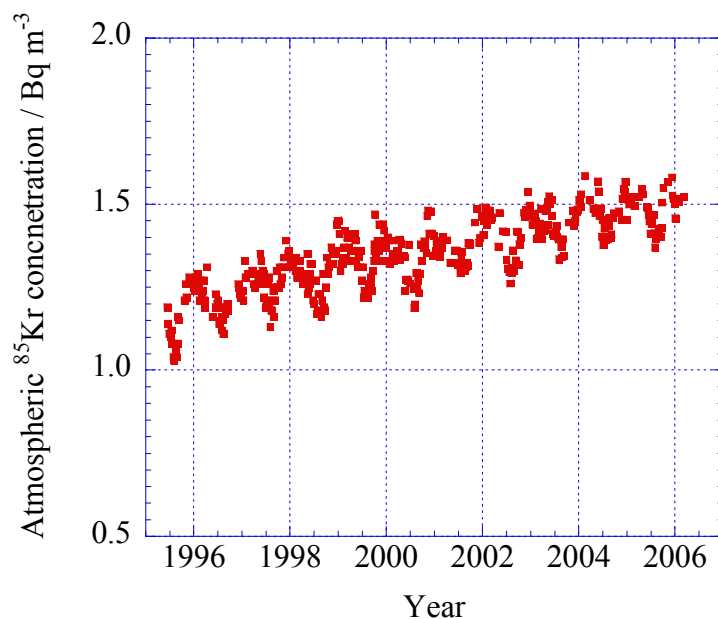


Fig. 2 Atmospheric background ^{85}Kr concentrations in Tsukuba

〔掲載論文〕

なし

〔関連出版物〕

青山道夫, 藤井憲治, 廣瀬勝己, 五十嵐康人, 磯貝啓介, 新田済, Hartmut Sartorius, Clemens Schlosser, Wolfgang Weiss, 日本における活性炭冷却捕集およびガスクロ分離による気体計数システムによる⁸⁵Krの測定システムの構築および 1995 年から 2006 年の測定結果, 気象研究所技術報告, 第 54 号, 2008. (http://www.mri-jma.go.jp/Publish/Technical/DATA/VOL_54/54.html)

3. 海水中の人工放射能—太平洋

海洋環境における人工放射性核種は、1945 年以前には全く存在しなかったものである。これらの人工放射性核種が数十年という期間に海洋環境においてどのように振る舞うかについて、気象研究所では約 50 年間の長期にわたり研究を実施してきた。環境中の人工放射性元素の分布とその挙動の 50 年以上にわたる観測・研究の蓄積の結果、環境放射能について世界的にも他に類を見ない貴重な時系列データを国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。

2000 年代に入ってから、北太平洋を中心に太平洋とその縁辺海を広範囲にカバーする観測をおこない、2000 年代での太平洋における ^{137}Cs の 3 次元分布を得つつある。また、過去資料を収集しデータベースを作成しそれを用いての時空間変動の研究を行うと共に、2008 年からは複数の海洋大循環モデル(OGCM)による再現計算を用いた時空間変動の研究を開始した。

1) ^{137}Cs の北太平洋での 3 次元分布

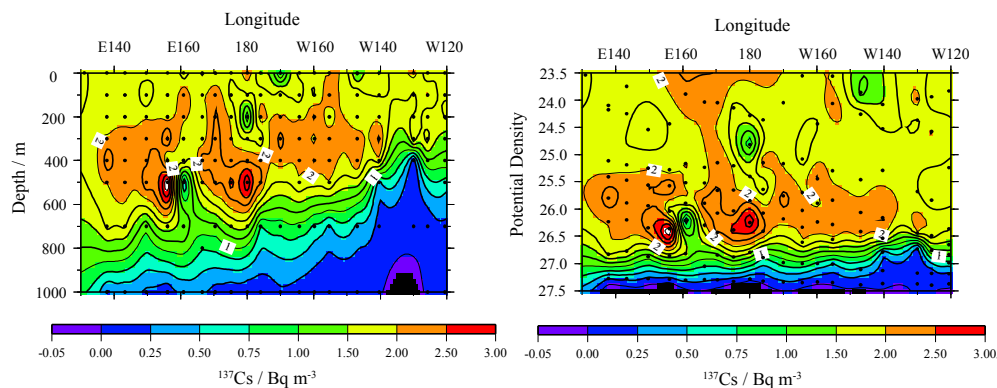


図 1 北緯 24 度線に沿う鉛直分布 右：深度座標 左：密度座標

図 1 に 2007 年の観測で得られた北緯 24 度線に沿う ^{137}Cs の鉛直分布を、深度座標および密度座標で示す。東経 165 度線に沿う ^{137}Cs の断面で見られた濃度極大の特徴を報告しているが (Aoyama et al., 2008, GRL)、北緯 24 度線に沿う ^{137}Cs の鉛直分布においても、日付変更線西側の西部北太平洋、深さにして 400–600m、密度にして $\sigma_\theta=26.0-26.5$ 付近に濃度の極大が見出された。これらの極大は、図 2 に示すように東経 165 度線での北緯 20 度付近の深さ 400–500mに見られる極大とつながっており、中央モード水による ^{137}Cs の海洋内部の輸送経路を明瞭に捉えることができた。これは世界で初めて ^{137}Cs の海洋内部での 3 次元分布を捕らえたものである。この結果は、海洋大循環モデルを使ったシミュレーション結果の検証や内部輸送の解析的研究に大きく寄与するものである。

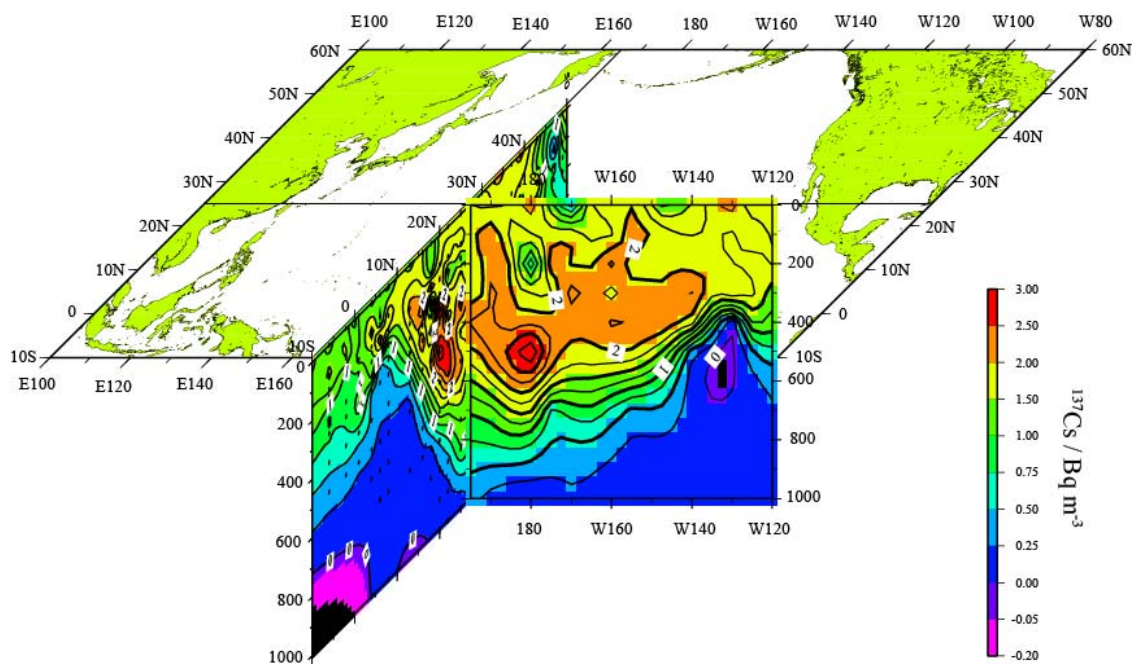


図2 東経165度と北緯24度線に沿う ^{137}Cs の立体分布

2) HAM 全球データベースを使った研究成果

全球での表層海水中的 ^{137}Cs の時空間変動について、全海洋を33の海域に分けて解析をおこない、変動の特徴を抽出するとともに、見かけの半減時間の空間分布を求めた。その結果、表層海水中的 ^{137}Cs の見かけの半減時間は、1970年から2005年の期間について4.5年から36.8年であり、赤道域は高緯度側より見かけの半減時間が長いことが明らかになった(Inomata et al., 2008, JEM)。さらに、影響評価やモデルシミュレーション結果との比較検討に使うため、表層海水中的 ^{137}Cs の0.5年毎の濃度のグリッド値を作成した。

3) OGCMと粒子追跡法を用いた太平洋域での ^{137}Cs の解析の結果

OGCMを用いた海洋における ^{137}Cs 先行研究としてはTsumune et al., (JGR, 2003)がある。今回はOGCMとして気象研究所共用海洋モデル(MRI.COM)と粒子追跡法を用いた太平洋域での ^{137}Cs の解析結果について報告する。TRIPOAR-gridを用いることで全球を扱っている。モデルの北緯64度以南の格子点配置は緯度経度で、解像度は経度1度、緯度0.5度である。海面境界条件としてJRAの再解析値から作成した気候値を用いる。 ^{137}Cs をpassive tracerとして流す以外はNakano et al., (2008)におけるCoarse-JRA runとおなじ設定を用いる。 ^{137}Cs の海面へのフラックスはAoyama et al., (2006)による全球への ^{137}Cs の降下量を再構成したものを用いる。東経165度線に沿う ^{137}Cs の断面で見られた亜熱帯循環南側の中央モード水に相当する ^{137}Cs の濃度極大(Aoyama et al., 2008, GRL)の形成域は、モデルによる逆追跡により中央モード水形成域の東端であることが解った。また、北太平洋から南太平洋への ^{137}Cs の流路についても解析を行なっている(中野ら、2008、日本海洋学会秋季大会)。

〔掲載論文〕

Aoyama, M., K. Hirose, K. Nemoto, Y. Takatsuki, D. Tsumune, Water masses labeled with global fallout ^{137}Cs formed by subduction in the North Pacific. *Geophysical Research Letters*, 35, L01604, doi:10.1029/2007GL031964, 2008.

Hirose, K., M. Aoyama, Y. Igarashi, K. Komura, Improvement of ^{137}Cs analysis in small volume seawater samples using the Ogoya underground facility, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 276, 3, 795-798, 2008.

Hirose, K., M. Aoyama, P.P. Povinec, $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ ratios in the water column of the North Pacific: a proxy of biogeochemical processes. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, 258-262, 2009.

Aoyama, M., Y. Hamajima, M. Fukasawa, T. Kawano and S. Watanabe, Ultra low level deep water ^{137}Cs activity in the South Pacific Ocean. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* doi:10.1007/s10967-009-0253-x, 2009.

4. 全海洋表層での ^{137}Cs

海洋環境における ^{137}Cs の起源は、1950–60年代に実施された大規模大気圏核実験による北太平洋・北大西洋へのグローバルフォールアウト、主に1980年代以前に行われた核再処理施設（イギリス・Sellafield；フランス・La Hague）からのヨーロッパ沿岸域（Irish Sea, English Channel）への排水、1986年4月26日に勃発したチェルノブイリ原子力発電所事故によるフォールアウトに大別される。 ^{137}Cs の半減期（30.17年）は長く、海洋中では主に溶存態として存在することから、海洋環境における数十年間の分布を明らかにすることは、人工放射能の人体・生態系への影響を評価するとともに、海洋大循環や地球環境に対する知見をもたらすものと考えられる。

気象研究所では、Historical Artificial Radionuclides in the Pacific Ocean and its Marginal Seas Data Base (HAMデータベース, Aoyama and Hirose, 2004) として公表してきたデータベースの更新を行った (HAM2007 Global Version, Aoyama et al., submitted)。これは、太平洋中心であったデータベースを、国際原子力機関(IAEA)と協力して、全球へ拡張したものである。HAM2007 Global Version には、1957年から2005年に全球で測定された人工放射性核種（ ^{137}Cs 31378 レコード、 ^{90}Sr 7062 レコード、 $^{239, 240}\text{Pu}$ 3871 レコード）が収録されている。このうち、海洋の表層水で測定された ^{137}Cs のデータ（22368 レコード）について、全海洋を33海域に分けて解析をおこない、濃度変動の特徴を抽出するとともに、見かけの半減時間の空間分布を求めた。

1950年代以降、約50年間における海洋表層水の ^{137}Cs 濃度の時系列変動の特徴は、その供給源、供給年、海洋循環などを反映して、主に4つのパターンに分類された。

大規模大気圏核実験によるグローバルフォールアウトを強く受けた北太平洋では、 ^{137}Cs の濃度の減少速度は、過去50年に約2回（1970年と2000年頃）変化していることが明らかになった。1970年以前は、それ以降と比較して、濃度の減少速度は速かった。これは、大規模大気圏核実験によるグローバルフォールアウトと海洋表層水の移流の影響を反映しているためであると考えられる。1970年以降は、大気からの供給が非常に少ないため、海洋大循環と放射壊変に支配された濃度減少であった。2000年代に入ると、 ^{137}Cs の濃度はほぼ一定の範囲内で変動していた。このような濃度変動は、サブダクションによる亜表層から中層における中緯度から低緯度側への南向きの内部輸送によって、北太平洋亜熱帯の海洋亜表層—中層に形成された ^{137}Cs コアの一部が、亜熱帯大循環によって日本周辺に輸送されてきた（再循環）ものと考えれば説明が可能である。

赤道太平洋・インド洋表層水における ^{137}Cs の濃度は、1970–1980年代にはほぼ一定の値で変動していた。大気からの供給がないこと及び放射壊変による濃度の減少を考えると、ほぼ一定範囲内での濃度の変動は、 ^{137}Cs が高濃度であった地域（北太平洋のグローバルフォールアウトが顕著であった地域）からの移流を反映している。

東部南太平洋・南大西洋表層水における ^{137}Cs の濃度は、1950年代以降、指数関数的に減少していた。

北極海、北大西洋、ヨーロッパ沿岸域の表層水における ^{137}Cs の濃度は、核再処理施設からの海洋への排水による人工放射能汚染の影響を強く受けていた。そのため、その濃度の時間変

化は、他の海域のように指数関数的な減少を示さなかった。

2005 年現在、全球海洋表層水において、最も人工放射能の汚染を受けている海域は、バルト海であり、これはチェルノブイリ原子力発電所事故による放射能降下量が多く、かつ隣接する海域との海水交換が非常に小さいためであると考えられた。一方、全球において最も汚染が少ない海域は、南極海であることが明らかになった。

1970 年以降、大規模大気圏核実験によるグローバルフォールアウトによる海洋への ^{137}Cs の供給は殆どない。従って、海洋における 1970 年以降の ^{137}Cs の濃度の分布は、主に海洋大循環に支配されている。1970 年から 2005 年の海洋表層水における ^{137}Cs は 4.5–36.8 年の見かけの半減期で減少していた。また、赤道域は高緯度側より見かけの半減期が長くなっていた。また、赤道太平洋西部では見かけの半減期が短い。このような特徴は、北太平洋のグローバルフォールアウト地域から赤道域、さらにインドネシア通過流に伴う、太平洋からインド洋への ^{137}Cs の輸送を反映しているものと考えられる。

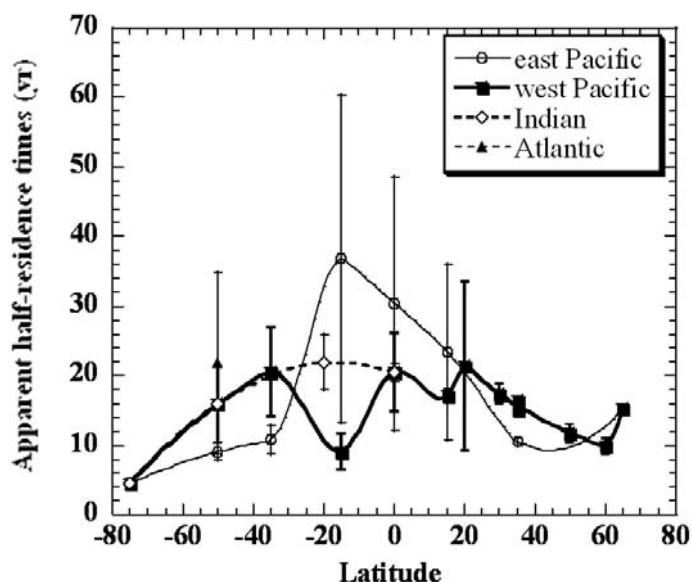


図1 海洋表層水における ^{137}Cs の濃度の見かけの半減期の緯度分布。

〔掲載論文〕

Inomata, Y., M. Aoyama, K. Hirose, Analysis of 50-y record of surface ^{137}Cs concentrations in the global ocean using the HAM-global database. Journal of Environmental Monitoring, 11(1), 116-125, DOI: 10.1039/b811421h, 2009.

5. 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 of 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。

$^{239,240}\text{Pu}$ 降下量については、最近のつくばにおける $^{239,240}\text{Pu}$ 降下量および天然放射性核種である $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 比の観測結果を組み合わせ解析した結果から、次に述べる事が明らかとなった。春に見られる $^{239,240}\text{Pu}$ 月間降下量の大きい時期の $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 比は、つくば周辺土壌の $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 比である2.1-2.5よりも小さく、 $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 比が小さい中国大陸起源の土壌の占める割合が大きいことが推定できた。このことは榛名山における $^{239,240}\text{Pu}$ 降下量および $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ 比観測でも裏づけられた。これらのことは、近年明らかとなってきた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が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をあらためて裏付けるものである。

太平洋における海水中のプルトニウム濃度については、気象研究所はすでに1960年代から報告しているが、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、南太平洋の分布を明らかにすることができた。2000年代前半での太平洋全域での表層のプルトニウムは、北太平洋で 1.5 mBq m^{-3} から 9.2 mBq m^{-3} の範囲にあり、南太平洋では 0.8 mBq m^{-3} から 4.1 mBq m^{-3} の範囲にあることがわかった。南北両半球での差は表層では大きくない。また、プルトニウムの鉛直分布をみると、南北両半球ではどちらも生物地球化学過程に支配される分布となっているが、水柱蓄積量をみると北半球の方が大きく、全球フォールアウトおよびマーシャル諸島での核実験による近傍へのフォールアウトを反映した緯度分布を示している。

〔掲載論文〕

Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, Recent trends of plutonium fallout observed in Japan: Comparison with natural lithogenic radionuclides, thorium isotopes, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 273 No.1, 115-118, 2007.

Hirose, K., M. Aoyama, M. Fukasawa, C.S. Kim, K., Komura, P.P. Povinec, J.A. Sanchez-Cabeza, Plutonium and ^{137}Cs in surface water of the South Pacific Ocean. Science of the Total Environment, 381, 243-255, 2007.

Hirose, K., M. Aoyama, C.S. Kim, Plutonium in Seawater of the Pacific Ocean, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 274 No. 3, 635-638, 2007.

Publication list 1954-2009

論文リスト（英文誌） 1954-2009

Publications

2009

1. Aoyama, M., Y. Hamajima, M. Fukasawa, T. Kawano and S. Watanabe, Ultra low level deep water ^{137}Cs activity in the South Pacific Ocean, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* doi:10.1007/s10967-009-0253-x, 2009.
2. Hirose, K., M. Aoyama, P.P. Povinec, $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ ratios in the water column of the North Pacific: a proxy of biogeochemical processes, *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, 258-262, 2009.
3. Igarashi, Y., Y. Inomata, M. Aoyama, K. Hirose, H. Takahashi, Y. Shinoda, N. Sugimoto, A. Shimizu, M. Chiba, Possible change in Asian dust source suggested by atmospheric anthropogenic radionuclides during the 2000s, *Atmospheric Environment*, 43, 2971–2980, 2009.
4. Inomata, Y., M. Aoyama, K. Hirose, Analysis of 50-y record of surface ^{137}Cs concentrations in the global ocean using the HAM-global database, *Journal of Environmental Monitoring*, 11(1), 116-125, DOI: 10.1039/b811421h, 2009.
5. Igarashi, Y., Anthropogenic Radioactivity in Aerosol -A Review Focusing on Studies during the 2000s-, *Japanese Journal of Health Physics*, 44(3), 313-323, 2009 in press.

2008

1. Aoyama, M., K. Hirose, K. Nemoto, Y. Takatsuki, D. Tsumune, Water masses labeled with global fallout ^{137}Cs formed by subduction in the North Pacific, *Geophysical Research Letters*, 35, L01604, doi:10.1029/2007GL031964, 2008.
2. Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, Analysis of the 50-year records of the atmospheric deposition of long-lived radionuclides in Japan. *Applied Radiation and Isotopes*, 66, 1675-1678, 2008.
3. Hirose, K., M. Aoyama, Y. Igarashi, K. Komura, Improvement of ^{137}Cs analysis in small volume seawater samples using the Ogoya underground facility, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 276(3), 795-798, 2008.

2007

1. Hirose, K., M. Aoyama, C.S. Kim, Plutonium in Seawater of the Pacific Ocean, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 274 No. 3, 635-638, 2007.
2. Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, 50 years records of atmospheric deposition of long-lived anthropogenic radionuclides in Japan, *International Conference on Environmental Radioactivity: From Measurements and Assessments to Regulation*, IAEA-CN-145, 95-96, 2007.
3. Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, Recent trends of plutonium fallout observed in Japan: Comparison with natural lithogenic radionuclides, thorium isotopes, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 273 No.1, 115-118, 2007.
4. Hirose, K., M. Aoyama, M. Fukasawa, C. S. Kim, K. Komura, P. P. Povinec, J. A. Sanchez-Cabeza, Plutonium and ^{137}Cs in surface water of the South Pacific Ocean, *Science of the Total Environment*, 381, 243-255, 2007.

2006

1. Yamamoto, M., A. Sakaguchi, K. Sasaki, K. Hirose, Y. Igarashi, C.K. Kim, Seasonal and spatial variation of atmospheric ^{210}Pb and ^7Be deposition: features of the Japan Sea side of Japan, *Journal of Environmental Radioactivity*, 86, 110-131, 2006.
2. Hirose, K., M. Aoyama, C.S. Kim, C.K. Kim, P.P. Povinec, "Plutonium isotopes in seawater of the North Pacific: effects of close-in fallout", *INTERNATIONAL CONFERENCE ON ISOTOPES AND ENVIRONMENTAL STUDIES*. Eds. P. Povinec, J.A. Sanchez-Cabeza. Vol. 8 of *Radioactivity in the Environment*, Elsevier, London, 2006.
3. Aoyama, M., K. Hirose, Y. Igarashi, Re-construction and updating our understanding on the global weapons tests ^{137}Cs fallout, *Journal of Environmental Monitoring*, 8, 431-438, 2006.
4. Aoyama, M., M. Fukasawa, K. Hirose, R.F.C. Mantoura, P.P. Povinec, C.S. Kim, K. Komura, "Southern Hemisphere Ocean Tracer Study (SHOTS): An overview and preliminary results", *INTERNATIONAL CONFERENCE ON ISOTOPES AND ENVIRONMENTAL STUDIES*. Eds. P. Povinec, J.A. Sanchez-Cabeza. Vol. 8 of *Radioactivity in the Environment*, Elsevier, London, 2006.
5. Inoue, H.Y., H. Matsueda, Y. Igarashi, Y. Sawa, A. Wada, K. Nemoto, H. Sartorius, C. Schlosser, Seasonal and long-term variations in atmospheric CO_2 and ^{85}Kr in Tsukuba, Central Japan, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 84/6, 959-968, 2006.

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,

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. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
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. 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.
14. 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⁺²⁴⁰Pu and ¹³⁷Cs 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, ⁸⁵Kr 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 ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs 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, ¹³⁷Cs 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 ¹³⁷Cs 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 ¹³⁷Cs data, Geophys. Res. Lett., 27, 22, 3731-3734, 2000
5. Aoyama, M., K. Hirose, T. Miyao, Y. Igarashi, Low level ¹³⁷Cs measurements in deep seawater samples, Appl. Radiat. Isot., 53, 159-162, 2000.
6. Igarashi, Y., H. Sartorius, T. Miyao, W. Weiss, K. Fushimi, M. Aoyama, K. Hirose, H. Y. Inoue, ⁸⁵Kr and ¹³³Xe 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-Hatori. 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-caesium 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 ^{90}Sr and ^{137}Cs 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 ^{90}Sr and ^{137}Cs 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 (in Japanese) 1954-2009

論文リスト（和文誌） 1954-2009

論文リスト（和文学協会誌） 1954 — 2009

2009

1. 五十嵐康人（2009）、放射性同位体分析 岩坂泰信・西川雅高・山田丸・洪天祥（編） 黄砂 古今書院 pp81-87.

2007

1. 三浦誓也, 貝森優希, 工藤英嗣, 野呂幸男、時枝隆之, 廣瀬勝己, 青森県における大気中クリプトン-85 濃度調査, 青森県原子力センター所報, 1, 43-44, 2007.
2. 廣瀬勝己, 青山道夫, C.S. Kim, S.A. Kim, 南北太平洋の海水中のプルトニウムの挙動について, 日本放射化学会誌 別冊, 8 supplement, 103, 2007.

2006

1. 青山道夫, 大気と海洋深層における核実験起源フォールアウトの超低レベル放射能測定, RADIOISOTOPES, 55, 429-438, 2006.
2. 小村和久, 青山道夫, 秋山正和, 氏平祐輔, 大田裕二, 大塚良仁, 大西勝基, 櫻井敬久, 篠原伸夫, Ge 検出器の使用状況に関するアンケート報告, RADIOISOTOPES, 55, 699-707, 2006.

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⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, 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, ⁹⁰Srと¹³⁷Cs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, 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 — 環境科学持論一, 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⁹⁰Sr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, 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
1954	昭和29年								課題名
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)	海水中における放 射性廃棄物の化学的 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	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	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	廃棄物化学的挙動			
1969	S44		放射能調査研究費	放射化学分析		廃棄物化学的挙動			
1970	S45		放射能調査研究費	放射化学分析		廃棄物化学的挙動			
1971	S46		放射能調査研究費	放射化学分析		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)	環境における超ウラン元素の分布と学動に関する研究(以下超ウラン元素)
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	
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	
2006	H18		放射能調査研究費	放射性降下物の長期変動と再浮遊に関する研究(以下放射性降下物)				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)			
2007	H19		放射能調査研究費	放射性降下物				海洋環境放射性核種			
2008	H20		放射能調査研究費	放射性降下物				海洋環境放射性核種			
2009	H21		放射能調査研究費	放射性降下物				海洋環境放射性核種			

2007 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）

Aoyama, M., K. Hirose, Y. Igarashi, Re-construction and updating our understanding on the global weapons tests ^{137}Cs fallout, Journal of Environmental Monitoring, 8, 431-438, 2006.

2. 茨城県つくば市における大気中の放射性希ガスの観測

3. 海中の人工放射能－世界の海洋について

Hirose, K., M. Aoyama, M. Fukasawa, C. S. Kim, K. Komura, P.P. Povinec, J.A. Sanchez-Cabeza, Plutonium and ^{137}Cs in surface water of the South Pacific Ocean, Science of the Total Environment, 381, 243-255, 2007.

Folsmo, T., R., K. Saruhashi, A comparison of analytical techniques used for determination of fallout cesium in sea water for oceanographic purpose, Journal of Radiation Research, 4, 39-53, 1963.

Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Sugimura, T. Kanazawa and K. Hirose, Contents of ^{137}Cs , plutonium and americium isotopes in the southern ocean waters, Papers in Meteorology and Geophysics, 39, 95-113, 1988.

4. 大気降下物及び海中のプルトニウム

Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, Recent trends of plutonium fallout observed in Japan: Comparison with natural lithogenic radionuclides, thorium isotopes, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 273, 115-118, 2007.

5. 環境放射能 50 年: ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 及びプルトニウム降下物

Miyake, Y., The artificial radioactivity in rain water observed in Japan from May to August, 1954, Papers in Meteorology and Geophysics, 5, 173-177, 1954

Miyake, Y., K. Saruhashi, Y. Katsuragi, T. Kanazawa, S. Tsunogai, Deposition of Cs-137 and Sr-90 in Tokyo through the end of July 1963, Papers in Meteorology and Geophysics, 14, 58-65, 1963.

Kuroda, P. K., Y. Miyake, J. Nemoto, Strontium isotopes Global circulation after the Chinese nuclear explosion of 14 May 1965, Science, 150, 1289-1290, 1965.

Katsuragi, Y., A study of ^{90}Sr fallout in Japan, Papers in Meteorology and Geophysics, 33, 277-291, 1983.

Katsuragi, Y., K. Kawamura, H. Inoue, Tritium fallout in Tokyo, Papers in Meteorology and Geophysics, 34, 21-30, 1983.

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

2005 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, 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

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

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

4. 環境中のトリチウムの挙動に関する研究

5. 海水中の人工放射能－太平洋について

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

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

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, 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

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

7. 大気降下物及び海水中のプルトニウム

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

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, 40, No. 3, 239-250, 1998.

6. 海水中の人工放射能－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

Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, Analysis of the 50-year records of the atmospheric deposition of long-lived radionuclides in Japan. *Applied Radiation and Isotopes*, 66, 1675-1678, 2008. Reprint with permission from Elsevier Science, Sep. 3, 2009.

Igarashi, Y., Y. Inomata, M. Aoyama, K. Hirose, H. Takahashi, Y. Shinoda, N. Sugimoto, A. Shimizu, M. Chiba, Possible change in Asian dust source suggested by atmospheric anthropogenic radionuclides during the 2000s. *Atmospheric Environment*, 43, 2971-2980, 2009. Reprint with permission from Elsevier Science, Sep. 3, 2009.

Hirose, K., M. Aoyama, Y. Igarashi, K. Komura, Improvement of ^{137}Cs analysis in small volume seawater samples using the Ogoya underground facility, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 276, 3, 795-798, 2008. With the kind permission of Springer Science and Business Media, Sep. 3, 2009.

Hirose, K., M. Aoyama, P.P. Povinec, $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ ratios in the water column of the North Pacific: a proxy of biogeochemical processes. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, 258-262, 2009. Reprint with permission from Elsevier Science, Sep. 3, 2009.

Aoyama, M., Y. Hamajima, M. Fukasawa, T. Kawano and S. Watanabe, Ultra low level deep water ^{137}Cs activity in the South Pacific Ocean. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* doi:10.1007/s10967-009-0253-x, 2009. With the kind permission of Springer Science and Business Media, Sep. 3, 2009.

Inomata, Y., M. Aoyama, K. Hirose, Analysis of 50-y record of surface ^{137}Cs concentrations in the global ocean using the HAM-global database. *Journal of Environmental Monitoring*, 11(1), 116-125, DOI: 10.1039/b811421h, 2009. Reproduced by permission of The Royal Society of Chemistry, Sep. 3, 2009.

Hirose, K., Y. Igarashi, M. Aoyama, Recent trends of plutonium fallout observed in Japan: Comparison with natural lithogenic radionuclides, thorium isotopes, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 273 No.1, 115-118, 2007. With the kind permission of Springer Science and Business Media, Sep. 3, 2009.

Hirose, K., M. Aoyama, M. Fukasawa, C.S. Kim, K. Komura, P.P. Povinec, J.A. Sanchez-Cabeza, Plutonium and ^{137}Cs in surface water of the South Pacific Ocean. *Science of the Total Environment*, 381, 243-255, 2007. Reprint with permission from Elsevier Science, Sep. 3, 2009.

Hirose, K., M. Aoyama, C.S. Kim, Plutonium in Seawater of the Pacific Ocean, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 274 No. 3, 635-638, 2007. With the kind permission of Springer Science and Business Media, Sep. 3, 2009.