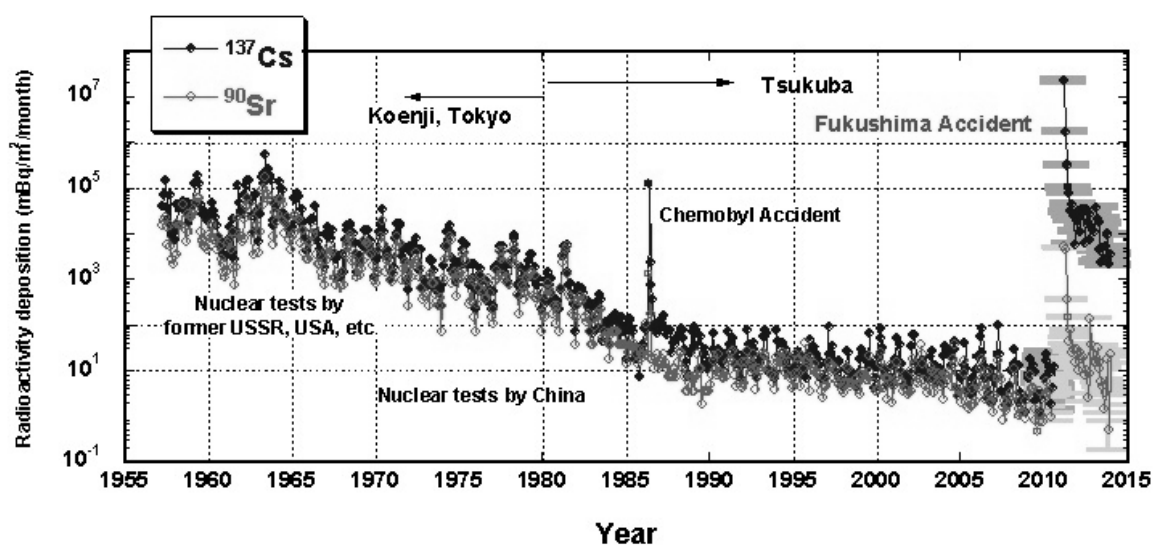


# Artificial Radionuclides in the Environment

## 2013

### 環境における人工放射能の研究 2013

(PDF 版)



Geochemical Research Department and Atmospheric Environment and Applied  
Meteorology Research Department, Meteorological Research Institute

JAPAN

February 2013

気象研究所 地球化学研究部  
環境・応用気象研究部

最終ページに図の詳しい説明があります。

See figure caption at the end page of this publication.

## 「環境における人工放射能の研究 2013」について

気象研究所では、1954年以來、60年にわたり大気及び海洋の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周知していただくために、「環境における人工放射能の研究」と題した論文集を発刊して参りました。本論文集「環境における人工放射能の研究 2013」は、福島事故後の二年のあいだに出版された論文（主に英語論文）を、過去から現在までの成果と最近のトピックスに関するテーマ毎に分類し、各テーマの冒頭に簡単な日本語の解説を加えて、一冊にまとめたものです。

60年にわたり継続的に続けられた環境放射能研究は、1950年代から1960年代にかけて行われた水爆実験や、1986年の旧ソ連のチェルノブイリ原子力発電所事故など、その時代時代の人工放射性核種の放出に伴う大気及び水圏環境への長期間に及ぶ影響を明らかにしてきました。そして、今新たに、本研究は、東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故という悲しむべき事態の推移を、冷静かつ科学的に記述し理解する、という大きな課題をも担うことが期待されています。

本論文集が、環境における人工放射能の研究に係わる多くの研究者の研究の糧となり、関係省庁をはじめとする担当者の皆様の業務の一助となることを念じて止みません。

最後に、本研究を推進するにあたり、ご協力いただ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いたします。

なお、この研究は文部科学省および原子力規制庁放射能調査研究費により実施されています。

平成 26 年 2 月

気象研究所 研究総務官 三上正男



## 序

気象研究所地球化学研究部（現在は海洋・地球化学研究部および環境・応用気象研究部）では、1954年以來、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60年にわたって環境放射能の研究を実施してきた。1957年以降、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まず旧科学技術庁、その後文部科学省が所管してきた。さらに原子力規制委員会と原子力規制庁の発足に伴って2013年から、原子力規制庁が所管することとなった。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（ $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^3\text{H}$  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 $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  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 $^{137}\text{Cs}$ 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という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。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 $^{137}\text{Cs}$ 濃度の精密鉛直断面を描くことができ、核実験由来の $^{137}\text{Cs}$ 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、日本海における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。

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JCO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。しかしながら、2011年3月に起きた東日本大震災にともなう東京電力福島第一原子力発電所事故により、 $^{137}\text{Cs}$ の総量にして10 PBq以上という過去日本では経験したことのない大量の人工放射性核種が環境中に放出され、その2割程度が日本の国土に降下し、残りの8割は北太平洋に降下したと考えられている。これらの影響評価やその後の環境中での拡散状況の把握のためにも、環境放射能調査・研究は今後とも重要である。

2006年4月より2011年3月まで、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」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」の2課題で環境放射能研究に取り組んできた。また2011年8月からは、「大気を通じた人工放射性核種の陸圏・水圏への沈着およびその後の移行過程の解明研究」の課題のもと、過去の知見を十分に活用しながら、3月11日に発生した東日本大震災にともなう福島第一原子力発電所の事故以降の新たな事態に対応し、放出された大量の人工放射性核種の挙動を解明する研究を開始した。本報告書では、過去60年にわたり実施されてきた研究成果と福島第一原子力発電所の事故に対応した研究成果を、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大気と海洋のテーマ毎に記述している。

2014年2月

気象研究所 海洋・地球化学研究部  
環境・応用気象研究部



## Contents

1. Atmospheric pollution by the Fukushima Accident-Two years observations in Tsukuba
2. Artificial radionuclides in the Pacific Ocean:  $^{137}\text{Cs}$  observation in the Pacific Ocean derived from TEPCO Fukushima Dai-ichi NPP accident.

Publication list 1954-2013

Publication list (in Japanese) 1954-2014

History of the studies at Meteorological Res. Inst

Publications appeared in “Artificial radionuclides in the Environment 2011”



## 目次

1. 福島事故後のつくばにおける降下量、大気中放射能濃度の推移
2. 海水中の人工放射能：東電福島第一原子力発電所事故後の太平洋 における  $^{137}\text{Cs}$  の観測結果

論文リスト（英文誌）1954-2013

論文リスト（和文誌）1954-2013

表：研究の歴史 1954-2013

環境における人工放射能の研究 2011 に掲載した論文のリスト

## 1. 福島事故後のつくばにおける降下量 大気中放射能濃度の推移

### 1) はじめに

気象研究所では、大気圏内核実験が盛んに実施された 1950 年代後期から 50 年以上の期間にわたり、大気圏での人工放射性核種の濃度水準の実態とその変動要因を明らかにすべく、環境影響の大きい重要な核種について観測を継続してきた。特に、 $^{90}\text{Sr}$  (半減期 28.8 年) および  $^{137}\text{Cs}$  (半減期 30.2 年) の月間降下量 (大気降下物) の長期観測結果は、2013 年 4 月で満 56 年となった。また、2011 年 3 月の東京電力福島第一原子力発電所事故 (福島第一原発事故) 前後では、大気エアロゾル試料の採取及び放射能分析を継続し<sup>1)</sup>、その結果を研究所のホームページにも掲載してきた<sup>2)</sup>。ここでは、茨城県つくば市での約二年間にわたる福島第一原発事故による大気環境影響に関する観測結果 (時系列データ) につき報告し、放射性物質の大気中濃度を支えている二次放出 (再浮遊) につきごく簡単に考察した。

### 2) 研究方法

月間大気降下物の捕集は、茨城県つくば市長峰にある気象研究所の露場観測実験棟屋上に設置した大気降下物捕集用のプラスチック製水盤 (面積  $4\text{ m}^2$ ) で 1980 年代以降実施してきた。福島第一原発事故以降 (2011 年 4 月以降) は、放射能水準の上昇を考慮し、 $1\text{ m}^2$  水盤 2 基での捕集を実施している。得られた試料はポリ製保管容器で保存しつつ、ロータリーエバポレーターや蒸発皿等を使用して全量を蒸発濃縮し、まず Ge 半導体検出器により  $\gamma$  線放出核種 (放射性 Cs 等) を測定した。次いで試料の一部を分取して濃硝酸、過酸化水素を添加し加熱酸分解操作によって溶液化した。その後放射化学分離により  $^{90}\text{Sr}$  を精製し、最終的に炭酸 Sr として固定した。数週間放置して  $^{90}\text{Sr}$  と  $^{90}\text{Y}$  とが放射平衡に達した後に、低 BG  $2\pi$  ガスフロー検出器 (テネレック LB5100) で  $\beta$  放射能を測定した<sup>3)</sup>。福島第一原発事故後の試料については事故により放出された  $^{89}\text{Sr}$  の影響があるため、生成固定した炭酸 Sr 線源の  $\beta$  放射能を繰り返し測定することで、 $^{90}\text{Y}$  の放射平衡達成と  $^{89}\text{Sr}$  放射能の減衰の様子とを確認しつつ評価し、必要な場合は計算で  $^{89}\text{Sr}$  の影響を除去した<sup>4)</sup>。Figs. 1-4 には事故後のデータのみ誤差を表示した。

### 3) 結果・議論

#### 3.1) $^{137}\text{Cs}$ 大気降下量の変動と推移

Fig. 1 に気象研究所における月間降下量の変動を 1950 年代後半より福島第一原発事故以降、最新のデータを含めて描画した。単位は毎月当たりの降下量 ( $\text{mBq}/\text{m}^2$ ) とした。Fig. 2 には 2000 年代後半からの大気降下量と福島第一原発事故後の降下量を対比させて示す。福島第一原発事故が発生した 2011 年 3 月の  $^{137}\text{Cs}$  月間降下量は  $23\pm 0.9\text{ kBq}/\text{m}^2$  であり、震災前の水準よりも 6~7 桁大きかった。ここで示した福島第一原発事故後のデータの絶対値については、発生源が近いとその空間代表性は小さくなっていることに注意いただきたい。しかし、時系列変動の傾向は関東地方全体ではほぼ同様となり、それなりの空間代表性を持つと考えている。2011 年全体では、気象研究所における  $^{137}\text{Cs}$  降下量は  $25.5\text{ kBq}/\text{m}^2$

年であった。Fig. 1 に示されるように 1954 年から福島原発事故以前についての単純な  $^{137}\text{Cs}$  降下量積算は、おおよそ  $7 \text{ kBq/m}^2$  である。福島第一原発事故は単一事象としてこの数倍、また  $^{137}\text{Cs}$  の放射壊変を考慮した現存量（おおよそ  $2 \text{ kBq/m}^2$ ）と比較したときには 10 倍強の量をもたらした。これに加えて  $^{134}\text{Cs}$ （半減期 2.1 年）がほぼ同量降下しており、両核種併せておおよそ  $50 \text{ kBq/m}^2$  を超える地表面汚染である。この値は、文部科学省による航空機マッピングによるつくば市周辺の値<sup>5)</sup> とほぼ整合する。その後の降下量は急速に低下してきたが、2005–2010 年における  $^{137}\text{Cs}$  降下量は  $1.2\text{--}97 \text{ mBq/m}^2/\text{月}$  の範囲で<sup>6)</sup>、2012 年における降下量は  $8\text{--}36 \text{ Bq/m}^2/\text{月}$  の範囲であり、依然として 3～4 桁の差がある。2012 年末のこの降下量水準は、中国大気圏核実験がおこなわれていた 1970 年代～1980 年代前半の水準に匹敵する。また、事故直後とは異なり、2012 年における降下量水準の低下は緩やかなものとなっている。

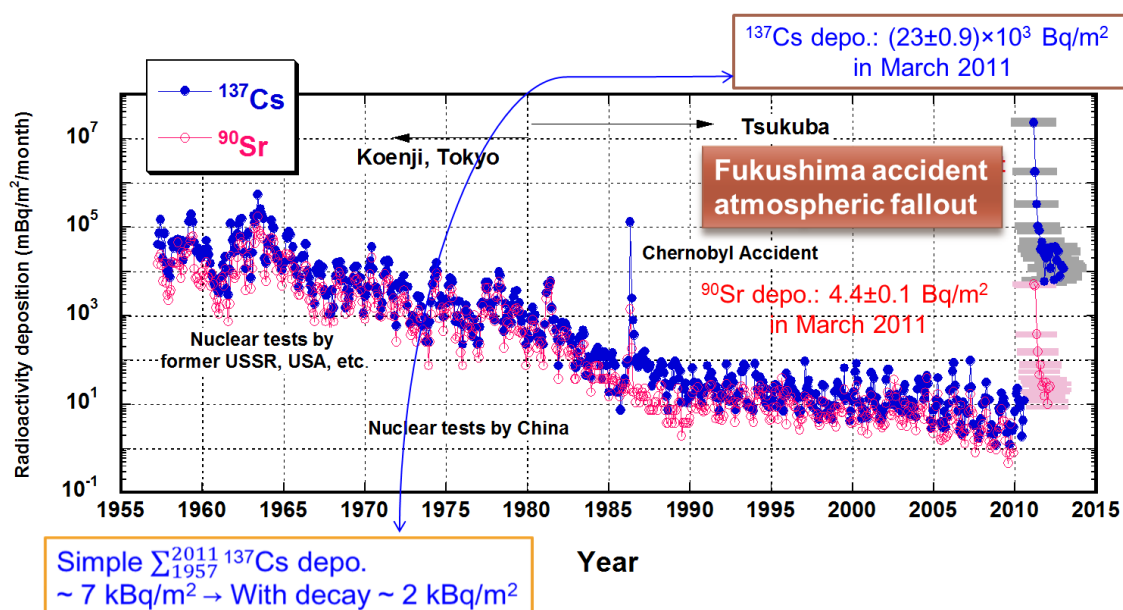


Fig. 1 Temporal trends in  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  monthly deposition observed at the Meteorological Research Institute since 1957 to 2012 (The measurement error is shown only for data obtained after the Fukushima accident. The same shall apply hereafter.)

### 3.2) $^{90}\text{Sr}$ 大気降下量の変動と推移

他方、2011年3月の $^{90}\text{Sr}$ 降下量は $4.4 \pm 0.1 \text{ Bq/m}^2$ であり、同月の $^{137}\text{Cs}$ 降下量の約1/5,000だった。この降下量水準は、震災前の水準からすると2～3桁大きい。2011年全体では $^{90}\text{Sr}$ 降下量は $10.6 \text{ Bq/m}^2/\text{年}$ であり、 $^{137}\text{Cs}$ 降下量の約1/2,500の量であった。したがって、 $^{90}\text{Sr}$ による関東地方の汚染は比較的軽微であったと言うことができ、 $^{90}\text{Sr}$ の環境影響や健康影響は放射性Csに比べ相対的に小さいと推定される。このほか、分析が終了した2012年前半までのデータでは、 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比は約400～5,000の間で変動し、放射性Srによる汚染の度合いが放射性Csに比し相対的に小さいことが確認できる。ただ、何故に $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 放射能比が一定とならないのかは上明であり、原因を引き続き考慮・検討している。福島第一原発事故前後の対比では2005–2010年における $^{90}\text{Sr}$ 降下量は $0.5\text{--}19 \text{ mBq/m}^2/\text{月}$ の範囲<sup>6)</sup>であるのに対して、2012年における降下量は、 $10\text{--}31 \text{ mBq/m}^2/\text{月}$ の範囲であり、依然として1～2桁は高い水準にある。

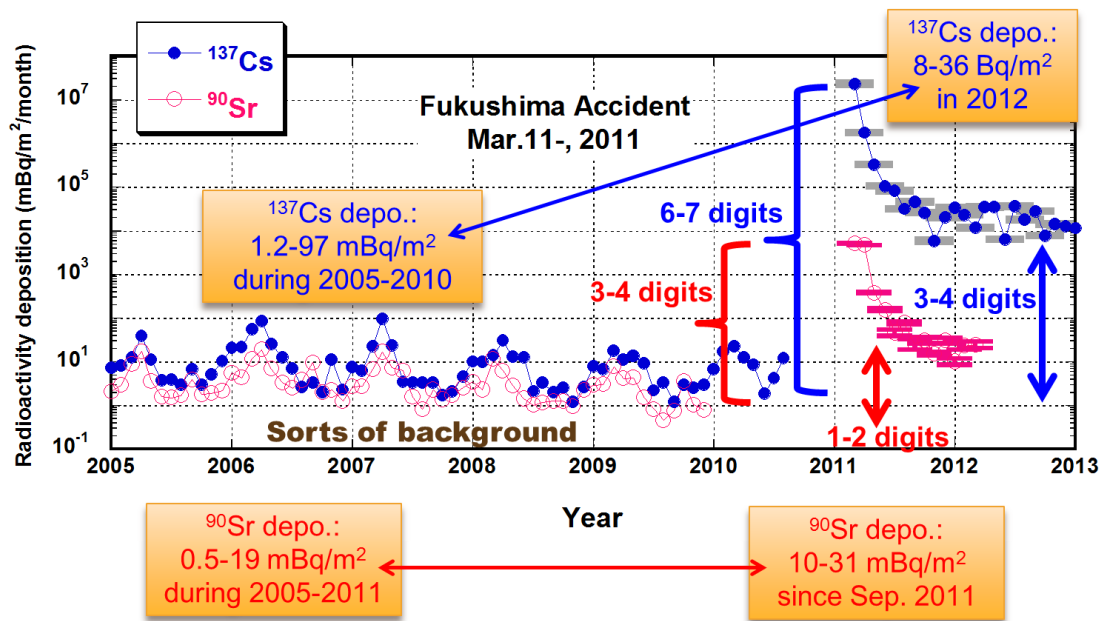


Fig. 2 Comparison the monthly  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  deposition levels between the pre- and post-accident periods

### 3.3) $^{137}\text{Cs}$ 大気降下量の複数成分と降下量減少

福島第一原発事故由来の大気中の  $^{137}\text{Cs}$  の減少傾向について調べるため、事故後の  $^{137}\text{Cs}$  月間降下量に対してその減少をカーブフィットした。フィッティングには図化ソフトの **Kaleida Graph** を利用し、計算結果が発散しないように初期値を適宜修整しながらフィッティングを数十～百回程度繰り返して収束した結果を **Fig. 3** に示した。フィッティングには3項の指数関数 ( $e^{-k \cdot t}$ ) を用いたが、其々の減少半減期は、およそ 6 ( $\pm 11\%$ )日, 17 ( $\pm 18\%$ )日, 1.2 ( $\pm 62\%$ )年となり (相対誤差を ( ) 内に示した), それぞれ福島第一原発 (一次放出源) における事故当初の放出量の減少, 放射性プルームの対流圏輸送・拡散過程における減少 (大気からの除去に相当)<sup>7)</sup>, 再浮遊発生源 (二次発生源) における発生量の減少に相当する値を得たと考えられる。福島第一原発は周辺環境から隔離されている訳ではないため、大気へのある程度の放射性物質の放出 (一次放出) は継続していると推定されるため、これらの減少半減期は一次放出の影響を全く受けていないとは断言できない。しかしながら、第3項目の1.2年の減少半減期 (相対誤差は大きい) は、福島第一原発からの一次放出の半減期とするには長期過ぎるし、エアロゾルの対流圏大気からの除去に関する減少半減期<sup>7)</sup> としても妥当ではない。また、ここでは図示しないが  $^{90}\text{Sr}$  降下量の減少にやはり3項の指数関数によるフィッティングを試みたところ、減少時間の値は異なるが、カーブフィッティングが可能であった。従って、福島第一原発事故由来の放射性核種の降下量に対する3項の指数関数によるフィッティングには一定の合理性があり、第3項目の減少半減期は、再浮遊 (二次放出) 過程全般における減少傾向を一定程度反映していると考えてよいであろう。

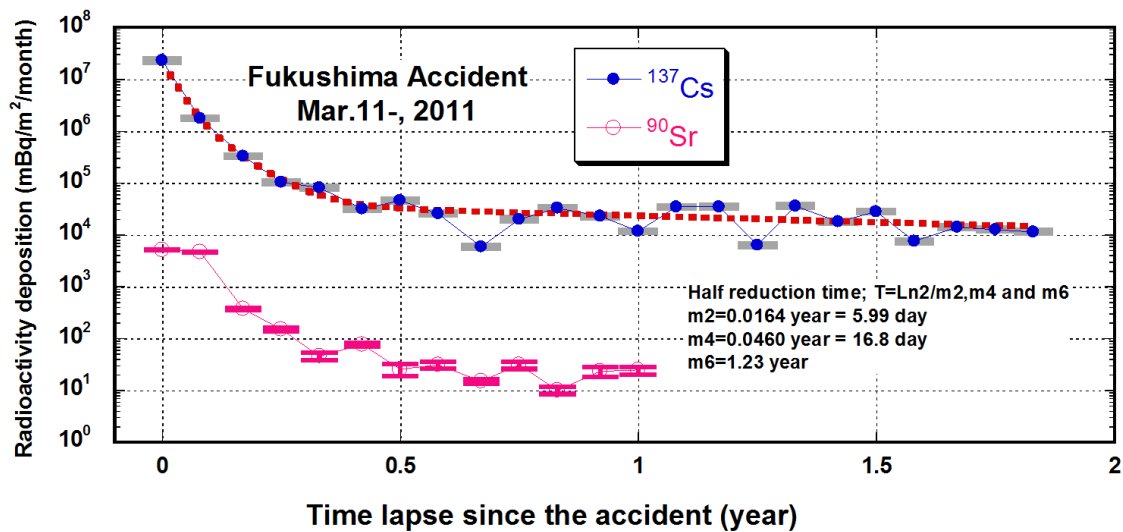


Fig. 3 Curve fitting by exponentials for the decreasing trend in monthly  $^{137}\text{Cs}$  deposition since March, 2011 observed at the Meteorological Research Institute in Tsukuba

### 3. まとめと今後に向けて

福島第一原発事故から約二年にわたる茨城県つくば市の気象研究所における  $^{90}\text{Sr}$  および  $^{137}\text{Cs}$  の月間降下量（大気降下物）観測の結果について報告した。2012 年末には、福島第一原発事故直後と比較すると降下量は数桁も低下し、甚大な汚染というべき水準ではなくなった。しかしながら事故以前の降下量と比較して、 $^{90}\text{Sr}$  については 1～2 桁、 $^{137}\text{Cs}$  については 3～4 桁依然として大きな値となっている。いわゆる再浮遊（二次放出）が主たる過程となり、大気へのこれらの核種の供給が続いていると推定される。二次放出は周辺の環境から由来すると考えられるから、周辺の汚染度がつくばに比し数桁高い地域においては、降下量もそれに比例し数桁高いと予想される。従って、二次放出過程の解明は必須な科学的課題である。二次放出源には汚染した地表面からの表土ダスト、汚染碎生からの再浮遊、または汚染したゴミの燃焼、野焼き等による放射性物質の大気への揮散などが想定可能だが、その主たる発生源の特定は依然として進んでおらず、今後その解明に努めねばならない。2012 年 8 月に立ち上がった文部科学省科学研究費補助金新学術領域研究「福島第一原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する学際的研究」（領域代表：恩田裕一筑波大教授）<sup>8)</sup> では、こうした点についても鋭意解明を進める予定であり、進展が期待される。

## 参考文献

- 1) Igarashi, Y., M. Kajino, N. Osada, Y. Oki and C. Takeda, Aerosol radioactivity observed in Tsukuba during March 2011, ICAS2011 (IUPAC International Congress on Analytical Sciences), Kyoto, Japan (2011)
- 2) 気象研究所「東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の移流拡散について」：  
[http://www.mri-jma.go.jp/Topics/H23/H23\\_tohoku-taiheiyo-oki-eq/1107fukushima.html](http://www.mri-jma.go.jp/Topics/H23/H23_tohoku-taiheiyo-oki-eq/1107fukushima.html)
- 3) Otsuji-Hatori, M., Y. Igarashi and K. Hirose, Preparation of a reference fallout material for activity measurements, *J. Environ. Radioact.*, 31, 143-155 (1996)
- 4) 岩井和加里, 五十嵐康人, 鍋島一真, 大気エアロゾルの放射能観測 (放射性 Sr), 第13回「環境放射能」研究会プロシーディングス, pp. 102-107 (2012)
- 5) 文部科学省「文部科学省及び茨城県による航空機モニタリングの測定結果の修正について」：  
[http://www.pref.ibaraki.jp/important/20110311eq/20110831\\_02/files/20110831\\_02a.pdf](http://www.pref.ibaraki.jp/important/20110311eq/20110831_02/files/20110831_02a.pdf)
- 6) Igarashi, Y., Fujiwara, H. and Jugder, D.: Change of the Asian dust source region deduced from the composition of anthropogenic radionuclides in surface soil in Mongolia, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 7069-7080 (2011)
- 7) Kristiansen, N. I., A. Stohl, and G. Wotawa, Atmospheric removal times of the aerosol-bound radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{131}\text{I}$  measured after the Fukushima Dai-ichi nuclear accident - a constraint for air quality and climate models, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 10759-10769 (2012)
- 8) 新学術領域研究「福島原発事故により放出された放射性核種の環境動態に関する学際的研究」：<http://www.ied.tsukuba.ac.jp/hydrogeo/isetr/>
- 9) 高エネルギー加速器研究機構 第14回環境放射能研究会 Proceedings 集 2013年2月26日～28日 KEK :  
[http://www-lib.kek.jp/cgi-bin/kiss\\_prepri.v8?KN=201325007&OF=8](http://www-lib.kek.jp/cgi-bin/kiss_prepri.v8?KN=201325007&OF=8) (参照 2014-10-01)

## 2. 海水中の人工放射能：東電福島第一原子力発電所 事故後の太平洋における $^{137}\text{Cs}$ の観測結果

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。太平洋における人工放射性核種の起源の大部分は 1960 年代前半までの大気圏核実験によるものである。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、気象研究所では長期にわたり研究を実施してきた。本章では、東電福島第一原子力発電所事故後の太平洋における  $^{137}\text{Cs}$  の観測結果を事故前の観測結果と併せて報告する。

### 1) 観測の概要

2011 年 3 月 11 日に東電福島第一原子力発電所事故が発生し、人工放射性物質が環境中に放出された[7, 8]。この事故に由来する人工放射性物質の海洋への輸送経路で確認されたおもな経路は、人工放射性物質が大気中へ放出された後海洋へ降下する経路および海洋への直接漏洩の経路の二つである。海洋に入った後はそれらが海水とともに動くことによってその分布は変化していった。

2011 年 4 月から 2012 年 3 月にかけて東電福島第一原子力発電所事故による放射性セシウム同位体 ( $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$ ) の広がりを知るため北太平洋全域で観測を実施した。試料採取地点を図 1 に示す。コンテナ船や自動車輸送船のような篤志船に依頼した場合は表面水のみ採取であり、試料量は通常 2 リットルとしている。観測船/研究船の場合は海洋内部への広がりを把握するために鉛直方向にも採取し、試料の量は 10–20 リットルである[9, 10]。

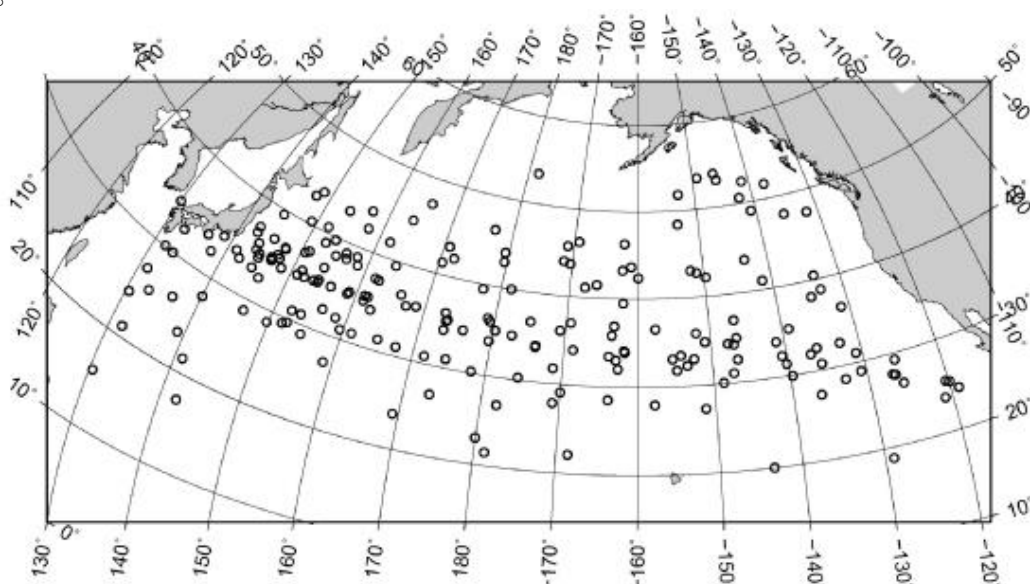


図1 採取地点 (2011年3月から2012年3月)

## 2) 事故前の状況

東電福島第一原子力発電所事故以前でも太平洋全域において過去の大気圏核実験起源の $^{137}\text{Cs}$ が検出されていた。図2に示すように、西部北太平洋表層での $^{137}\text{Cs}$ 濃度は1960年代では $10\text{--}100\text{ Bq m}^{-3}$ であり、その後ゆっくり減少してきており、東電福島第一原子力発電所事故前の2000年代では $1\text{--}2\text{ Bq m}^{-3}$ 程度であった[3-6]。また太平洋全域では、2000年代での太平洋表層での $^{137}\text{Cs}$ の平面分布は、西部北太平洋中緯度域に極大を示し、北太平洋亜寒帯域で極小を示す分布であった。これらは、大規模核実験による降下のパターンと海洋内部の海盆規模の輸送により形成されたと考えることができる。

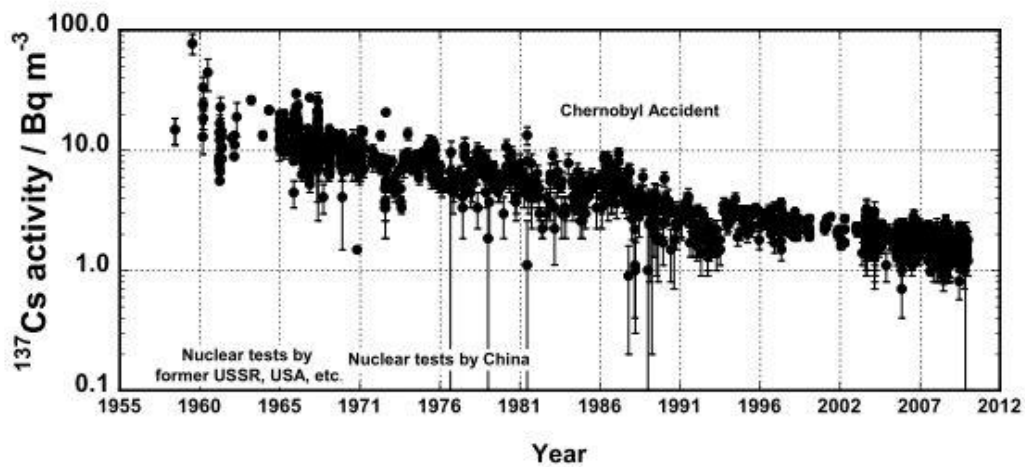


図2 西部北太平洋における事故前までの表層での $^{137}\text{Cs}$ 濃度変動

## 3) 事故後の放射性セシウムの表層輸送過程

東電福島第一原子力発電所事故に由来する放射性セシウムの海洋での長期広域の挙動については気象研究所の観測に基づく研究及び他の研究者らの研究[11-18]によって明らかにされてきた。それらの結果あきらかになった東電福島第一原子力発電所事故に由来する放射性セシウムの北太平洋での分布と輸送経路は、以下のように纏めることができる。

東電福島第一原子力発電所は沿岸に立地しており、事故サイト近傍の海洋では北向きあるいは南向きの沿岸に沿う流れが卓越していることから、海洋へ直接漏洩した人工放射性物質は拡散ではなくその沿岸の流れの様相にしたがって輸送されたと考えられる。また、沿岸から沖合に視点を移すと、事故サイトの沖合である本州東方沖は、日本のはるか南からフィリピンー沖縄沿いに北上してくる黒潮とアリューシャン列島から千島列島沿いに南下してくる親潮が会い、さらに黒潮続流につながる東向きの流れが卓越している海域である。事故時には、沿岸では南向きの流れが卓越していたので、東電福島第一原子力発電所事故起源の人工放射性物質は、まず南に輸送され、その後東に輸送されることになった。



また、東電福島第一原子力発電所から大気に放出された放射性セシウムが日本から主に東や北東方向へ大気経路で輸送された結果を反映し、事故直後の 2011 年 4-6 月で図 3 に示すように西部北太平洋高緯度域で濃度が高い。また日本海側や日本の北および南では濃度が低い。また、北太平洋のところどころに大気経路で輸送されたものが局所的に降下してできたと考えられる周辺より高濃度となっている領域が北緯 40 度と北緯 50 度の間日付変更線付近や西経 140 度から 150 度付近に見えた。

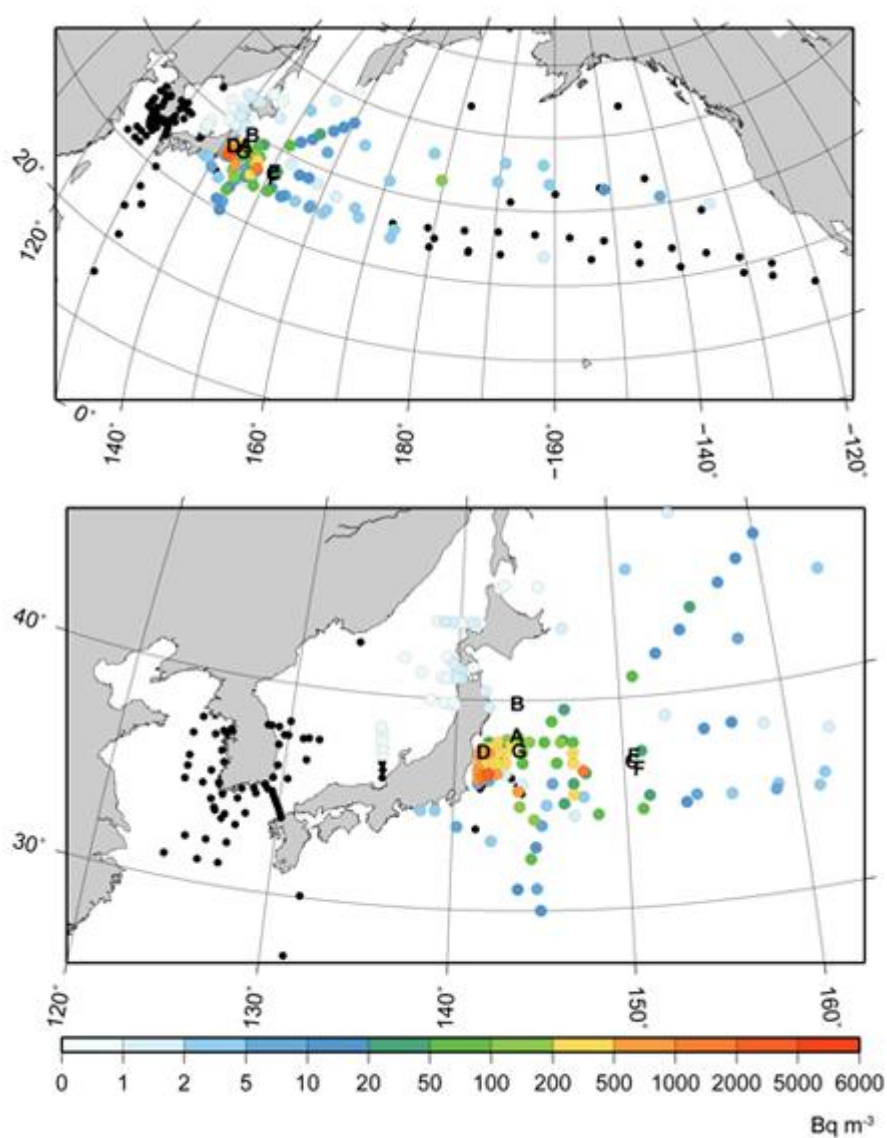


図 3 <sup>134</sup>Cs activity in the surface water during the period from Apr. 2011 to Jun. 2011 for the North Pacific Ocean (upper) and close to Japan (lower). Positions of Argo floats on 15 May 2011 are marked “A - G”. [Source reference 10 Figure 1]

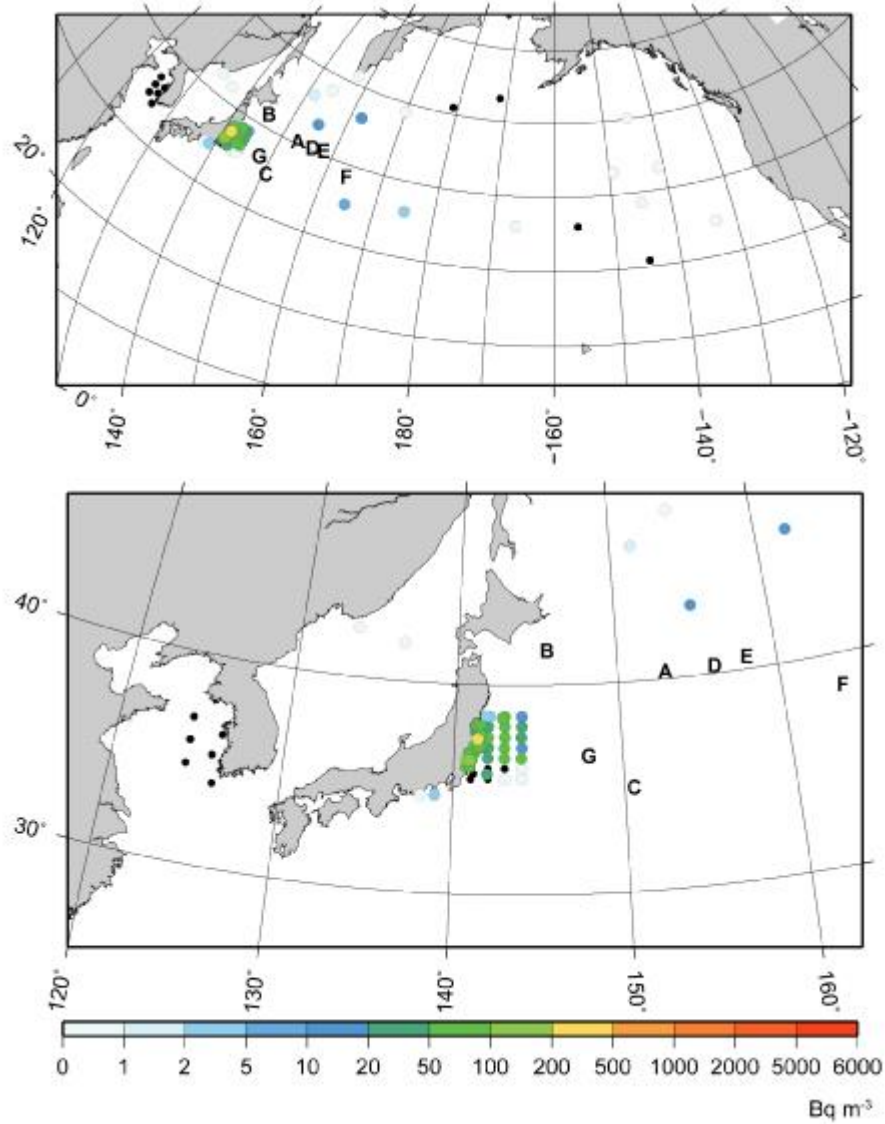


図 4  $^{134}\text{Cs}$  activity in the surface water during the period from Jul. 2011 to Sep. 2011 for the North Pacific Ocean (upper) and close to Japan (lower). Positions of Argo floats on 15 Aug. 2011 are marked “A - G” . [Source reference 10 Figure 2]

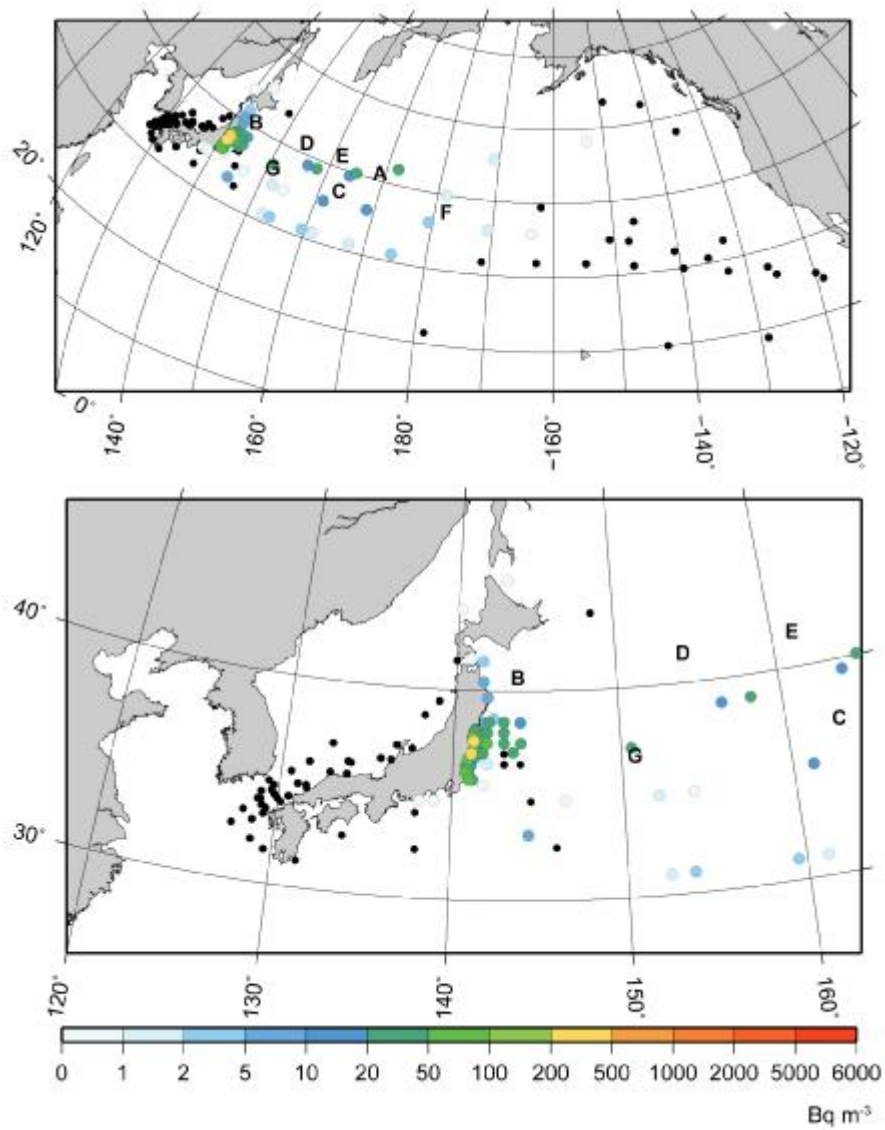


図 5  $^{134}\text{Cs}$  activity in the surface water during the period from Oct. 2011 to Dec. 2011 for the North Pacific Ocean (upper) and close to Japan (lower). Positions of Argo floats on 15 Nov. 2011 are marked “A - G” . [Source reference 10 Figure 3]

表層での  $^{137}\text{Cs}$  の濃度が  $10 \text{ Bq m}^{-3}$  を越える領域は 2011 年 6 月には東経 160 度までしか到達していなかったが、その後海洋表層での輸送により東に移動し、2011 年 7–9 月には図 4 に示すように東経 165 度まで広がっている。2011 年 10–12 月 (図 5) には東経 170 度程度まで広がっており、さらにその東側の東経 170 度から西経 170 度の領域でも、わずかな表層  $^{137}\text{Cs}$  濃度の上昇が見出されている。

さらに、2012 年 1–3 月 (図 6) では表層での  $^{137}\text{Cs}$  の濃度が  $10 \text{ Bq m}^{-3}$  を越える領域は東経 180 度線 (日付変更線) 付近まで達していることが観測された。この観測結果から東への移動速度を見積もると、270 日間で 1800 km 移動したことになり、 $8 \text{ cm s}^{-1}$  という推定ができる。海洋物理学の観測から見積もられているこの海域での表層の流速は  $4\text{--}16 \text{ cm s}^{-1}$  であることから[19]、得られた速度は放射性セシウムが環境中に放出されたあと海洋表面から海洋に入った後よく溶けて海水と共に輸送されていることを示している。

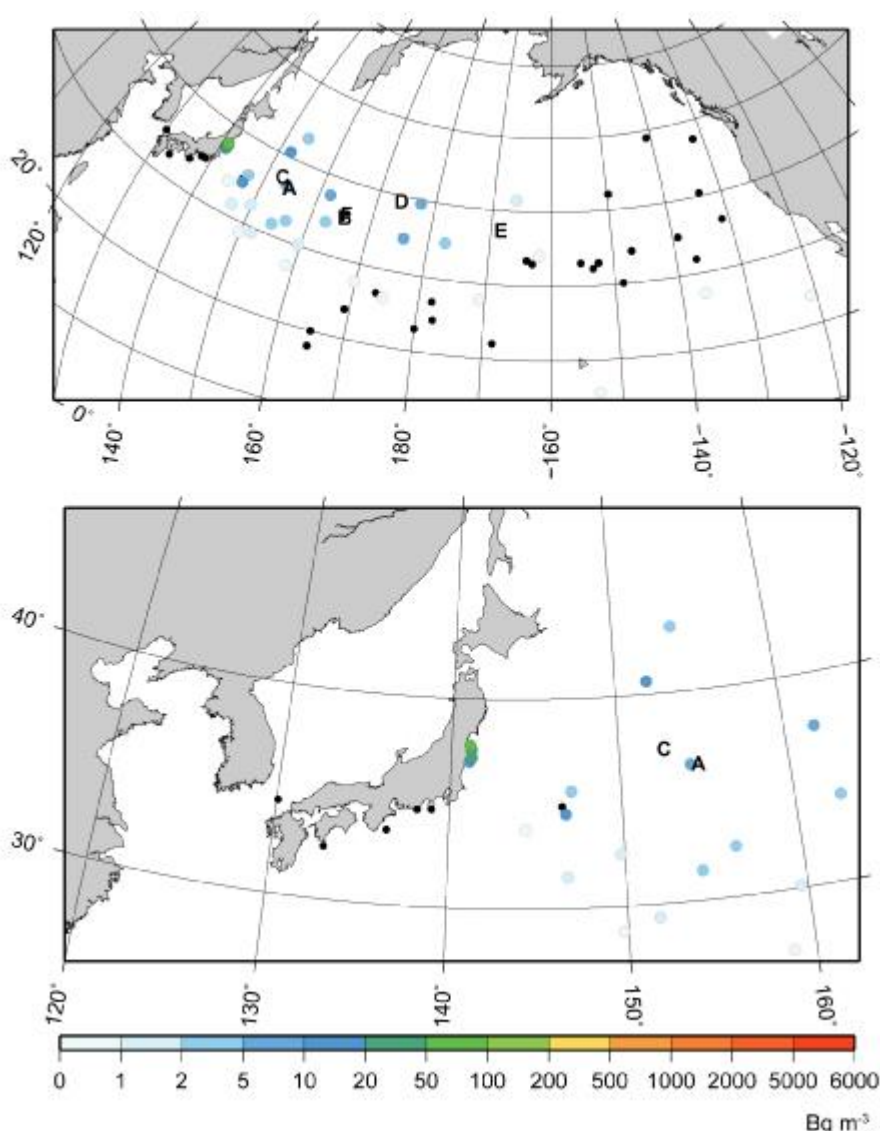
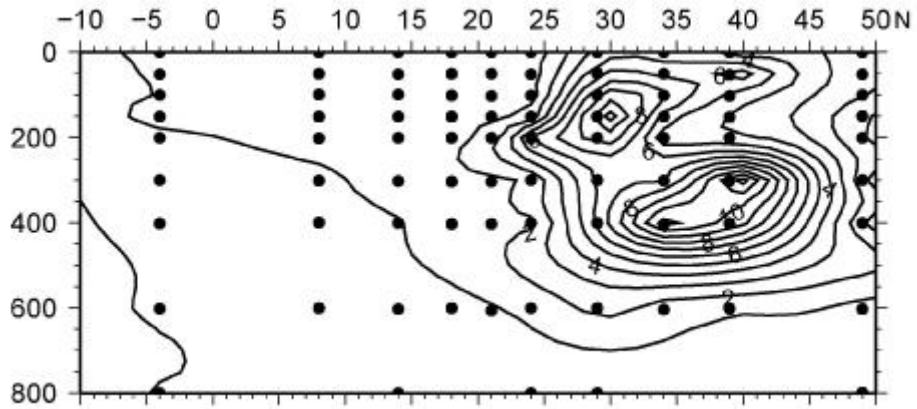


図 6.  $^{137}\text{Cs}$  activity in the surface water during the period from Jan. 2012 to Mar. 2012 for the North Pacific Ocean (upper) and close to Japan (lower). Positions of Argo floats on 15 Feb. 2012 are marked “A - G” . [Source reference 10 Figure 4]



#### 4) 海洋内部への輸送

その後、2011年と2012年の間の冬季に冷却により表層を輸送されていた福島事故起源の $^{137}\text{Cs}$ は、表層からサブダクションによる亜熱帯モード水あるいは中央モード水の生成に伴って海洋内部へ輸送されたことが観測から判っている。図7に示すように2012年6月の時点で、東経165度線北緯40度では海水中蓄積量の80%が200m以深に存在している。

## 参考文献

1. M. Aoyama, (Ed.) 2011, Meteorological Research Institute: Tsukuba.
2. M.R.I. [cited 2013 June 13]; Available from:  
<http://www.mri-jma.go.jp/Welcome.html>.
3. 青山道夫, 五十嵐康人, and 廣瀬勝己, 科学, 82(4), p. 442-457, 2012.
4. Inomata, Y., M. Aoyama, and K. Hirose, Journal of Environmental Monitoring, 11(1), p. 116-125, 2009.
5. Aoyama, M. and K. Hirose, ScientificWorldJournal, 4, p. 200-15, 2004.
6. Aoyama, M., et al., Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 248(3), p. 789-793, 2001.
7. Terada, H., et al., J Environ Radioact, 112, p. 141-54, 2012.
8. Tsumune, D., et al., J Environ Radioact, 111, p. 100-108, 2012.
9. Aoyama, M., et al., Geochem. J, 46, p. 321-325, 2012.
10. Aoyama, M., et al., Biogeosciences, 10, p. 3067-3078, 2013.
11. Honda, M.C., et al., Geochem. J, 46, p. e1-e9, 2012.
12. Kim, C.-K., et al., Journal of Environmental Radioactivity, 111(0), p. 70-82, 2012.
13. Inoue, K., et al., Radiation Protection Dosimetry, 2012.
14. Inoue, M., et al., J Environ Radioact, 111, p. 116-9, 2012.
15. Inoue, M., et al., Geochem. J, 46, p. 311-320, 2012.
16. Kaeriyama, H., et al., Biogeosciences Discussions, 10(2), p. 1993-2012, 2013.
17. Kumamoto, Y., et al., Appl Radiat Isot, 2013.
18. Inoue, M., et al., J Environ Radioact, 109, p. 45-51, 2012.
19. Maximenko, N., et al., Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 26(9), p. 1910-1919, 2009.

[掲載論文]

1. Aoyama, M., Uematsu, M., Tsumune, D., and Hamajima, Y., 2013. Surface pathway of radioactive plume of TEPCO Fukushima NPP1 released  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ . *Biogeosciences*, 10, 3067-3078, DOI: 10.5194/bg-10-3067-2013. (この部分は著作権法規定により本 PDF 版には収録せず)
2. Tsumune, D., Tsubono, T., Aoyama, M., Uematsu, M., Misumi, K., Maeda, Y., Yoshida, Y., and Hayami, H., 2013. One-year, regional-scale simulation of  $^{137}\text{Cs}$  radioactivity in the ocean following the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Biogeosciences*, 10, 5601-5617. (この部分は著作権法規定により本 PDF 版には収録せず)
3. Povinec, P.P., Aoyama, M., Biddulph, D., Breier, R., Buesseler, K., Chang, C., Golser, R., Hou, X., Jeřkovsky, M., and Jull, A., 2013. Cesium, iodine and tritium in NW Pacific waters? a comparison of the Fukushima impact with global fallout. *Biogeosciences*, 10, 5481-5496. (この部分は著作権法規定により本 PDF 版には収録せず)
4. Aoyama, M., Tsumune, D., Uematsu, M., Kondo, F., and Hamajima, Y., 2012. Temporal variation of  $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$  activities in surface water at stations along the coastline near the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident site, Japan. *Geochem. J.*, 46, 321-325. (この部分は著作権法規定により本 PDF 版には収録せず)
5. Honda, M. C., Aono, T., Aoyama, M., Hamajima, Y., Kawakami, H., Kitamura, M., Masumoto, Y., Miyazawa, Y., Takigawa, M., and Saino, T., 2012. Dispersion of artificial caesium-134 and-137 in the western North Pacific one month after the Fukushima accident. *Geochem. J.*, 46, e1-e9. (この部分は著作権法規定により本 PDF 版には収録せず)

Publication list 1954-2013

論文リスト (英文誌) 1954-2013





## Publications

### 2013

1. Aoyama, M., Uematsu, M., Tsumune, D., and Hamajima, Y., 2013. Surface pathway of radioactive plume of TEPCO Fukushima NPP1 released <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs. *Biogeosciences*, 10, 3067-3078, DOI: 10.5194/bg-10-3067-2013.
2. Tsumune, D., Tsubono, T., Aoyama, M., Uematsu, M., Misumi, K., Maeda, Y., Yoshida, Y., and Hayami, H., 2013. One-year, regional-scale simulation of <sup>137</sup>Cs radioactivity in the ocean following the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Biogeosciences*, 10, 5601-5617.
3. Povinec, P.P., Aoyama, M., Biddulph, D., Breier, R., Buesseler, K., Chang, C., Golser, R., Hou, X., Jeřkovský, M., and Jull, A., 2013. Cesium, iodine and tritium in NW Pacific waters-a comparison of the Fukushima impact with global fallout. *Biogeosciences*, 10, 5481-5496.
4. Kumamoto, Y., Murata, A., Kawano, T., and Aoyama, M., 2013. Fukushima-derived radiocesium in the northwestern Pacific Ocean in February 2012. *Applied Radiation and Isotopes*, 81, 335-339, DOI: 10.1016/j.apradiso.2013.03.085.
5. Toyama, C., Muramatsu, Y., Igarashi, Y., and Aoyama, M., 2013. Atmospheric fallout of <sup>129</sup>I in Japan before the Fukushima accident: Regional and global contributions (1963-2005). : *Environmental Science & Technology*, 47(15), 8383-8390, DOI: 10.1021/es401596z.
6. Adachi, K., Kajino, M., Zaizen, Y. and Igarashi, Y., 2013. Emission of spherical cesium-bearing particles from an early stage of the Fukushima nuclear accident. *Scientific Report*, 3, Article number ; 2554, doi:10.1038/srep02554.

### 2012

1. Toyama, C., Muramatsu, Y., Uchida, Y., Igarashi, Y., Aoyama, M. and Matsuzaki, H., 2012. Variations of <sup>129</sup>I in the atmospheric fallout of Tokyo, Japan: 1963-2003. *Journal of Environmental Radioactivity*, 113, 116-122, DOI: 10.1016/j.jenvrad.2012.04.014.
2. Inomata, Y., Aoyama, M., Tsumune, D., Motoi, T., and Nakano, H., 2012. Optimum interpolation analysis of basin-scale <sup>137</sup>Cs transport in surface seawater in the North Pacific Ocean. *Journal of Environmental Monitoring*, 14, 3146-3155, DOI: 10.1039/C2EM30707C.
3. Aoyama, M., Tsumune, D., Uematsu, M., Kondo, F., and Hamajima, Y., 2012. Temporal variation of <sup>134</sup>Cs and <sup>137</sup>Cs activities in surface water at stations along the coastline near the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident site, Japan. *Geochem. J.*, 46, 321-325.
4. Aoyama, M., Tsumune, D., and Hamajima, Y., 2012. Distribution of <sup>137</sup>Cs and <sup>134</sup>Cs in the North Pacific Ocean: impacts of the TEPCO Fukushima-Daiichi NPP accident. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 1-5, DOI: 10.1007/s10967-012-2033-2.
5. Honda, M. C., Aono, T., Aoyama, M., Hamajima, Y., Kawakami, H., Kitamura, M., Masumoto, Y., Miyazawa, Y., Takigawa, M., and Saino, T., 2012. Dispersion of

artificial caesium-134 and-137 in the western North Pacific one month after the Fukushima accident. *Geochem. J.*, 46, e1-e9.

6. Povinec, P. P., Hirose, K., and Aoyama, M., 2012. Radiostrontium in the Western North Pacific: characteristics, behavior, and the Fukushima impact. *Environmental Science & Technology*, 46, 10356-10363, DOI: 10.1021/es301997c.
7. Tsumune, D., Tsubono, T., Aoyama, M., and Hirose, K., 2012. Distribution of oceanic <sup>137</sup>Cs from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant simulated numerically by a regional ocean model. *Journal of Environmental Radioactivity*, 111, 100-108.

## 2011

1. Aoyama, M., Fukasawa, M., Hirose, K., Hamajima, Y., Kawano, T., Povinec, P.P. and Sanchez-Cabeza, J. A., 2011. Cross Equator transport of <sup>137</sup>Cs from North Pacific Ocean to South Pacific Ocean (BEAGLE2003 cruises). *Progress in Oceanography*, 59, 7-16, Doi:10.1016/j.pocean.2010.12.003.
2. Buesseler, K., Aoyama, M., Fukasawa, M., 2011. Impacts of the Fukushima nuclear power plants on marine radioactivity. *Environmental Science & Technology*, 45(23), 9931-9935, Doi: 10.1021/es202816c.
3. Povinec, P. P., Aoyama, M., Fukasawa, M., Hirose, K., Komura, K., Sanchez-Cabeza, J.A., Gastaud, J., Jeskovsky, M., Levy, I. and Sykora, I., 2011. <sup>137</sup>Cs water profiles in the South Indian Ocean - an evidence for accumulation of pollutants in the subtropical gyre. *Progress in Oceanography*, 59, 17-30, Doi:10.1016/j.pocean.2010.12.004.
4. Gastaud, J., Povinec, P.P., Aoyama, M., Hirose, K., Sanchez-Cabeza, J.A., Levy, I., Roos, P., Eriksson, M., Bosc, E. and Rezzoug, S., 2011. Transport and scavenging of Pu in surface waters of the Southern Hemisphere Oceans. *Progress in Oceanography*, 59, 92-100, Doi:10.1016/j.pocean.2010.12.009.
5. Hirose, K., Kim, C.S., Yim, S.A., Aoyama, M., Fukasawa, M., Komura, K., Povinec, P.P., Sanchez-Cabeza, J.A., 2011. Vertical profiles of plutonium in the central South Pacific. *Progress in Oceanography*, 59, 101-107, Doi:10.1016/j.pocean.2010.12.010.
6. Tsumune, D., Aoyama, M., Hirose, K., Bryan, F., Lindsay, K. and Danabasoglu, G., 2011. Transport of <sup>137</sup>Cs to the Southern Hemisphere in an Ocean General Circulation Model. *Progress in Oceanography*, 59, 38-48, Doi:10.1016/j.pocean.2010.12.006.
7. Sanchez-Cabeza, J.A., Levy, I., Gastaud, J., Eriksson, M., Osvath, I., Aoyama, M., Povinec, P.P. and Komura, K., 2011. Transport of North Pacific <sup>137</sup>Cs labeled waters to the south-eastern Atlantic Ocean. *Progress in Oceanography*. 59, 31-37, Doi:10.1016/j.pocean.2010.12.005.
8. Levy, I., Povinec, P.P., Aoyama, M., Hirose, K., Sanchez-Cabeza, J.A., Comanducci, J-F., Gastaud, J., Eriksson, M., Hamajima, Y., Kim, C.S., Komura, K., Osvath, I., Roos, P. and Yim, S.A., 2011. Marine anthropogenic radiotracers in the Southern Hemisphere: new sampling and analytical strategies. *Progress in Oceanography*, 59, 120-133, Doi:10.1016/j.pocean.2010.12.012.

## 2010

1. Yayoi Inomata, Yasuhito Igarashi, Katsuhiko Yoshioka, Taichu Y. Tanaka, Masaru Chiba, Temporal variation of <sup>222</sup>Rn at the summit of Mt. Fuji associated with the Asian continental outflow, *Atmospheric Environment*, 44,3856-3865, 2010.

2. Nakano, H., T. Motoi, K. Hirose, and M. Aoyama, Analysis of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in the Pacific using a Lagrangian approach. *Journal of Geophysical Research*, 115, C06015, doi:10.1029/2009JC005640, 2010.
3. K. Hirose, Y. Igarashi, M. Aoyama and Y. Inomata, Depositional behaviors of plutonium and thorium isotopes at Tsukuba and Mt. Haruna in Japan indicate the sources of atmospheric dust. *Journal of Environmental Radioactivity* 101,106-112, 2010.
4. Yongsan Zhang, Jian Zeng, Masatoshi Yamada, Fengchang Wu, Yasuhito Igarashi and Katsumi Hirose, 2010: Characterization of Pu concentration and its isotopic composition in a reference fallout material. *Science of the Total Environment*, 408(5), 1139-1144

### 2009

1. Aoyama, M., Y. Hamajima, M. Fukasawa, T. Kawano and S. Watanabe, Ultra low level deep water  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in the global ocean using the HAM-global database, *Journal of Environmental Monitoring*, 11(1), 116-125, DOI: 10.1039/b811421h, 2009
5. K.Hirose, Y.Igarashi, M.Aoyama and Y.Inomata\*, 2009: Depositional behaviors of plutonium and thorium isotopes at Tsukuba and Mt.Haruna in Japan indicate the sources of atmospheric dust. *Journal of Environmental Radioactivity*, 101(2), 106-112 , doi:10.1016/j.jenvrad.2009.09.003.
6. Igarashi Yasuhito. Yoshikazu Kikawada\*, Kohei Oda\*, Rieko Yamauchi\*, Masao Nomura\*, Teruyuki Honda\*, Takao Oi\*, and Katsumi Hirose, 2009: Anomalous Uranium Isotope Ratio in Atmospheric Deposits in Japan. *Journal of Nuclear Science and Technology*, 46(12), 1094-1098 .

### 2008

1. Aoyama, M., K. Hirose, K. Nemoto, Y. Takatsuki, D. Tsumune, Water masses labeled with global fallout  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  analysis in small volume seawater samples using the Ogoya underground facility, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 276,3,795-798, 2008.
4. Aoyama, M, K. Hirose, K. Nemoto, Y. Takatsuki, D. Tsumune, Water masses labeled with global fallout  $^{137}\text{Cs}$  formed by subduction in the North Pacific, *Geophysical Research Letters*, 35, L01604, doi:10.1029/2007GL031964, 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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{210}\text{Pb}$  and  $^7\text{Be}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $\text{CO}_2$  and  $^{85}\text{Kr}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  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 ( $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$ ) 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  $^3\text{H}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{85}\text{Kr}$  Observed During 1995-2001 in Japan: Estimation of Atmospheric  $^{85}\text{Kr}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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 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  $^{137}\text{Cs}$  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,  $^{85}\text{Kr}$  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  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  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,  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  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  $^{137}\text{Cs}$  data, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 22, 3731-3734, 2000
5. Aoyama, M., K. Hirose, T. Miyao, Y. Igarashi, Low level  $^{137}\text{Cs}$  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,  $^{85}\text{Kr}$  and  $^{133}\text{Xe}$  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  $^{90}\text{Sr}$  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 <sup>137</sup>Cs and <sup>239,240</sup>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 <sup>90</sup>Sr and <sup>137</sup>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 <sup>137</sup>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 <sup>90</sup>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 <sup>238</sup>U, <sup>239,240</sup>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 <sup>137</sup>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 <sup>137</sup>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,  $^{90}\text{Sr}$  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  $\text{Sr-90}$  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  $^{85}\text{Kr}$  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  $^{90}\text{Sr}$  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,  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  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 <sup>90</sup>Sr and <sup>137</sup>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 <sup>90</sup>Sr and <sup>137</sup>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 does 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, 1, 93-94, 1955.
4. 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.
5. Miyake, Y., The artificial radioactivity in rain water observed in Japan, from autumn 1954 to spring 1955, *Pap. Met. Geophys.*, 6, 26-32, 1955.
6. Miyake, Y., Y. Sugiura and K. Kameda, On the artificial radioactivity in the sea near Japan, *Pap. Met. Geophys.*, 6, 90-92, 1955.
7. 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.
8. 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 1954-2014

論文リスト（和文協会誌）1954-2013



#### 2014

1. 青山道夫,2014. 東電福島原発事故後の海洋での放射能汚染の推移 (With English Abstract) . YAKUGAKU ZASSHI, Journal of the Pharmaceutical Society of Japan, in press.

#### 2013

1. 青山道夫,2013. 極低レベル放射能測定：少量表層海水および極深層海水試料への応用. 放射線, 39(1), 17-20.

#### 2012

1. 青山道夫, 2012. 福島第一原子力発電所から放出された放射性セシウム同位体の北太平洋における総量と分布. 日本原子力学会誌, 54, 780-783.
2. 青山道夫, 五十嵐康人, 2012. 1957年から始まる気象研究所における環境放射能研究の歴史. 放射線, 38(3), 123-128.
3. 青山道夫, 2012. 海洋に放出された放射性物質の長期地球規模での挙動, 検証！福島第一原発事故-放射性物質の実際と科学者たちの活動の記録 (化学別 4月号冊) . 4, 33-38.
4. 青山道夫, 五十嵐康人, 広瀬勝己, 2012. 月間降水物測定 660 ヶ月が教えること-90Sr, 137CS および Pu 降下量 1957年4月～2012年3月-. 科学, 82(4), 0442-0457.

#### 2011

1. 青山道夫, 2011. 福島原子力発電所事故による海洋汚染. 科学フォーラム, 11(通巻 329号), 42-45.
2. 青山道夫, 2011: 福島原子力発電所事故による海洋汚染. 理大 科学フォーラム, 11(通巻 329号), 42-45.
3. 津旨大輔, 坪野考樹, 青山道夫, 廣瀬勝己, 2011. 福島第一原子力発電所から漏洩した 137Cs の海洋拡散シミュレーション(With English Abstract). 電力中央研究所報告書, V11002, PP.18.

#### 2009

1. 五十嵐康人, 放射性同位体分析, In 岩坂泰信、西川雅高、山田丸、洪天祥 (編), 黄砂, 古今書院, pp81-87. 2009, 東京
2. Igarashi, Y., Anthropogenic Radioactivity in Aerosol -A Review Focusing on Studies during the2000s-, 保健物理, 44(3), 2009.
3. 猪股弥生、五十嵐康人、千葉長、青山道夫、廣瀬勝己, 再現期間を用いた降水時における高ガンマ線線量率の異常値判定. Radioisotopes, 58, 37-42, 2009.

#### 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  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , 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,  $^{90}\text{Sr}$  と  $^{137}\text{Cs}$  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, 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  $^{90}\text{Sr}$  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, 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?)

## 2011 年版掲載論文リスト

### 人工放射性降下物

Y. Igarashi, H. Fujiwara, and D. Jugder, Change of the Asian dust source region deduced from the composition of anthropogenic radionuclides in surface soil in Mongolia, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 7069-7080, doi:10.5194/acp-11-7069-2011, 2011.

### 海水中の人工放射能：太平洋における $^{137}\text{Cs}$ の観測結果と海洋大循環モデルをつかった研究結果

M. Aoyama, M. Fukasawa, K. Hirose, Y. Hamajima, T. Kawano, P.P. Povinec, J. A. Sanchez-Cabeza. Cross Equator transport of  $^{137}\text{Cs}$  from North Pacific Ocean to South Pacific Ocean (BEAGLE2003cruises), In: Special issue of Southern Hemisphere Ocean Tracer Study of Progress in Oceanography, 7-16, Doi:10.1016/j.pocean.2010.12.003, 2011

D. Tsumune, M. Aoyama, Katsumi Hirose, Frank Bryan, Keith Lindsay, Gokhan Danabasoglu. Transport of  $^{137}\text{Cs}$  to the Southern Hemisphere in an Ocean General Circulation Model, In: Special issue of Southern Hemisphere Ocean Tracer Study of Progress in Oceanography, 38-48, Doi:10.1016/j.pocean.2010.12.006, 2011.

Nakano, H., T. Motoi, K. Hirose, and M. Aoyama. Analysis of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in the Pacific using a Lagrangian approach. *Journal of Geophysical Research*, 115, C06015, doi:10.1029/2009JC005640, 2010.

### 大気モデルの結果

Kajino, M., Y. Kondo, EMTACS: Development and regional-scale simulation of a size, chemical, mixing type, and soot shape resolved atmospheric particle model. *Journal of Geophysical Research*, 116, D02303, 28 pp., doi:10.1029/2010JD015030, 2011.

### 福島第一原子力発電所事故から海洋に放出された人工放射性核種

Tsumune, D., T. Tsubono, M. Aoyama, K. Hirose, Distribution of oceanic  $^{137}\text{Cs}$  from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant simulated numerically by a regional ocean model. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2012, 111, 100-108.

2009 年度以前の掲載論文リストは「環境における人工放射能の研究 2011」をご覧ください。



## 表紙の図説明

2011 年 3 月以降の  $^{137}\text{Cs}$  月間降下量は、暫定値

福島第一原発事故の実態把握について、2011 年 3 月の事故以降で確定できた  $^{90}\text{Sr}$  および  $^{137}\text{Cs}$  月間降下量を誤差と併せてプロットしています。 $^{134}\text{Cs}$  は事故直後は  $^{137}\text{Cs}$  とほぼ等量降下していますから、放射性セシウム全体ではこのプロットのほぼ倍量となります。ただし、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  はどちらもおよそ 30 年の半減期で減衰しますが、 $^{134}\text{Cs}$  はおよそ 2 年で半減します。図示した誤差は計測の統計誤差で、1 シグマです。測定誤差は本来全ての測定値につき表示すべきですが、グラフが見づらくなるため、従来はあえて表示してきませんでした。

福島事故以前の試料については、実験室環境および測定室環境、測定機器のバックグラウンドなどが大幅に上昇してしまったため、蒸発濃縮工程においても試料の汚染の問題が発生します。そのため、当面、観測値を求めること自体が困難になっています。徐々に作業環境の除染や測定機器の入れ替えなどを実施して事故以前の作業環境を追求し、データを求めるように努めていますので、こちらについてもご理解をお願いします。

## A caption of the cover art

The estimate of the Cs-137 deposition at the MRI, Tsukuba is presented for several months after the accident in March, 2011

Given the social as well as scientific concerns about local contamination caused by the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident, the estimate of the Cs-137 deposition at the MRI, Tsukuba is plotted for a few years after the accident in March, 2011 in the figure. The estimate was computed based on the value obtained by measuring the aliquot of the sample water (wet + dry depositions). Moreover -- since Cs-134 deposited in almost comparable amount -- the total radioactive cesium soon after the accident becomes mostly double. Although Sr-90 and Cs-137 decay gradually with a half-life of 30 years, Cs-134 decays more quickly with a half-life of about 2.0 years. An error depicted is a statistical one for the activity measurement ( $1\sigma$ ). Although the error should have been displayed essentially, since it is hard to see a graph with many errors, the errors have not been displayed conventionally.

Since the activity background of laboratory and measurement room environments, and detectors, etc. were sharply increased due to the pollution by the accident, regarding the measurement of the pre-Fukushima samples, problems of the contamination must occur not only in an evaporation process but also in other analytical processes. Therefore, it is difficult to obtain precise observation data for the pre-Fukushima samples for the time being.

Decontamination of working environment, change of detectors, etc. are, however, carried out gradually, thus the improvement of the working environment is pursued. The precise data are to be obtained in the near future; please give us the time needed for such procedures.

注：本 PDF 版は一般配布を目的として  
2014 年 9 月 10 日に作成された。